

Cast3M

Guide de validation



Cast3M est un logiciel de calcul par la méthode des éléments finis pour la mécanique des structures et des fluides. Cast3M est développé au Département de Modélisation des Systèmes et Structures (DM2S) de la Direction de l'Énergie Nucléaire du Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA).

Le développement de Cast3M entre dans le cadre d'une activité de recherche dans le domaine de la mécanique dont le but est de définir un instrument de haut niveau, pouvant servir de support pour la conception, le dimensionnement et l'analyse de structures et de composants.

Dans cette optique, Cast3M intègre non seulement les processus de résolution (solveur) mais également les fonctions de construction du modèle (pré-processeur) et d'exploitation des résultats (post-traitement). Cast3M est un logiciel « boîte à outils » qui permet à l'utilisateur de développer des fonctions répondant à ses besoins propres.

Cast3M est notamment utilisé dans le secteur de l'énergie nucléaire, comme outil de modélisation ou comme plateforme de développement d'applications spécialisées. Il est également utilisé par différents partenaires académiques à des fins d'enseignement et de recherche, ainsi que par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN).

SOMMAIRE

1.	PRESENTATION DU DOCUMENT	15
1.1	OBJET DU DOCUMENT	15
1.2	METHODE	15
1.3	DOMAINE DE COUVERTURE.....	15
1.4	RESTRICTIONS	15
1.4.1	Domaine de couverture.....	15
1.4.2	Version Cast3M	15
1.5	PLATEFORMES INFORMATIQUES	15
2.	RÉFÉRENCES	16
3.	DOMAINE DE COUVERTURE	17
3.1	DOMAINES D'UTILISATION	17
3.1.1	Mécanique.....	17
3.1.2	Thermique	17
3.1.3	Thermo-Mécanique	17
3.1.4	Graphisme.....	17
3.2	TYPE D'ELEMENT FINIS	18
3.2.1	Éléments massifs	18
3.2.2	Coques.....	18
3.2.3	Poutres et tuyaux	18
3.2.4	Raccords	18
3.2.5	Liquides.....	18
4.	NOMENCLATURE	19
4.1	DESCRIPTION D'UN TEST	19
4.2	NOTATIONS	19
5.	MECANIQUE	21
5.1	COMPOSITE.....	21
5.1.1	comp1.dgibi.....	21
5.1.2	comp2.dgibi.....	25
5.2	ELASTICITE	28
5.2.1	elas1.dgibi	28
5.2.2	elas2.dgibi	31
5.2.3	elas3.dgibi	34
5.2.4	elas4.dgibi	37
5.2.5	elas5.dgibi	42
5.2.6	elas6.dgibi	46
5.2.7	elas7.dgibi	50
5.2.8	elas8.dgibi	54
5.2.9	elas9.dgibi	59
5.2.10	elas10.dgibi	63
5.2.11	elas11.dgibi	68
5.2.12	elas12.dgibi	73
5.2.13	elas13.dgibi	77
5.2.14	orth6.dgibi	81
5.2.15	stru1.dgibi.....	85
5.3	FLAMBAGE	89
5.3.1	flam1.dgibi.....	89
5.3.2	four1.dgibi	92
5.3.3	four2.dgibi	95
5.4	PLASTICITE	98
5.4.1	plas1.dgibi	98
5.4.2	plas2.dgibi	102
5.4.3	plas4.dgibi	106
5.4.4	plas5.dgibi	110
5.4.5	plas6.dgibi	113

5.4.6	plas7.dgibi	118
5.4.7	plas8.dgibi	123
5.4.8	vpla3.dgibi	128
5.5	DYNAMIQUE.....	132
5.5.1	dyna6.dgibi	132
5.5.2	dyna7.dgibi	135
5.5.3	dyna8.dgibi	139
5.5.4	dyna9.dgibi	142
5.5.5	dyna10.dgibi	145
5.5.6	vibr2.dgibi	148
5.5.7	vibr3.dgibi	153
5.5.8	vibr4.dgibi	156
5.5.9	vibr5.dgibi	160
5.5.10	fsi1.dgibi	163
5.5.11	fsi2.dgibi	167
5.5.12	fsi3.dgibi	170
5.5.13	fsi4.dgibi	174
5.5.14	fsi5.dgibi	178
5.5.15	fsi6.dgibi	181
5.5.16	sissi.dgibi	185
5.5.17	plexus1.dgibi	189
5.6	MECANIQUE DE LA RUPTURE.....	191
5.6.1	rupt1.dgibi.....	191
5.6.2	rupt2.dgibi.....	194
5.6.3	rupt3.dgibi.....	197
5.6.4	rupt4.dgibi.....	200
5.6.5	rupt5.dgibi.....	203
5.6.6	rupt6.dgibi.....	206
5.6.7	rupt7.dgibi.....	210
5.6.8	rupt8.dgibi.....	214
5.6.9	rupt9.dgibi.....	218
5.6.10	rupt10.dgibi.....	222
5.6.11	rupt11.dgibi.....	227
5.6.12	rupt12.dgibi.....	230
5.6.13	rupt13.dgibi.....	234
5.6.14	rupt14-weib.dgibi	240
5.6.15	rupt15-rice.dgibi.....	244
5.6.16	rupt16-weib.dgibi	248
5.6.17	rupt17.dgibi.....	251
5.6.18	rupt18.dgibi.....	255
5.6.19	rupt19.dgibi.....	260
5.6.20	rupt20.dgibi.....	265
5.6.21	rupt21.dgibi.....	270
5.6.22	rupt22.dgibi.....	275
5.6.23	rupt23.dgibi.....	280
5.6.24	rupt24.dgibi.....	285
5.6.25	rupt25.dgibi.....	290
5.6.26	rupt26.dgibi.....	295
6.	THERMIQUE.....	299
6.1	REGIME PERMANENT LINEAIRE	299
6.1.1	ther1.dgibi.....	299
6.1.2	ther1bis.dgibi.....	303
6.1.3	ther2.dgibi.....	306
6.1.4	ther3.dgibi.....	311
6.1.5	ther4.dgibi.....	315
6.2	REGIME TRANSITOIRE LINEAIRE.....	320
6.2.1	tran2.dgibi.....	320
6.2.2	tran8.dgibi.....	324
6.3	REGIME TRANSITOIRE NON LINEAIRE	328
6.3.1	tran4.dgibi.....	328



7.	THERMO-MECANIQUE	332
7.1	THERMO-ELASTICITE	332
7.1.1	lyre3.dgibi.....	332
7.2	THERMO-PLASTICITE	336
7.2.1	thpl1.dgibi.....	336
7.2.2	thpl2.dgibi.....	340
8.	GRAPHISMES.....	344
8.1.1	dessin.dgibi	344
ANNEXE A.	TRAÇABILITE	350

Liste des TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des cas-tests en mécanique	17
Tableau 2 : Liste des cas-tests en thermique	17
Tableau 3 : Liste des cas-tests en thermo-mécanique	17
Tableau 4 : Liste des cas-tests en graphisme	17
Tableau 5 : Liste des cas-tests avec des éléments finis massifs	18
Tableau 6 : Liste des cas-tests avec des éléments finis coques	18
Tableau 7 : Liste des cas-tests avec des éléments finis poutres et tuyaux	18
Tableau 8 : Liste des cas-tests avec des éléments finis raccords	18
Tableau 9 : Liste des cas-tests avec des éléments finis pour les liquides	19
Tableau 10 : Informations sur le cas test comp1.dgibi	21
Tableau 11 : Informations sur le cas test comp2.dgibi	25
Tableau 12 : Informations sur le cas test elas1.dgibi	28
Tableau 13 : Informations sur le cas test elas2.dgibi	31
Tableau 14 : Informations sur le cas test elas3.dgibi	34
Tableau 15 : Informations sur le cas test elas4.dgibi	37
Tableau 16 : Informations sur le cas test elas5.dgibi	42
Tableau 17 : Informations sur le cas test elas6.dgibi	46
Tableau 18 : Informations sur le cas test elas7.dgibi	50
Tableau 19 : Informations sur le cas test elas8.dgibi	54
Tableau 20 : Informations sur le cas test elas9.dgibi	59
Tableau 21 : Informations sur le cas test elas10.dgibi	63
Tableau 22 : Informations sur le cas test elas11.dgibi	68
Tableau 23 : Informations sur le cas test elas12.dgibi	73
Tableau 24 : Informations sur le cas test elas13.dgibi	77
Tableau 25 : Informations sur le cas test orth6.dgibi	81
Tableau 26 : Informations sur le cas test stru1.dgibi	85
Tableau 27 : Informations sur le cas test flam1.dgibi	89
Tableau 28 : Informations sur le cas test four1.dgibi	92
Tableau 29 : Informations sur le cas test four2.dgibi	95
Tableau 30 : Informations sur le cas test plas1.dgibi	98
Tableau 31 : Informations sur le cas test plas2.dgibi	102
Tableau 32 : Informations sur le cas test plas4.dgibi	106
Tableau 33 : Informations sur le cas test plas5.dgibi	110
Tableau 34 : Informations sur le cas test plas6.dgibi	113
Tableau 35 : Informations sur le cas test plas7.dgibi	118
Tableau 36 : Informations sur le cas test plas8.dgibi	123
Tableau 37 : Informations sur le cas test vpla3.dgibi	128
Tableau 38 : Informations sur le cas test dyna6.dgibi	132
Tableau 39 : Informations sur le cas test dyna7.dgibi	135
Tableau 40 : Informations sur le cas test dyna8.dgibi	139
Tableau 41 : Informations sur le cas test dyna9.dgibi	142
Tableau 42 : Informations sur le cas test dyna10.dgibi	145
Tableau 43 : Informations sur le cas test vibr2.dgibi	148
Tableau 44 : Informations sur le cas test vibr3.dgibi	153
Tableau 45 : Informations sur le cas test vibr4.dgibi	156
Tableau 46 : Informations sur le cas test vibr5.dgibi	160
Tableau 47 : Informations sur le cas test fsi1.dgibi	163
Tableau 48 : Informations sur le cas test fsi2.dgibi	167
Tableau 49 : Informations sur le cas test fsi3.dgibi	170
Tableau 50 : Informations sur le cas test fsi4.dgibi	174
Tableau 51 : Informations sur le cas test fsi5.dgibi	178
Tableau 52 : Informations sur le cas test fsi6.dgibi	181
Tableau 53 : Informations sur le cas test sissi.dgibi	185
Tableau 54 : Informations sur le cas test plexus1.dgibi	189
Tableau 55 : Informations sur le cas test rupt1.dgibi	191
Tableau 56 : Informations sur le cas test rupt2.dgibi	194
Tableau 57 : Informations sur le cas test rupt3.dgibi	197
Tableau 58 : Informations sur le cas test rupt4.dgibi	200
Tableau 59 : Informations sur le cas test rupt5.dgibi	203

Tableau 60 : Informations sur le cas test rupt6.dgibi.....	206
Tableau 61 : Informations sur le cas test rupt7.dgibi.....	210
Tableau 62 : Informations sur le cas test rupt8.dgibi.....	214
Tableau 63 : Informations sur le cas test rupt9.dgibi.....	218
Tableau 64 : Informations sur le cas test rupt10.dgibi.....	222
Tableau 65 : Informations sur le cas test rupt11.dgibi.....	227
Tableau 66 : Informations sur le cas test rupt12.dgibi.....	230
Tableau 67 : Informations sur le cas test rupt13.dgibi.....	234
Tableau 68 : Informations sur le cas test rupt14-weib.dgibi.....	240
Tableau 69 : Informations sur le cas test rupt15-rice.dgibi.....	244
Tableau 70 : Informations sur le cas test rupt16-weib.dgibi.....	248
Tableau 71 : Informations sur le cas test rupt17.dgibi.....	251
Tableau 72 : Informations sur le cas test rupt18.dgibi.....	255
Tableau 73 : Informations sur le cas test rupt19.dgibi.....	260
Tableau 74 : Informations sur le cas test rupt20.dgibi.....	265
Tableau 75 : Informations sur le cas test rupt21.dgibi.....	270
Tableau 76 : Informations sur le cas test rupt22.dgibi.....	275
Tableau 77 : Informations sur le cas test rupt23.dgibi.....	280
Tableau 78 : Informations sur le cas test rupt24.dgibi.....	285
Tableau 79 : Informations sur le cas test rupt25.dgibi.....	290
Tableau 80 : Informations sur le cas test rupt26.dgibi.....	295
Tableau 81 : Informations sur le cas test ther1.dgibi.....	299
Tableau 82 : Informations sur le cas test ther1bis.dgibi.....	303
Tableau 83 : Informations sur le cas test ther2.dgibi.....	306
Tableau 84 : Informations sur le cas test ther3.dgibi.....	311
Tableau 85 : Informations sur le cas test ther4.dgibi.....	315
Tableau 86 : Informations sur le cas test tran2.dgibi.....	320
Tableau 87 : Informations sur le cas test tran8.dgibi.....	324
Tableau 88 : Informations sur le cas test tran4.dgibi.....	328
Tableau 89 : Informations sur le cas test lyre3.dgibi.....	332
Tableau 90 : Informations sur le cas test thpl1.dgibi.....	336
Tableau 91 : Informations sur le cas test thpl2.dgibi.....	340
Tableau 92 : Informations sur le cas test dessin.dgibi.....	344

Liste des FIGURES

Figure 1 : Maillage du cas-test comp1.dgibi en 3D.....	22
Figure 2 : Isovaleur de la composante UX du champ de déplacement sur le maillage déformé (x165)	22
Figure 3 : Maillage du cas-test comp2.dgibi en 2D.....	26
Figure 4 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x1,1)	26
Figure 5 : Maillage du cas-test elas1.dgibi en 2D-axisymétrique	29
Figure 6 : Maillage du cas-test elas2.dgibi	32
Figure 7 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x6,1)	32
Figure 8 : Maillage d'un quart de cylindre pincé en P3 et libre partout ailleurs	35
Figure 9 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x1,1)	35
Figure 10 : Maillage du cas-test elas4.dgibi	38
Figure 11 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x10) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	38
Figure 12 : Champ de contrainte SM_{xx} projeté aux nœuds.....	39
Figure 13 : Maillage de la citerne à couvercle sphérique en 2D-axisymétrique	43
Figure 14 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	43
Figure 15 : Maillage de la citerne à couvercle torique et sphérique en 2D-axisymétrique	47
Figure 16 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x20) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	47
Figure 17 : Maillage de la citerne à couvercle sphérique inversé en 2D-axisymétrique	51
Figure 18 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x40) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	51
Figure 19 : Maillage du cas-test elas8.dgibi en 2D.....	55
Figure 20 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x150) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	55
Figure 21 : Champ de contrainte SM_{yy} projeté aux nœuds.....	56
Figure 22 : Maillage du cas-test elas9.dgibi en 3D.....	60
Figure 23 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x500)	60
Figure 24 : Champ de contraintes SM_{yy} projeté aux nœuds.....	60
Figure 25 : Maillage du cas-test elas10.dgibi en 3D.....	64
Figure 26 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux forces de réaction (flèches rouges)	64
Figure 27 : Champ de contraintes SM_{zz} projeté aux nœuds	65
Figure 28 : Maillage du cas-test elas11.dgibi en 2D axisymétrique	69
Figure 29 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux forces de réaction (flèches bleues)	69
Figure 30 : Champ de contraintes SM_{zz} projeté aux nœuds	70
Figure 31 : Maillage du cas-test elas12.dgibi en 3D.....	74
Figure 32 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) associé aux forces de réaction (flèches bleues) et à l'effort appliqué (flèche rouge).	74
Figure 33 : Maillage du cas-test elas13.dgibi en 3D.....	78
Figure 34 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x20) associé aux forces de réaction (flèches bleues) et à l'effort appliqué (flèche rouge).	78
Figure 35 : Maillage du cas-test orth6.dgibi en 2D	82
Figure 36 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x30) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	82
Figure 37 : Champ de déplacement (nodal) U_x (à gauche) et U_y (à droite)	82
Figure 38 : Maillage du cas-test orth6.dgibi en 2D	86
Figure 39 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x25) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue).....	86
Figure 40 : Champ de déplacement (nodal) U_z	86
Figure 41 : Maillage du cas-test flam1.dgibi en 2D	90
Figure 42 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x1)	90
Figure 43 : Maillage éclaté du cas-test four1.dgibi en 2D-axisymétrique	93
Figure 44 : Maillage éclaté du cas-test four2.dgibi en 2D-axisymétrique	96
Figure 45 : Maillage du cas-test plas1.dgibi en 2D.....	99
Figure 46 : Tracé du maillage déformé (x105) au pas de temps 1 ($t=0,02875$ à gauche) et au pas de temps 2 ($t=0,05$ à droite). Les forces de réaction (flèche noires) sont également représentées	99
Figure 47 : Maillage du cas-test plas2.dgibi en 2D-axisymétrique	103

Figure 48 : Tracé du champ de déplacement radial au temps t_1	103
Figure 49 : Tracé du champ de déplacement radial au temps t_2	103
Figure 50 : Maillage du cas-test plas4.dgibi en 3D	107
Figure 51 : Maillage du cas-test plas5.dgibi en 2D	111
Figure 52 : Maillage du cas-test plas6.dgibi en 2D	114
Figure 53 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) à l'incrément n°9	114
Figure 54 : Champ de contraintes SM_{xx} à l'incrément n°9.....	114
Figure 55 : Evolution de la contrainte SM_{xx} sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément n°9	115
Figure 56 : Evolution du produit de la contrainte SM_{xx} par la coordonnée Y sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément n°9.....	115
Figure 57 : Maillage du cas-test plas7.dgibi en 2D	119
Figure 58 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) à l'incrément n°7	119
Figure 59 : Champ de contraintes SM_{xx} à l'incrément n°1 (à gauche) à l'incrément 3 (au milieu) et à l'incrément 7 (à droite).....	119
Figure 60 : Evolution de la contrainte SM_{xx} sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément 7	120
Figure 61 : Evolution du produit de la contrainte SM_{xx} par la coordonnée Y sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément 7	120
Figure 62 : Maillage du cas-test plas8.dgibi en 2D	124
Figure 63 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x5) au dernier incrément.....	124
Figure 64 : Champ de déplacement UZ au dernier 'incrément	124
Figure 65 : Evolution de la force en fonction de la flèche au cours des différents incréments de déplacement imposé	125
Figure 66 : Maillage du cas-test vpla3.dgibi	129
Figure 67 : Maillage du cas-test dyna6.dgibi.....	133
Figure 68 : Maillage du cas-test dyna7.dgibi.....	136
Figure 69 : Maillage du cas-test dyna8.dgibi.....	140
Figure 70 : Maillage du cas-test dyna9.dgibi.....	143
Figure 71 : Déformée modale du mode n° 1 à 83,92Hz (à gauche) et du mode n° 2 à 361,24Hz (à droite).....	143
Figure 72 : Déformée modale du mode n° 3 à 527,6Hz (à gauche) et du mode n° 4 à 1184Hz (à droite).....	143
Figure 73 : Maillage du cas-test dyna10.dgibi.....	146
Figure 74 : Mode de Fourier 0 : déformée modale (en vert, x1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas).....	146
Figure 75 : Mode de Fourier 1 : déformée modale (en vert, x1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas).....	146
Figure 76 : Mode de Fourier 2 : déformée modale (en vert, x1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas).....	146
Figure 77 : Mode de Fourier 3 : déformée modale (en vert, x1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas).....	146
Figure 78 : Maillage du cas-test vibr2.dgibi	149
Figure 79 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 1 (368,62Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu).....	149
Figure 80 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 2 (834,92Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu).....	149
Figure 81 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 3 (1447,5Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu).....	150
Figure 82 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 4 (2123,6Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu).....	150
Figure 83 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 5 (2841,8Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu).....	150
Figure 84 : Maillage du cas-test vibr3.dgibi	154
Figure 85 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 1 (à gauche, 46,71Hz) et de la fréquence propre n° 2 (à droite, 134,29Hz)	154
Figure 86 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 3 (à gauche, 171,26Hz) et de la fréquence propre n° 4 (à droite, 253,11Hz)	154
Figure 87 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 5 (à gauche, 391,33Hz) et de la fréquence propre n° 6 (à droite, 409,57Hz)	154
Figure 88 : Maillage du cas-test vibr4.dgibi	157
Figure 89 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 1 (à gauche, 133,93Hz) et de la fréquence propre n° 2 (à droite, 203,76Hz)	157

Figure 90 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 3 (à gauche, 272,61Hz) et de la fréquence propre n° 4 (à droite, 284,20Hz).....	157
Figure 91 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 5 (à gauche, 348,47Hz) et de la fréquence propre n° 6 (à droite, 389,00Hz).....	157
Figure 92 : Maillage du cas-test vibr5.dgibi.....	161
Figure 93 : De gauche à droite, déformée modale (x1) de la fréquence propre n°2 (243,50 Hz), n°3 (377,46 Hz), n°4 (399,30 Hz), n°5 (397,97 Hz) et n°6 (406,44 Hz).....	161
Figure 94 : Maillage du cas-test fsi1.dgibi.....	164
Figure 95 : De haut en bas, tracé du maillage initial (noir) et du maillage de la déformée modale (vert, x0,14) des fréquences propres n°1 (0,5336 Hz), n°2 (0,9783 Hz) et n°3 (1,254 Hz).....	164
Figure 96 : Maillage du cas-test fsi2.dgibi.....	168
Figure 97 : Maillage du cas-test fsi3.dgibi.....	171
Figure 98 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage de la déformée modale de la fréquence propre n°1 (106,64 Hz) en mode de Fourier n°10 (bleu, x1,8).....	171
Figure 99 : Maillage du cas-test fsi4.dgibi.....	175
Figure 100 : Maillage du cas-test fsi5.dgibi.....	179
Figure 101 : Maillage du cas-test fsi6.dgibi.....	182
Figure 102 : Déformée modale du mode n° 1 à 0,2471Hz (à gauche) et du mode n° 2 à 0,3119Hz (à droite)	182
Figure 103 : Déformée modale du mode n° 3 à 0,3960Hz (à gauche) et du mode n° 4 à 0,4913Hz (à droite)	182
Figure 104 : Maillage du cas-test sissi.dgibi.....	186
Figure 105 : Évolution de la sollicitation en accélération.....	186
Figure 106 : Maillage du cas-test rupt1.dgibi.....	192
Figure 107 : Déformation du cylindre sous traction uniforme.....	192
Figure 108 : Maillage du cas-test rupt2.dgibi.....	195
Figure 109 : Contraintes SMYY.....	195
Figure 110 : Maillage du cas-test rupt3.dgibi.....	198
Figure 111 : Maillage du cas-test rupt4.dgibi.....	201
Figure 112 : Maillage du cas-test rupt5.dgibi.....	204
Figure 113 : Maillage du cas-test rupt6.dgibi.....	207
Figure 114 : Maillage du cas-test rupt7.dgibi.....	211
Figure 115 : Contraintes de Von Mises.....	211
Figure 116 : Déformée (amplitude: 20).....	211
Figure 117 : Maillage du cas-test rupt8.dgibi.....	215
Figure 118 : Maillage du cas-test rupt9.dgibi.....	219
Figure 119 : Maillage du cas-test rupt10.dgibi.....	223
Figure 120 : Maillage du cas-test rupt11.dgibi.....	228
Figure 121 : Maillage du cas-test rupt12.dgibi.....	231
Figure 122 : Facteur K1 fonction du temps.....	231
Figure 123 : Maillage du cas-test rupt13.dgibi.....	235
Figure 124 : Maillage du cas-test rupt14-weib.dgibi en 2D.....	241
Figure 125 : Maillage du cas-test rupt14-weib.dgibi en 3D.....	241
Figure 126 : Maillage du cas-test rupt15-rice.dgibi en 2D.....	245
Figure 127 : Maillage du cas-test rupt15-rice.dgibi en 3D.....	245
Figure 128 : Maillage du cas-test rupt16-weib.dgibi.....	249
Figure 129 : Maillage du cas-test rupt17.dgibi.....	252
Figure 130 : Evolution de J en fonction du temps.....	252
Figure 131 : Maillage du cas-test rupt18.dgibi.....	256
Figure 132 : Maillage du cas-test rupt19.dgibi.....	261
Figure 133 : Maillage du cas-test rupt20.dgibi.....	266
Figure 134 : Maillage du cas-test rupt21.dgibi.....	271
Figure 135 : Maillage du cas-test rupt22.dgibi.....	276
Figure 136 : Maillage du cas-test rupt23.dgibi.....	281
Figure 137 : Maillage du cas-test rupt24.dgibi.....	286
Figure 138 : Maillage du cas-test rupt25.dgibi.....	291
Figure 139 : Maillage du cas-test rupt26.dgibi.....	296
Figure 140 : Maillage du cas-test ther1.dgibi.....	300
Figure 141 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée.....	300
Figure 142 : Maillage du cas-test ther1 bis.dgibi.....	304
Figure 143 : Champ de température solution.....	304
Figure 144 : De gauche à droite, maillages des trois configurations du cas-test ther2.dgibi.....	307

Figure 145 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de flux imposé, avec source volumique imposée et de convection imposée.....	307
Figure 146 : Maillage du cas-test ther3.dgibi.....	312
Figure 147 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée	312
Figure 148 : Maillage du cas-test ther4.dgibi.....	316
Figure 149 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée	316
Figure 150 : Maillage du cas-test tran2.dgibi.....	321
Figure 151 : Evolution au cours du temps de la température maximale atteinte dans l'ensemble du domaine. La courbe rouge représente la courbe de référence alors que la courbe bleue représente l'évolution calculée.....	321
Figure 152 : Maillage du cas-test tran8.dgibi.....	325
Figure 153 : Tracé du champ de température nodal au temps t=32s	325
Figure 154 : Evolution au cours du temps de la température au point C	325
Figure 155 : Maillage du cas-test tran4.dgibi.....	329
Figure 156 : Evolution au cours du temps de la position du front de réaction sur l'axe des abscisses. La courbe rouge représente la position théorique du front alors que la courbe bleue représente la position calculée du front.	329
Figure 157 : Maillage du cas-test lyre3.dgibi	333
Figure 158 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (bleu, x1)	333
Figure 159 : Maillage du cas-test thpl1.dgibi	337
Figure 160 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (bleu, x10)	337
Figure 161 : Maillage du cas-test thpl2.dgibi	341
Figure 162 : Tracé de la déformation plastique EPxx.....	341
Figure 163 : Dessin d'une évolution contenant 3 valeurs de couleur bleue. Respectivement de haut en bas et de droite à gauche : 1- sans options, 2- bornes suivant X, 3- bornes suivant Y 4- bornes suivant X et Y, 5- bornes suivant X et Y et graduations données, 6- bornes suivant X et Y, graduations imposées, grille et axes tracés ..	345
Figure 164 : Dessin de 2 évolutions respectivement de couleur rouge et bleue. Différentes configurations sont testées sur les 3 graphiques ci-dessus (Position des légendes et des titres des axes, bornes sur les axes, remplissage de l'aire sous la courbe)	346
Figure 165 : Dessin de 2 évolutions respectivement de couleur rouge et bleue. Teste la possibilité de mettre une échelle logarithmique sur les ordonnées	346
Figure 166 : Dessin de 7 évolutions de couleurs différentes avec des marqueurs différents sur une échelle des logarithmique des ordonnées.	347
Figure 167 : Dessin d'un histogramme d'une distribution aléatoire gaussienne centrée de moyenne nulle et d'écart-type 2	347

1. PRESENTATION DU DOCUMENT

1.1 OBJET DU DOCUMENT

Ce document présente des éléments de validation de Cast3M en thermomécanique.

Il est réalisé sur la base de la mise à jour 2014 du « Guide de validation de Cast3M » [1].

1.2 MÉTHODE

Ces éléments de validation sont des fichiers de calcul Cast3M dont les résultats sont validés par comparaison à des solutions analytiques ou à des résultats obtenus avec d'autres logiciels [2][3].

Ces fichiers de calcul sont nommés « cas-tests ».

Le processus de validation de Cast3M est intégré aux processus de développement du code [4].

1.3 DOMAINE DE COUVERTURE

Le domaine de validation couvert par ce document est détaillé au paragraphe 3.

Il est défini par les quatre-vingt trois (83) cas-tests présentés.

Ces cas-tests couvrent les domaines d'utilisation suivants :

- la thermique stationnaire et transitoire ;
- la mécanique en élasticité et plasticité ;
- l'analyse au flambement ;
- l'analyse modale en dynamique ;
- la mécanique de la rupture ;
- le couplage thermomécanique en quasi-statique ;

Par ailleurs, ces-cas-tests permettent de couvrir les types d'éléments finis usuels disponibles dans les modes de calcul en deux dimensions : contrainte plane, déformation plane et axisymétrie, et en trois dimensions.

1.4 RESTRICTIONS

1.4.1 Domaine de couverture

Le quatre-vingt trois (83) cas-tests de ce document ont été extraits de la base de validation de Cast3M, qui en comporte plus de mille [5]. Ce document ne couvre donc pas la totalité du domaine de couverture de Cast3M.

1.4.2 Version Cast3M

Ce document est illustré par des cas-tests issus de la base de validation de la version 2016 de Cast3M. Toutefois, ces cas-tests font partie de la base validation de Cast3M depuis la version 1992 [2]. Il s'applique donc à toutes les versions postérieures à cette dernière.

1.5 PLATEFORMES INFORMATIQUES

La validation de Cast3M est indépendante de plateforme informatique de distribution.

2. RÉFÉRENCES

- [1] C. BERTHINIER, S. PASCAL, « Guide de validation de Cast3M », DEN/DANS/DM2S/SEMT/LM2S/NT/14-041/A.
- [2] A. MILLARD, L. BOHAR, « Castem2000 – Guide de validation », Rapport DMT/92.301.
- [3] X.Z. SUO, P. DOWLATIARY, « Comparaison Castem2000 Abaqus dans le domaine non linéaire », Rapport DMT/96-324
- [4] P. VERPEAUX, « Plan Qualité Logiciel Cast3M », CEA/DEN/DANS/DM2S/SEMT/DIR/PQ/006/A, avril 2011.
- [5] S. PASCAL, J. LEBON, « Classification des cas tests de Cast3M 2015 », Note Technique, DEN/DANS/DM2S/SEMT/LM2S/NT/15-019/A, http://www-cast3m.cea.fr/html/doc/Classification_Cas_tests_Cast3M2015.pdf

3. DOMAINE DE COUVERTURE

3.1 DOMAINES D'UTILISATION

3.1.1 Mécanique

Sous-domaine	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
Composite	3D	comp1, comp2
Élasticité	3D	elas2, elas3, elas4, elas9, elas10, elas12, elas13, stru1
	2D axisymétrie	elas1, elas5, elas6, elas7, elas11
	2D contrainte plane	elas8, orth6
Flambage	2D contrainte plane	flam1
	2D Fourier	four1, four2
Plasticité	3D	plas4, plas8, rupt14, rupt15
	2D axisymétrique	plas2, vpla3, rupt1, rupt14, rupt15, rupt16
	2D contrainte plane	plas1, plas5, plas6
	2D déformation plane	plas7, rupt17
Dynamique	3D	dyna6, dyna8, dyna9, dyna10, vibr4, fsi6, sissi
	2D axisymétrique	vibr2, vibr5
	2D Fourier	dyna7, fsi1, fsi2, fsi4, fsi5
	2D	vibr3, fsi3, plexus1
Mécanique de la rupture	2D	rupt2, rupt3, rupt4, rupt7, rupt9, rupt11, rupt12, rupt17
	2D axisymétrique	rupt1, rupt5, rupt14, rupt15, rupt16, rupt18, rupt19, rupt22, rupt23
	3D	rupt6, rupt8, rupt10, rupt13, rupt14, rupt15, rupt20, rupt21, , rupt24, rupt25, rupt26

Tableau 1 : Liste des cas-tests en mécanique

3.1.2 Thermique

Sous-domaine	Type d'analyse	Noms des cas-tests
Régime permanent linéaire	3D	ther3, ther4
	2D axisymétrique	ther2
	2D	ther1, ther1bis
Régime permanent non linéaire	2D axisymétrique	tran4
Régime transitoire linéaire	2D axisymétrique	tran2
	2D	tran8

Tableau 2 : Liste des cas-tests en thermique

3.1.3 Thermo-Mécanique

Sous-domaine	Type d'analyse	Noms des cas-tests
Thermo-élasticité	2D axisymétrique	rupt18, rupt19, rupt22, rupt23,
	3D	lyre3, rupt20, rupt21, rupt24, rupt25
Thermo-plasticité	2D axisymétrique	thpl1
	2D contrainte plane	thpl2

Tableau 3 : Liste des cas-tests en thermo-mécanique

3.1.4 Graphisme

Sous-domaine	Type d'analyse	Noms des cas-tests
Graphisme		dessin

Tableau 4 : Liste des cas-tests en graphisme

3.2 TYPE D'ÉLÉMENT FINIS

3.2.1 Éléments massifs

Élément	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
TRI3	2D	ther1
TRI6	2D	rupt12
	2D axisymétrique	tran2
QUA4	2D	ther1, ther1bis, tran8
	2D axisymétrique	plas2, ther2, tran4, thpl1, rupt18, rupt22
	2D contrainte plane	orth6, plas1, plas5, plas6, thpl2
	2D déformation plane	plas7
QUA8	2D axisymétrique	elas11, four2, vibr2, vibr5, vpla3, rupt1, rupt14,, rupt15, rupt16, rupt19, rupt23
	2D contrainte plane	elas8
	2D déformation plane	vibr3, rupt2, rupt3, rupt4, rupt7, rupt9, rupt11, rupt17
CUB8	3D	plas4, ther3, rupt20, rupt24
CU20	3D	dyna8, elas9, elas10, ther4, rupt6, rup14, rup15, rupt21, rupt25, rupt26
TET4	3D	ther3
TE10	3D	ther4
PR16	3D	ther3
PR15	3D	ther4
PYR5	3D	ther3
PY13	3D	ther4

Tableau 5 : Liste des cas-tests avec des éléments finis massifs

3.2.2 Coques

Élément	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
COQ2	2D axisymétrique	elas1, elas5, elas6, elas7, four1, plexus1
	2D contrainte plane	flam1
	2D Fourier	dyna10, fsi3, fsi4
COQ3	3D	rupt10
COQ4	3D	dyna9, elas4, stru1, rupt13
COQ8	3D	vibr4
DKT	3D	comp1, comp2, elas2, elas3, plas8, rupt8

Tableau 6 : Liste des cas-tests avec des éléments finis coques

3.2.3 Poutres et tuyaux

Élément	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
POUT	3D	dyna6, elas12, elas13, sissi
TUYA	3D	lyre3

Tableau 7 : Liste des cas-tests avec des éléments finis poutres et tuyaux

3.2.4 Raccords

Élément	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
RACO	2D Fourier	fsi3, fsi4

Tableau 8 : Liste des cas-tests avec des éléments finis raccords

3.2.5 Liquides

Élément	Type d'analyse	Noms des tests (.dgibi)
LQU4	2D Fourier	dyna7, fsi1, fsi2, fsi3, fsi4, fsi5
LCU8	3D	fsi6
LSU2	2D Fourier	dyna7, fsi1, fsi5



LSU4

3D

fsi6

Tableau 9 : Liste des cas-tests avec des éléments finis pour les liquides

4. NOMENCLATURE

4.1 DESCRIPTION D'UN TEST

La présentation de chaque cas-test débute par une fiche descriptive du calcul réalisé. Puis, une ou plusieurs pages illustrent son exécution par des figures générées par le cas-test dans l'ordre d'exécution du jeu de données (premier dessin en haut à gauche de la page et le dernier dessin en bas à droite). Enfin, le jeu de données du cas-test est fourni.

4.2 NOTATIONS

2D : Calcul bidimensionnel

2D-axisymétrique : Calcul bidimensionnel avec symétrie de rotation autour de l'axe $(0, \vec{z})$

3D : Calcul tridimensionnel

5. MECANIQUE

5.1 COMPOSITE

5.1.1 comp1.dgibi

Nom du fichier	comp1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Composite 3D
Type d'Éléments Finis	DKT
Référence	Rapport CEA 89/184
Description	CYLINDRE COMPOSITE BICOUCHE Un cylindre (fibres enroulées $-45^\circ / +45^\circ$ autour d'un axe) bloqué à sa base en déplacement suivant l'axe Z est soumis à une pression interne. Afin de réduire le nombre de degrés de liberté, un nœud du sommet est bloqué en translation suivant X et Y et en rotation suivant Z (nœud PB). La pression est normale à la surface interne du cylindre.
Objectif	Déplacement radial U_r , au point $PA(1,05\ 0\ 0)$, nœud de la base $U_r = 1,37762 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ (Précision relative de 1%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 10 : Informations sur le cas test comp1.dgibi

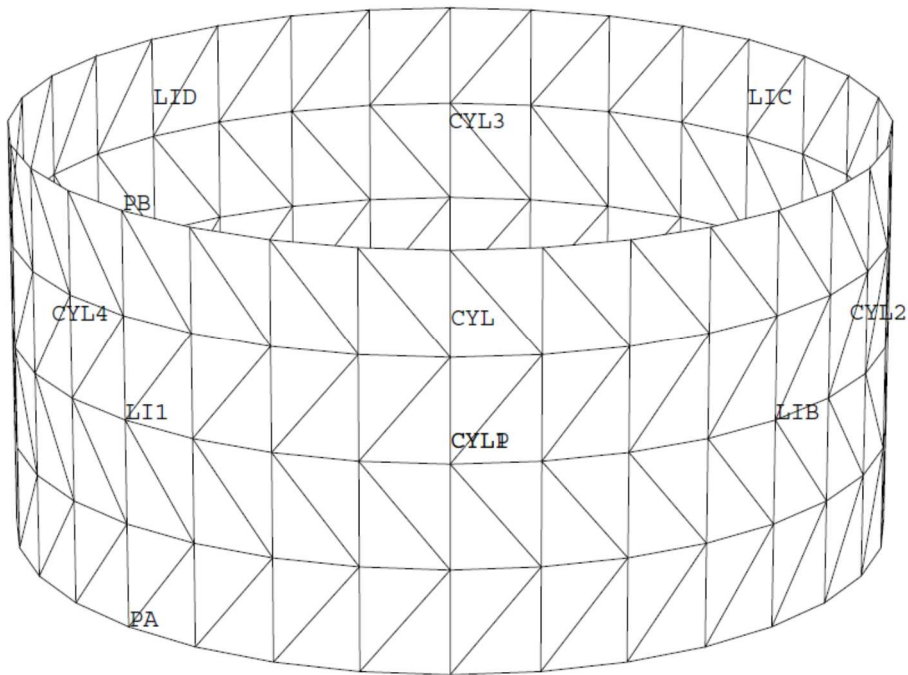


Figure 1 : Maillage du cas-test comp1.dgibi en 3D

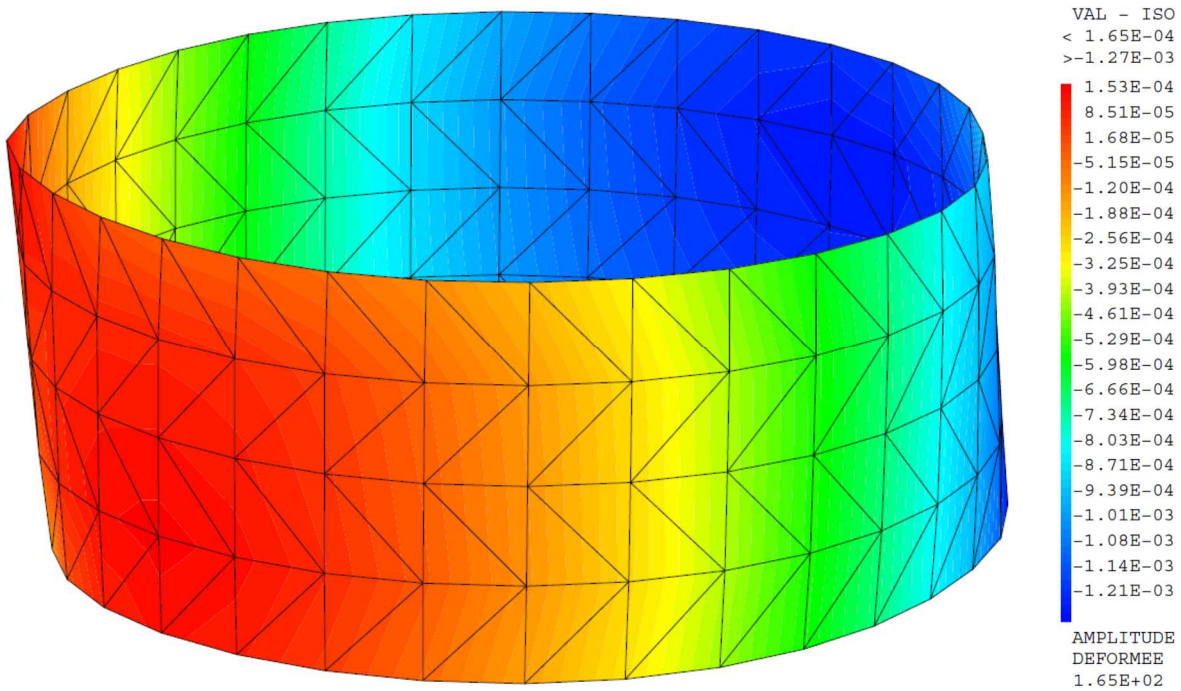


Figure 2 : Isovaleur de la composante UX du champ de déplacement sur le maillage déformé (x165)

Jeux de données :

```
* fichier : compl.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*
*          CYLINDRE COMPOSITE BICOUCHE
*          FIBRES ENROULEES -45/+45 AUTOUR DE L'AXE
*          PRESSION INTERNE
*
*
* Un cylindre bloqué à sa base en déplacement suivant
* l'axe Z est soumis à une pression interne.
* 3D element DKT
* Ref : Rapport CEA , DDMT 85-482 , M. Hittinger, 1985
* Remise a plat : BP, 2017-01-23
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;
* GRAPH = 'O' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
* OPTI TRAC X ;
  OPTI TRAC 'PSC' EPTR 5;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

TTITRE 'CYLINDRE COMPOSITE BICOUCHE SOUS PRESSION INTERNE';
OPTION DIME 3 ELEM TRI3 MODE TRIDIM ;

TEMPS ;
DENS 0.1 ;

NAX = 8; NCIRC = 16;
NAX = 4; NCIRC = 8;
* NAX = 1; NCIRC = 16;

*
* _____
*          GEOMETRIE
*
R = 1.05 ; H = 1. ;
PA = R 0. 0. ; PB = R 0. H ;
O1 = 0. 0. 0. ; O2 = 0. 0. H ;
NR1 = 1. 1. 0. ;
LI1 = PA DROIT NAX PB ;
CYLP = ROTA LI1 NCIRC 90 O1 O2 ;
CYL1 = ORIE CYLP NR1 ;
CYL2 LIB = TOUR CYL1 LI1 90 O1 O2 ;
CYL3 LIC = TOUR CYL2 LIB 90 O1 O2 ;
CYL4 LID = TOUR CYL3 LIC 90 O1 O2 ;
CYL = CYL1 ET CYL2 ET CYL3 ET CYL4 ;
ELIM CYL ;
OEIL = 10. 10. 5. ;
*
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEIL CACH CYL 'QUAL' ;
FINSI ;

*
* _____
*          DESCRIPTION DU MATERIAU ORTHOTROPE : COUCHE 1
*
MOD1 = MODE CYL MECANIQUE ELASTIQUE ORTHOTROPE DKT ;
* MAT1 = MATE MOD1 DIRE O2 INCL 45 NR1 YG1 7E6 YG2
MAT1 = MATE MOD1 DIRE O2 INCL 45 YG1 7E6 YG2
      1.3E6 NUL2 0.28 G12 5E5 ;
CAR1 = CARA MOD1 EPAI 0.05 EXCENTREMENT 0.025 ;
MAT1=MAT1 ET CAR1;

* verification graphique de l'orientation :
* 3D coque => 3 vecteurs : V1, V2 et V3
v123 = VLOC MOD1 MAT1;
v123 = CHAN 'GRAVITE' v123 MOD1;
ve123 = VECT v123 MOD1 0.07 mo123 (mots 'AZUR' 'OR' 'POUR');
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITRE 'COMPL couche 1 : V1(AZUR) V2 (JAUNE) V3(ROUG);
  TRACE OEIL ve123 CYL 'CACH';
FINSI ;

*
* _____
*          DESCRIPTION DU MATERIAU ORTHOTROPE : COUCHE 2
*
MOD2 = MODE CYL MECANIQUE ELASTIQUE ORTHOTROPE DKT ;
* MAT2 = MATE MOD2 DIRE O2 INCL -45 NR1 YG1 7E6 YG2
MAT2 = MATE MOD2 DIRE O2 INCL -45 YG1 7E6 YG2
```

```
1.3E6 NUL2 0.28 G12 5E5 ;
CAR2 = CARA MOD2 EPAI 0.05 EXCENTREMENT -0.025 ;
MAT2=MAT2 ET CAR2;

* verification graphique de l'orientation :
* 3D coque => 3 vecteurs : V1, V2 et V3
v123 = VLOC MOD2 MAT2;
v123 = CHAN 'GRAVITE' v123 MOD2;
ve123 = VECT v123 MOD2 0.07 mo123 (mots 'AZUR' 'BRON' 'POUR');
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITRE 'COMPL couche 2 : V1(AZUR) V2 (JAUNE) V3(ROUG);
  TRACE OEIL ve123 CYL 'CACH';
FINSI ;

* chargement
MOP = 'MODE' CYL 'CHARGEMENT' 'PRESSION' DKT ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' 1. ;

*
* _____
*          CREATION DE LA RIGIDITE
*
MODORT = MOD1 ET MOD2 'ET' MOP ;
MATORT = MAT1 ET MAT2 'ET' MAP ;

RIGI2 = RIGI MODORT MATORT ;

*
* _____
*          CONDITIONS AUX LIMITES
*
CO1 = COTE 2 CYL1 ; CO2 = COTE 2 CYL2 ;
CO3 = COTE 2 CYL3 ; CO4 = COTE 2 CYL4 ;
COB = (CO1 ET CO2 ET CO3 ET CO4 ) coul BLEU;
CO1 = COTE 4 CYL1 ; CO2 = COTE 4 CYL2 ;
CO3 = COTE 4 CYL3 ; CO4 = COTE 4 CYL4 ;
COA = (CO1 ET CO2 ET CO3 ET CO4 ) coul BOUT;

PB1 = CYL point proch (0. R H);
PB2 = CYL point proch ((-1.*R) 0. H);
PB3 = CYL point proch (0. (-1.*R) H);

CDL1 = BLOQ 'UZ' COB ;
CDL2 = ( BLOQ 'UY' (PB et PB2) )
      et ( BLOQ 'UX' (PB1 et PB3) );
CDL = CDL1 ET CDL2 ;

*
* _____
*          CALCUL
*
RIGITOT = RIGI2 ET CDL ;

FP = 'PRES' MOP MAP ;
*
DEP1 = RESO RIGITOT FP ;

DEFO0= DEFO CYL 0.0 DEP1 GRIS;
DEFO1= DEFO CYL DEP1 (EXCO DEP1 'UX');

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEIL (DEFO1 et DEFO0) ;
  TRAC (0. 0. 100.) (DEFO1 et DEFO0) ;
* deplacement UX et UY
evux = EVOL 'BLEU' 'CHPO' DEP1 COB 'UX';
evuy = EVOL 'VERT' 'CHPO' DEP1 COB 'UY';
Tlege = tabl; Tlege . 'TTITRE' = tabl;
Tlege . 'TTITRE' . 1 = mot 'UX'; Tlege . 'TTITRE' . 2 = mot 'UY';
DESS (evux ET evuy) LEGE SO Tlege MIMA 'TTITRE' 'en z=H';
evux = EVOL 'BLEU' 'CHPO' DEP1 COA 'UX';
evuy = EVOL 'VERT' 'CHPO' DEP1 COA 'UY';
Tlege = tabl; Tlege . 'TTITRE' = tabl;
Tlege . 'TTITRE' . 1 = mot 'UX'; Tlege . 'TTITRE' . 2 = mot 'UY';
DESS (evux ET evuy) LEGE SO Tlege MIMA 'TTITRE' 'en z=0';
FINSI;

* ref = calcul element LC8 tire de [DDMT 85-482]
uref = (0.63615E-5 + 0.64702E-5) /2.;

* VALEUR pour le TEST
ur1A = EXTR DEP1 'UX' PA ;
ur1B = EXTR DEP1 'UX' PB ;
MESS '*****';
MESS ' DEPLACEMENT RADIAL REFERENCE : ' uref;
MESS ' DEPLACEMENT RADIAL EN PA CALCULE : ' ur1A ur1B;
RES1= ABS((ur1A - uref) / uref);
MESS 'ECART RELATIF : ' RES1 ;
MESS '*****';
SAUT 2 LIGN ;
TEMPS ;
*
* _____
*          CODE BON FONCTIONNEMENT
*

```

```
SI (RES1 <EG 5.E-2);  
  ERRE 0 ;  
SINO;  
  ERRE 5 ;  
FINSI ;  
FIN;
```

5.1.2 comp2.dgibi

Nom du fichier	comp2.dgibi
Type de calcul	Mécanique Composite 3D
Type d'Éléments Finis	DKT
Référence	Rapport CEA 89/186
Description	PLAQUE COMPOSITE BICOUCHE Une plaque composite carrée est appuyée sur toute sa périphérie (blocage en déplacement et rotation suivant Z). Le nœud situé au centre de la plaque ne peut se déplacer que suivant l'axe Z. Une pression répartie est appliquée sur toute la plaque.
Objectif	Déplacement vertical U_z , au point $P0$ (0,0,0), centre de la plaque. $U_z = 23,25 U_{CC}$ (Précision relative de 1%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 11 : Informations sur le cas test comp2.dgibi

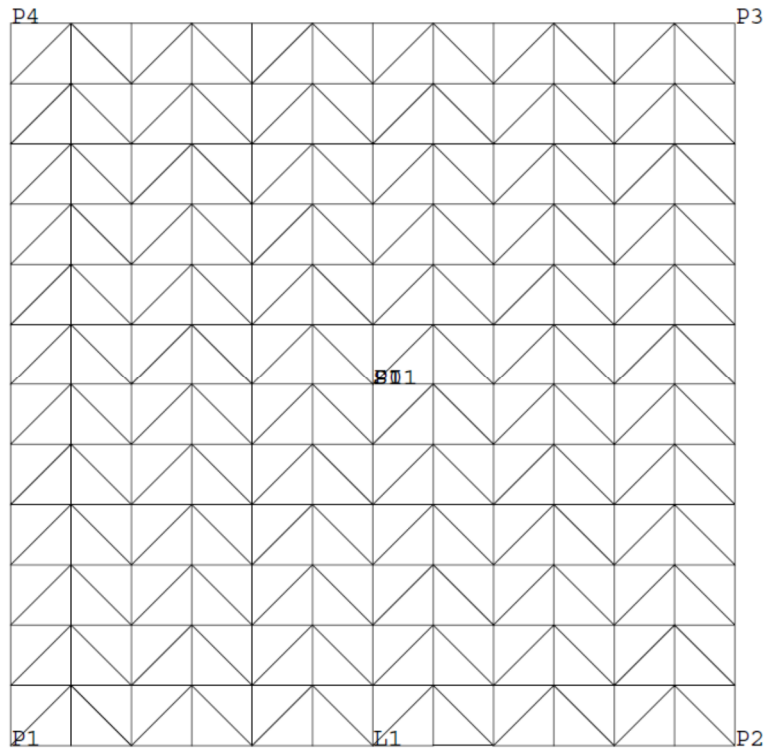


Figure 3 : Maillage du cas-test comp2.dgibi en 2D

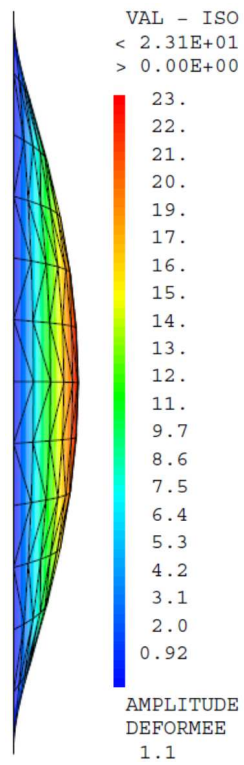


Figure 4 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x1,1)

Jeu de données :

```
* fichier : comp2.dgibi
*****
* Section : Mécanique Elastique
*****

*****
*          Test Comp2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;
*
*          PLAQUE BI-COUCHE A +/- 45
*          APPUYEE , PRESSION REPARTIE
*          ELEMENT DKT
*
* Une plaque composite carrée est appuyée sur toute sa
* périphérie (blocage en déplacement suivant Z et en
* rotation suivant Z).
*
* Le noeud situé au centre de la plaque ne peut se
* déplacer que suivant l'axe vertical Z (blocage en
* déplacement et en rotation suivant Z).
*
* Une pression répartie est appliquée sur toute
* la plaque.
*
* Le déplacement calculé au centre de la plaque est
* comparé au résultat théorique : 23.25
*
SAUT PAGE ;
TITRE 'PLAQUE COMPOSITE APPUYEE - PRESSION REPARTIE';
OPTI DIME 3 ELEM TRI3 ECHO 0 ;
*
* GEOMETRIE
*
*****

TEMPS ;

A = 127. ; B = A ; AM = -127. ; EM = AM ;
H = 5.08 ; ES = H/4 ; EI = H/-4 ; S = H/2 ;
P = 0.6894 ;
N = 12 ;
P0 = 0. 0. 0. ;
P1 = AM EM 0. ; P2 = A EM 0. ;
P3 = A B 0. ; P4 = AM B 0. ;
V1 = 0. (2*B) 0. ; V2 = 0. 0. 1. ;
L1 = DROI N P1 P2 ;

S11=L1 TRAN V1 N;
S1=ORIE S11 V2;
CONF (S1 POIN PROC P1) P1 ;
CONF (S1 POIN PROC P2) P2 ;
CONF (S1 POIN PROC P3) P3 ;
CONF (S1 POIN PROC P4) P4 ;
```

```
CONF (S1 POIN PROC P0) P0 ;
*
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRACE S1 V2 'QUAL';
FINSI ;
*
* MATERIAUX
*
MOD1 = MODE S1 MECANIQUE ELASTIQUE ORTHOTROPE DKT;

MOP = 'MODE' S1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' DKT ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' P ;

CARS = CARA MOD1 EPAI S EXCE ES ;
CARI = CARA MOD1 EPAI S EXCE EI ;
E11 = 276E3 ; E22 = 6.9E3 ; N12 = 0.25 ; GX = 3.4E3 ;
MATS = MATE MOD1 DIRE V1 INCLINE 45. V2 YG1 E11 YG2 E22
      NUL2 N12 G12 GX ;
MATI = MATE MOD1 DIRE V1 INCLINE -45. V2 YG1 E11 YG2 E22
      NUL2 N12 G12 GX ;
MATS=MATS ET CARS;
MATI=MATI ET CARI;
*
* CONDITIONS AUX LIMITES ET RIGIDITE
*
RIS = RIGI MOD1 MATS ;
RII = RIGI MOD1 MATI ;
CL=(BLOQ UZ (CONT S1)) ET (BLOQ RZ (CONT S1)) ET
(BLOQ UX UY RX RY P0);
RIT = RIS ET RII ET CL ;
*
* CALCUL ET SORTIE
*
FP = PRES MOP MAP ;
DEP = RESO RIT FP ;
FP1 = EXTR DEP UZ P0 ;
SAUT PAGE ;
SUI=DEFO S1 DEP ;
DZ=EXCO DEP UZ ;
OEIL= 0 1000 0 ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEIL CACH SUI DZ;
FINSI ;
*
MESS 'FLECHE THEORIQUE      23.25' ;
SAUT 1 LIGN ;
MESS 'FLECHE CALCULEE      ' FP1 ;
SAUT 2 LIGN ;
TEMPS ;
*
* CODE FONCTIONNEMENT
*
FLEREF = 23.25;
RESI = ABS ((FP1-FLEREF)/FLEREF);
SI (RESI <EG 1E-2);
  ERRE 0 ;
SINO;
  ERRE 5 ;
FINSI;
FIN ;
```

5.2 ELASTICITÉ

5.2.1 elas1.dgibi

Nom du fichier	elas1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Solution analytique
Description	<p>CALOTTE SPHERIQUE SOUS EFFORT</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Pression interne ○ Poids propre ○ Force radiale en tête <p>Utilisation du principe de superposition. Les forces équivalentes pour chacun des chargements sont calculées puis ajoutées avant de résoudre le système.</p>
Objectif	<p>Déplacement radial U_r, en tête calculé au point B (1 1).</p> <p>$U_r = 4,677 \mu m$ (Précision relative de 5%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 12 : Informations sur le cas test elas1.dgibi

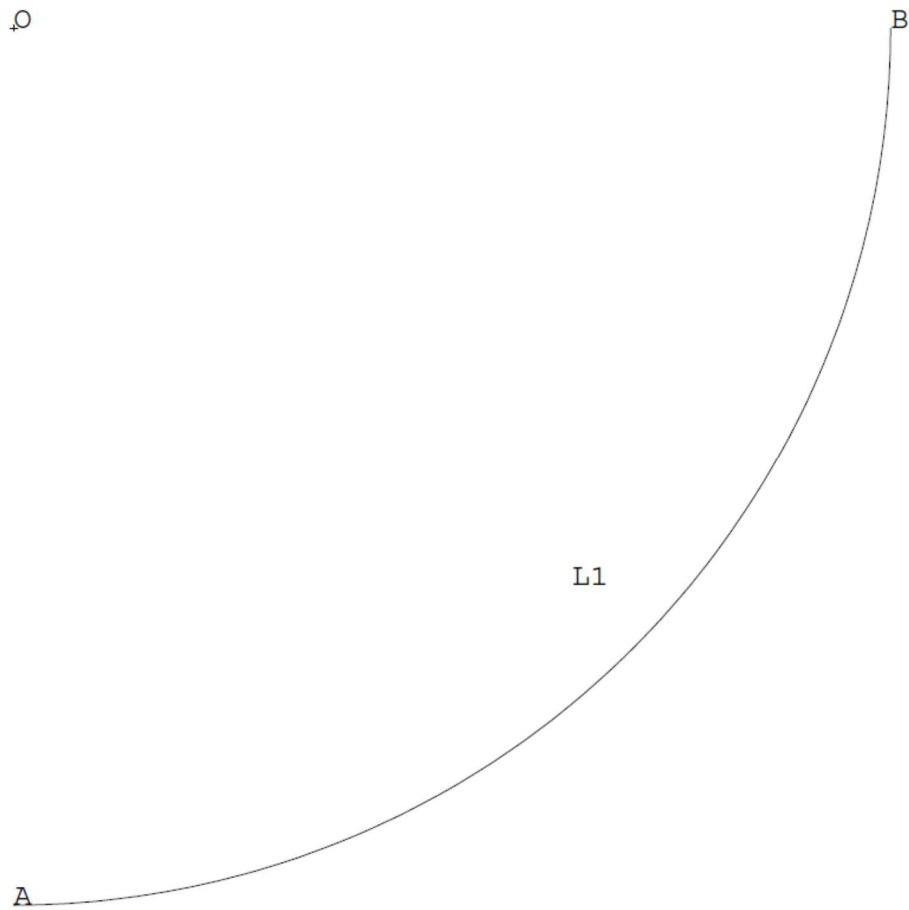


Figure 5 : Maillage du cas-test elas1.dgibi en 2D-axisymétrique

Jeu de données :

```
* fichier : elasl.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****
*
*          Test elasl.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES
*
GRAPH = 'N' ;
*
SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;
*
*-----
* TEST ELAS1
*
* Une calotte sphérique est soumise :
*   - @ une pression interne
*   - @ son poids propre
*   - @ une force radiale en tete
*
* En élasticité et en supposant le probleme
* axisymétrique, on se propose de calculer le
* déplacement radial en tete de la calotte.
*
* Pour résoudre ce probleme on utilise le principe
* de superposition. Les forces équivalentes pour chaque
* chargement sont calculées puis ajoutées avant de
* résoudre le systeme.
*
* Le déplacement radial en tete calculé est comparé à
* la valeur théorique égale à 4.677 microns.
*
*-----
TITRE 'CALOTTE SPHERIQUE SOUS PLUSIEURS TYPES
DE CHARGEMENT';
OPTION DIME 2 ELEM SBG2 MODE AXIS ;
*
*-----
*----- DEFINITION DE LA GEOMETRIE -----
*
A = 0 0 ;
B = 1 1 ;
O = 0 1 ;
*
L1 = CERC 100 A O B ;
*
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC (L1 ET O) 'QUAL' ;
FINSI;
*
*-----
*----- DEFINITION DES CONDITIONS AUX LIMITES -----
*
CL1 = BLOQ B UZ ;
CL2 = BLOQ A UR ;
CL = CL1 ET CL2 ;
*
*-----
* DEFINITION DU MODELE, DU MATERIAU
* ET DES CARACTERISTIQUES
*
MO = MODE L1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ2 ;
*
MA = MATE MO YOUN 2.1E11 NU 0.3 RHO 7.85E4 ;
CA = CARA MO EPAI 0.02 ;
MA=MA ET CA;
*
*-----
*----- CALCUL DE LA MATRICE DE RIGIDITE -----
*
RI1 = RIGI MO MA ;
RI2 = RI1 ET CL ;
*
*-----
*----- DEFINITION DES CHARGES -----
*
*-----
*----- PRESSION INTERNE UNIFORME -----
*
MOP = 'MODE' L1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ2' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' -10000 'EPAI' 0.02 ;
```

```
FO1 = 'BSIG' MOP MAP ;
*
* -- POIDS PROPRE (IL FAUT CALCULER LA MATRICE MASSE) -
*
MAS = MASSE MO MA;
EL1 = CHANGE L1 POIL ;
POP = MANU CHPO EL1 1 UZ -1 ;
FO2 = MAS*POP ;
*
*-----
*----- FORCE RADIALE EN TETE -----
*
F=1000*2*PI;
FO3 = FORC FR F B ;
*
FO = FO1 + FO2 + FO3 ;
*
*-----
*-----CALCUL PAR RESO DES DEPLACEMENTS ET POST-TRAITEMENT-----
*
RE = RESO RI2 FO ;
DR = EXTR RE UR B ;
DR = 1000000*DR ;
SAUT PAGE ;
SAUT 2 LIGN ;
MESS ' DEPLACEMENT' RADIAL EN TETE THEORIQUE
CALCULE ' ;
MESS '                                     UR=4.677 MICRON
UR = ' DR 'MICRON';
TEMPS ;
*
*-----
*----- CODE DE BON FONCTIONNEMENT -----
*
ERR=100*(ABS(4.677 -DR)/4.677);
SI (ERR < 5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
FIN;
```

5.2.2 elas2.dgibi

Nom du fichier	elas2.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	DKT
Référence	Solution analytique
Description	CYLINDRE PINCE A UNE EXTREMITÉ ET ENCASTRE DE L'AUTRE Pour des raisons de symétrie, seul $\frac{1}{4}$ de la structure est modélisé. Les conditions limites sont imposées pour respecter les symétries. Une force ponctuelle est appliquée diamétralement.
Objectif	Déplacement U_x du point de la base P1 (7 0 0) Déplacement U_z du point d'application de la force P3 (0 70 0) $U_x(P1) = 0 \text{ cm}$ (Précision machine sur les flottants 1.E-304) $U_z(P3) = -1,14 \text{ cm}$ (Précision relative de 0,06%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 13 : Informations sur le cas test elas2.dgibi

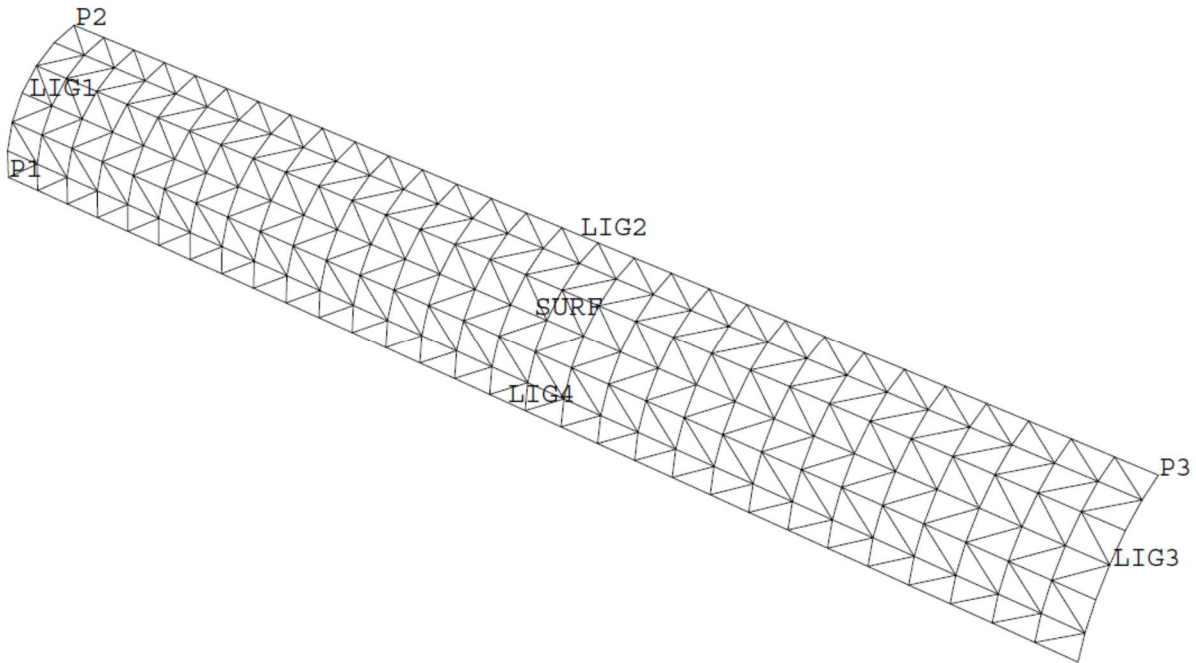


Figure 6 : Maillage du cas-test elas2.dgibi

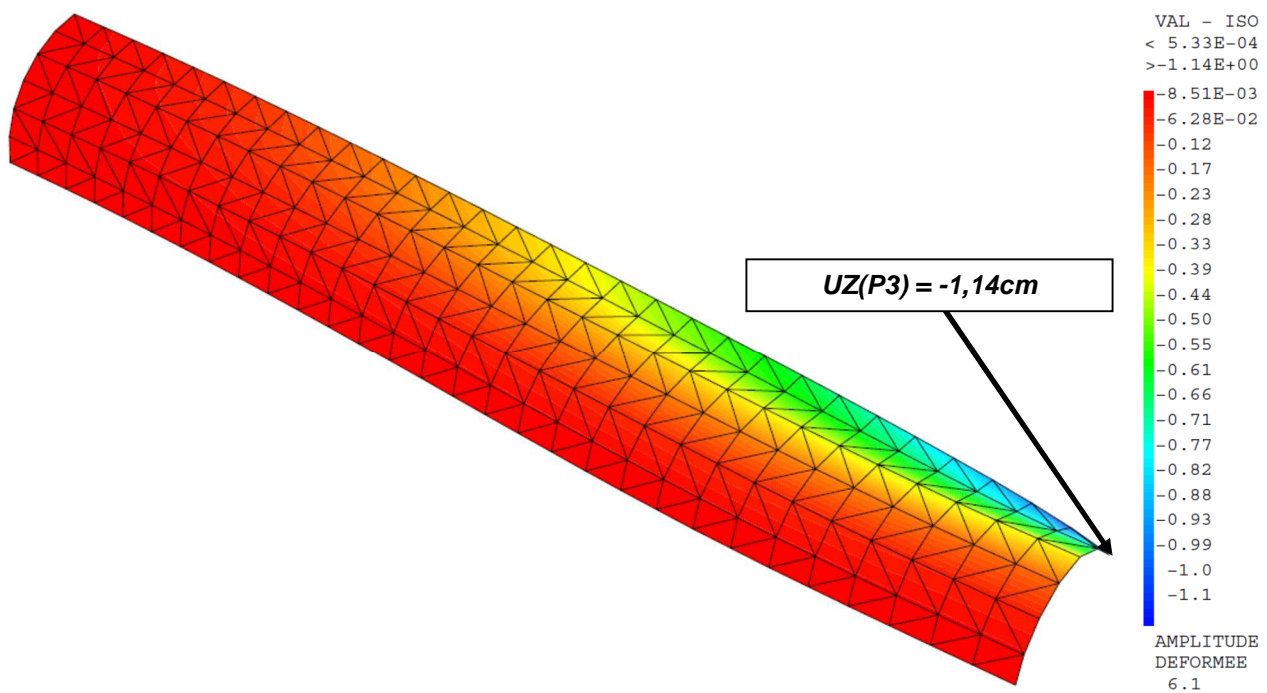


Figure 7 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x6,1)

Jeu de donnée :

```

* fichier : elas2.dgibi
*****
**
* Section : Mecanique Elastique
*****
**
*****
*          Test elas2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

*
-----
* TEST ELAS2
*
* Un cylindre est pincé à une de ses extrémités,
* l'autre extrémité étant encastree.
*
* Pour des raisons de symétrie seul 1/4 de la structure
* a est modélisé.
*
* Les conditions aux limites sont imposées pour
* respecter les symétries.
* Une force ponctuelle est appliquée diametralement.
*
* Le déplacement en X d'un point de la base est comparé
* au déplacement théorique (déplacement nul puisque
* encastree).
* Le déplacement en Z du point d'application de force
* est comparé à la valeur théorique (-1.140)
*
-----

OPTION DIME 3 ELEM TRI3 ;
TITRE 'CYLINDRE PINCE A BORDS ENCASTRES' ;
TEMPS ;
*-----
* DEFINITION DE LA GEOMETRIE
*-----
P1=7 0 0 ;P2=0 0 7 ;C1=0 0 0 ;VECT=0 70 0 ;
LIG1=C 6 P1 C1 P2 ;SURF=LIG1 TRAN 30 VECT ;
LIG1 LIG2 LIG3 LIG4=COTE SURF ;P3=LIG2 POIN FINA ;
*
OEIL1 = 100 100 100;
SI(NEG GRAPH 'N');
  TRAC OEIL1 SURF 'QUAL';
FINSI;
*-----
* DEFINITION DU MODELE
*-----
MOD1=MODE SURF MECANIQUE ELASTIQUE DKT ;
MAT1=MATE MOD1      YOUN 3.E7  NU 0.3 ;
EPEE=CARA MOD1     EPAI 0.1 ;
MAT1=MAT1 ET EPEE;
*-----
*** CALCUL RIGIDITE ET MASSE ;
*-----
RIG1=RIGI MOD1 MAT1;
*
*-----
* CONDITIONS AUX LIMITES
*-----
ENC1=BLOQ LIG4 UZ ;ENC2=BLOQ LIG4 RX ;ENC3=BLOQ LIG4 RY ;
ENC4=BLOQ LIG2 UX ;ENC5=BLOQ LIG2 RY ;ENC6=BLOQ LIG2 RZ ;
ENC7=BLOQ LIG3 UY ;ENC8=BLOQ LIG3 RX ;ENC9=BLOQ LIG3 RZ ;
ENC10=BLOQ LIG1 DEPL ROTA ;
ENC11=ENC1 ET ENC2 ET ENC3 ET ENC4 ET ENC5 ET ENC6 ET
ENC7 ET ENC8 ET ENC9 ET ENC10 ;
*-----
* FORCES
*-----
F1=0 0 -2500 ;
EFOR=FORC F1 P3 ;
RIG2=RIG1 ET ENC11;
*-----
* RESOLUTION ET RESULTATS
*-----
DEL=RESOU RIG2 EFOR;
DLX = EXTR DEL UX P1 ;
D3Z = EXTR DEL UZ P3 ;

```

```

DEF01= DEFO SURF DEL;
DZ = EXCO DEL UZ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEIL1 'CACH' DEF01 DZ;
FINSI;

*-----
* SORTIE DES RESULTATS
*-----
SAUT PAGE ;
MESS ' DEPLACEMENT EN X DE LA BASE      VALEUR THEORIQUE : 0.00' ;
MESS ' DEPLACEMENT EN X DE LA BASE      VALEUR CALCULEE : ' DLX ;
SAUT 2 LIGNE ;
MESS ' DEPLACEMENT EN Z THEORIQUE : -1.140' ;
MESS ' DEPLACEMENT EN Z CALCULE : ' D3Z ;
TEMPS ;
*          CODE FONCTIONNEMENT
DZREF=-1.14;
RESI1=ABS( (D3Z-DZREF)/DZREF);
SI( RESI1 <EG 6E-4 ) ;
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

DXREF= 0.0;
RESI2= ABS DLX;
SI( RESI2 <EG DXREF);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;

```

5.2.3 elas3.dgibi

Nom du fichier	elas3.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	DKT
Référence	Solution analytique
Description	CYLINDRE PINCE A UNE EXTREMITE ET LIBRE DE L'AUTRE Pour des raisons de symétrie, seul $\frac{1}{4}$ de la structure est modélisé. Les conditions limites sont imposées pour respecter les symétries. Une force ponctuelle est appliquée diamétralement.
Objectif	Déplacement U_z du point d'application de la force P3 (0 5,175 4,953) $U_z(P3) = -0,452 \text{ cm}$ (Précision relative de 0,04%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 14 : Informations sur le cas test elas3.dgibi

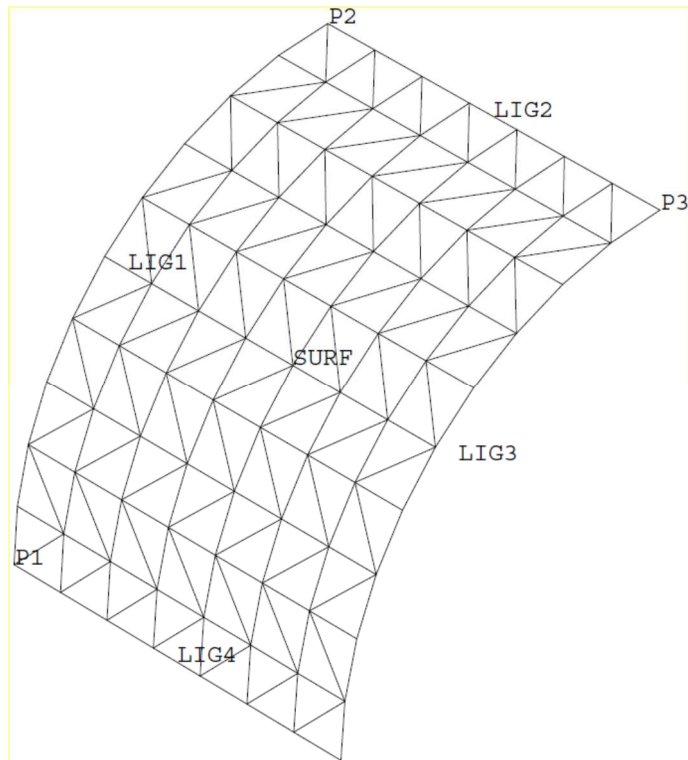


Figure 8 : Maillage d'un quart de cylindre pincé en P3 et libre partout ailleurs

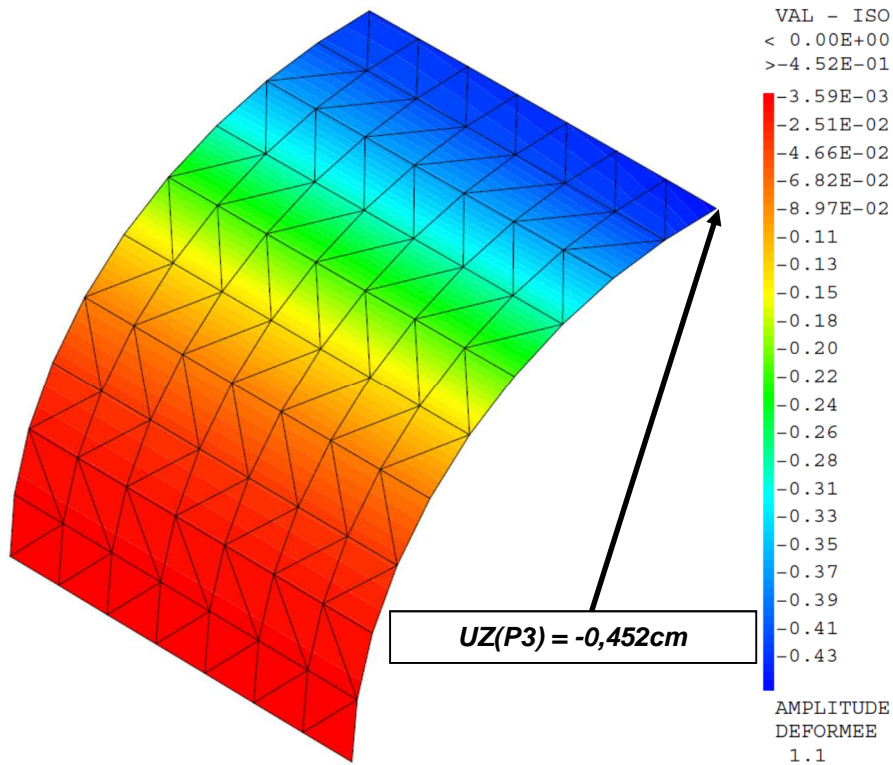


Figure 9 : Isovaleur de la composante UZ du champ de déplacement sur le maillage déformé (x1,1)

Jeu de données :

```

* fichier : elas3.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas3.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

*
*-----
* TEST ELAS3
*
* Meme probleme que DFICH10 mais avec une extrémité
* libre au lieu d'etre encastrée (la géométrie est
* différente).
*
* Un cylindre est pincé à une extrémité, l'autre reste
* libre.
*
* Pour des raisons de symétrie seul 1/4 de la structure
* est discrétisé.
* Les conditions aux limites respectent cette symétrie.
*
* Une force ponctuelle est appliquée diamétralement.
*
* La déflexion suivant Z au point d'application de la
* force est comparée à la déflexion théorique (-0.452).
*
*-----

OPTION DIME 3 ELEM TRI3 ;DENS 0.75 ;
TTTR 'CYLINDRE PINCE A BORDS LIBRES' ;
TEMPS ;

*-----
* DEFINITION DE LA GEOMETRIE
*-----
P1=4.953 0 0 ;P2=0 0 4.953 ;C1=0 0 0 ;VECT=0 5.175 0 ;
LIG1=C P1 C1 P2 ;SURF=LIG1 TRAN VECT ;
LIG1 LIG2 LIG3 LIG4=COTE SURF ;P3=LIG2 POIN FINA ;
LIST P3;

*-----
* TRACE
*-----
OEILL1 = 100 100 100;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEILL1 SURF 'QUAL';
FINSI;

*-----
* DEFINITION DU MODELE ET DES CARACTERISTIQUES
*-----
MOD1=MODE SURF MECANIQUE ELASTIQUE DKT;
MAT1=MATE MOD1 YOUN 10.5E6 NU 0.3125 RHO 1. EPAI 0.094 ;

*-----
* CALCUL RIGIDITE ET MASSE ;
*-----
RIG1=RIGI MOD1 MAT1;

*-----
* CONDITIONS AUX LIMITES
*-----
ENC1=BLOQ LIG4 UZ ;ENC2=BLOQ LIG4 RX ;ENC3=BLOQ LIG4 RY ;
ENC4=BLOQ LIG2 UX ;ENC5=BLOQ LIG2 RY ;ENC6=BLOQ LIG2 RZ ;
ENC7=BLOQ LIG3 UY ;ENC8=BLOQ LIG3 RX ;ENC9=BLOQ LIG3 RZ ;
ENC10=ENC1 ET ENC2 ET ENC3 ET ENC4 ET ENC5 ET ENC6 ET ENC7 ET ENC8
ET ENC9 ;

*-----
* FORCE
*-----
F1=0 0 -100 ;
EFOR=FORC F1 P3 ;
RIG2=RIG1 ET ENC10;

*-----
* RESOLUTION

```

```

*-----
DEL1 = RESO RIG2 EFOR;
D3Z = EXTIR DEL1 UZ P3;

*-----
* RESULTATS (isovaleurs de déplacement en Z)
*-----
SAUT PAGE ;

SURF1= DEFO SURF DEL1;
DZ = EXCO DEL1 UZ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEILL1 'CACH' SURF1 DZ ;
FINSI;

MESS ' DEPLACEMENT EN Z THEORIQUE : -0.452 ' ;
MESS ' DEPLACEMENT EN Z CALCULE : ' D3Z ;
TEMPS ;
* CODE FONCTIONNEMENT
DZREF=-0.452;
RESI=ABS((D3Z-DZREF)/DZREF);
SI (RESI <EG 4E-4);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;

```


5.2.4 elas4.dgibi

Nom du fichier	elas4.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	COQ4
Référence	Test Nafems LE5
Description	POUTRE A SECTION CARREE CHARGEE EN TORSION La poutre est soumise à un couple de torsion de 1200 mN, obtenu par deux forces de 600 N uniformément réparties sur chaque flanc.
Objectif	Contrainte axiale SM_{xx} au point A (2,5 0 0) $SM_{xx} = -108 MPa$ (Précision relative de 5%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 15 : Informations sur le cas test elas4.dgibi

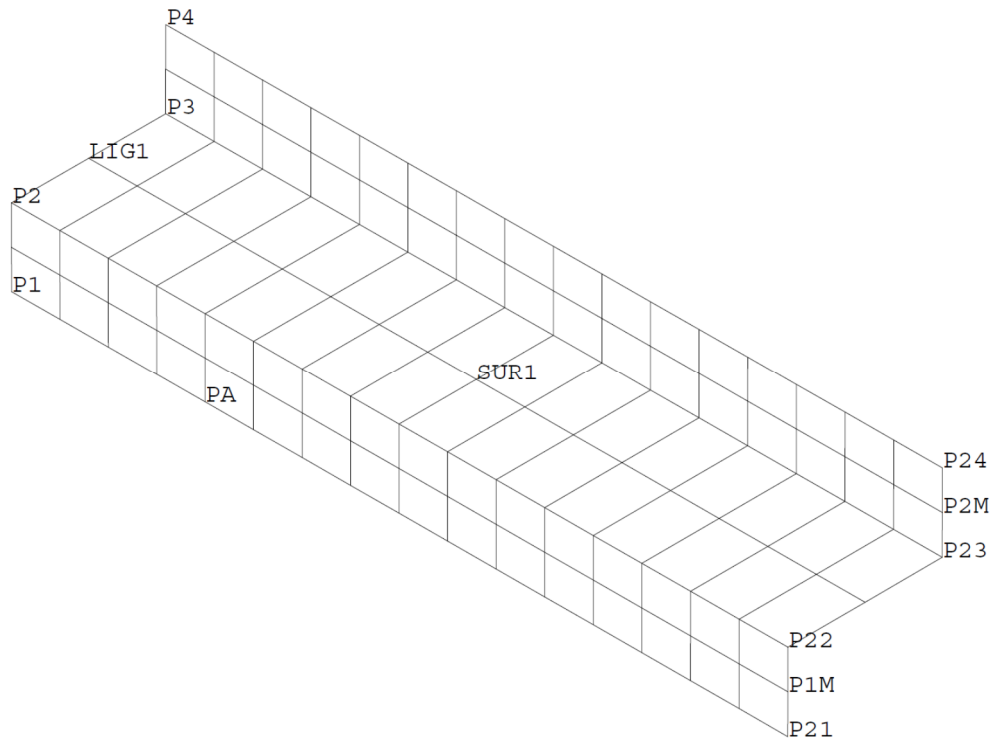


Figure 10 : Maillage du cas-test elas4.dgibi

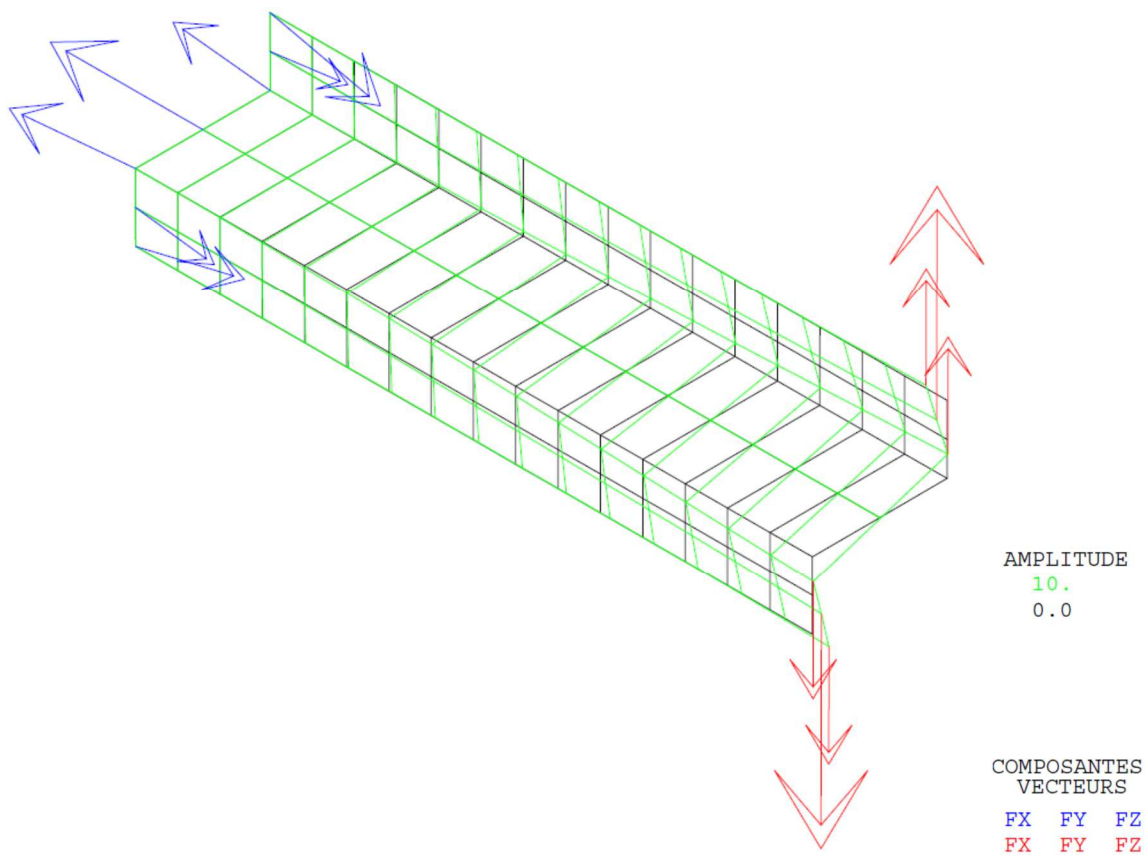


Figure 11 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x10) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

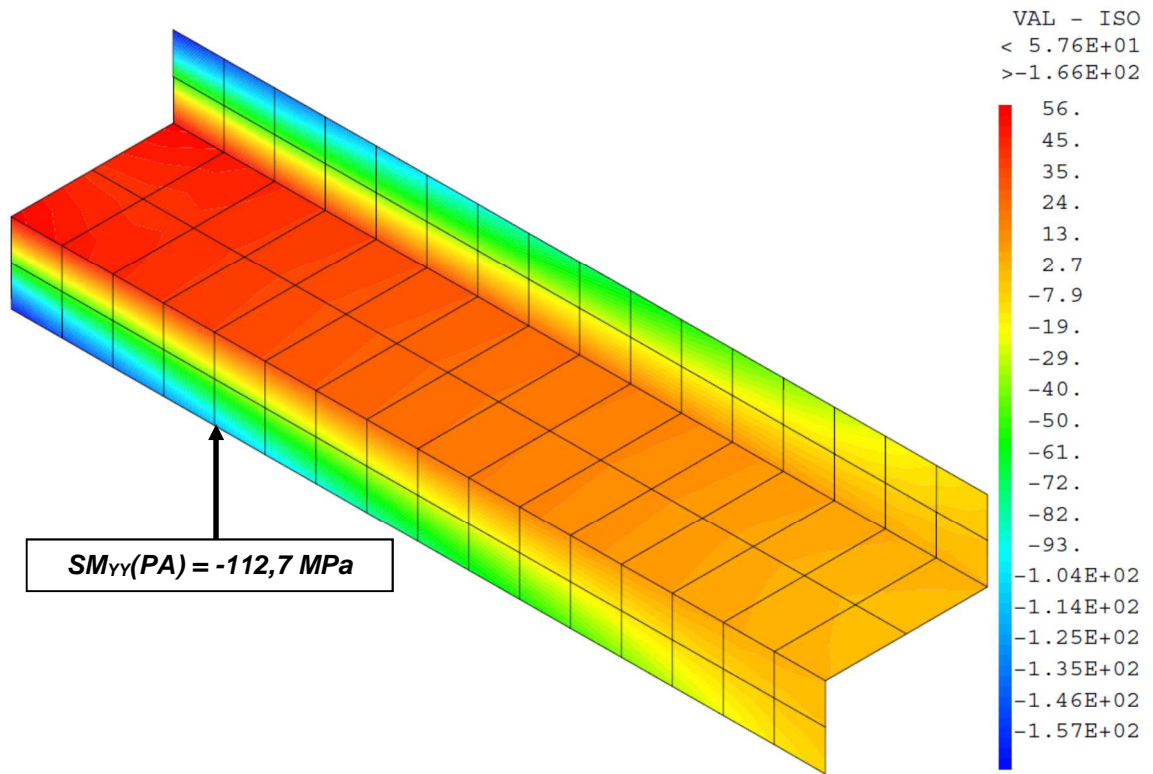


Figure 12 : Champ de contrainte SM_{xx} projeté aux nœuds

Jeu de données :

```
* fichier : elas4.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas4.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS4 *
*
* POUTRE A SECTION EN FORME DE "Z" CHARGEE EN TORSION*
*
* Cas test NAFEMS numero LE5 (Z-section cantilever) *
*
* La poutre est maillee a l'aide d'elements de *
* coques COQ4. *
* Le maillage a ete affine car on ne peut utiliser *
* l'operateur CALP avec l'element COQ8. *
*
* La poutre est soumis a un couple de torsion *
* de 1200 m.N, obtenue par deux forces de 600 N *
* uniformement reparties sur chaque flanc. *
*
* On se propose de caculer la contrainte axiale *
* de la surface au point A. *
*-----*
OPTI DIME 3;
OPTI ELEM QUA4;
*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
OEIL = 1000 -1000 1000;
*
P1 = 0 0 0; P21 = (P1 PLUS (10 0 0));
P2 = 0 0 1; P22 = (P2 PLUS (10 0 0));
P3 = 0 2 1; P23 = (P3 PLUS (10 0 0));
P4 = 0 2 2; P24 = (P4 PLUS (10 0 0));
*
P1M = 10 0 .5; P2M = 10 2 1.5;
*
* Droites et lignes
*
* Remarque : ne pouvant utiliser d'element coq8,
* et seulement des coq4 le maillage a ete affine.
*
N1 = 2;
LIG1 = P1 D N1 P2 D N1 P3 D N1 P4;
*
* Maillage
*
N2 = 16;
SUR1 = LIG1 TRANS N2 (10 0 0);

ELIM (SUR1 ET P21 ET P22 ET P23 ET P24 ET P1M ET P2M) 0.001;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR ' TEST ELAS4 : MAILLAGE ' ;
  TRAC OEIL QUAL SUR1;
FINSI;

*-----*
*          modele - materiau - caracteristique          *
*          rigidite - conditions aux limites          *
*-----*
MODL1 = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ4;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.1;
RI1 = RIGI MATR1 MODL1;
CL1 = BLOQ DEPL LIG1;
RIG1 = RI1 ET CL1;

*-----*
```

```
*          Chargement          *
*-----*
* Couple de torsion de 1.2e6 m.N applique dans la
* section x = 10 m par deux forces uniformement
* reparties egales de 600 N sur chaque flanc.

F1 = 0 0 -150E3;
F1M = 0 0 -300E3;
F2 = 0 0 150E3;
F2M = 0 0 300E3;

FORC1 = FORC F1 P21;
FORC2 = FORC F1 P22;
FORC1M = FORC F1M P1M;
FORC3 = FORC F2 P23;
FORC4 = FORC F2 P24;
FORC2M = FORC F2M P2M;

CHA1 = FORC1 ET FORC2 ET FORC3 ET FORC4 ET FORC1M ET
FORC2M;

*-----*
*          resolution : champs de déplacements          *
*          champs de contraintes          *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHA1;

* Trace facultatif de la deformee et des reactions
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = .5E-6;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT CHA1 (AMPVEC * 20) FX FY FZ ROUGE;
  VECT2 = VECT REAL AMPVEC FX FY FZ BLEU;
  DEFO = DEFO 0. DEP1 SUR1;
  DEF1 = DEFO 10. DEP1 SUR1 (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TITR ' ELAS4 : Deformee, chargement, reactions';
  TRAC OEIL SUR1 (DEFO ET DEF1);
FINSI;

*-----*
*          extraction d'une contrainte          *
*          et comparaison avec solution analytique          *
*-----*
* On cherche la contrainte axiale au point A sur la
* surface moyenne.

* Calcul des contraintes generalisees dans le repere
* local des elements
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;

* Calcul du champs de contraintes au sens des milieux
* continus.
* Pour cela on utilise l'operateur CALP.
CHAM2 = CALP CHAM1 MATR1 MODL1 MOYEN;
CHAM3 = CHAN NOEUD CHAM2 MODL1;
CHPO3 = CHAN CHPO CHAM3 MODL1;
PA = SUR1 POIN PROC (2.5 0 0);
*
* Trace facultatif des contraintes aux noeuds.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS4 : Maillage';
  TRAC CACH SUR1 'QUAL';
  TITR 'ELAS4 : Contraintes Nodales';
  TRAC CACH SUR1 ((EXCO CHPO3 SMYY)*1e-6);
FINSI;

SMXXA2 = EXTR CHPO3 SMYY PA;
SMXXA2 = SMXXA2 / 1.E6;
SMXXA1 = -108;
ERGXXA = 100 * (ABS ((SMXXA2 - SMXXA1) / SMXXA1));

*-----*
*          affichage des resultats          *
*-----*
MESS ' RESULTATS TEST ELAS4 ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 2 LIGN;
MESS ' On cherche la contrainte axiale sur la surface moyenne';
MESS ' au point A.';
MESS ' Elle est comparee a une valeur theorique obtenue';
MESS ' analytiquement.';
SAUT 2 LIGN;
MESS ' Contrainte axiale theorique en A : ' SMXXA1 'MPa';
MESS ' Contrainte axiale calculee en A : ' SMXXA2 'MPa';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERGXXA '%';
SAUT 1 LIGN;

ELSUR1 = NBEL SUR1;
NOSUR1 = NENO SUR1;

MESS ' Nombre d elements : ' ELSUR1;
MESS ' Nombre de noeuds : ' NOSUR1;
```



```
*=====*
*           code fonctionnement           *
*=====*
SAUT 2 LIGNE;
SI (ERGXAX <EG 5);
    ERRE 0;
SINON;
    ERRE 5;
FINSI;

TEMPS;
FIN;
```

5.2.5 elas5.dgibi

Nom du fichier	elas5.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Test Nafems LE7
Description	CITERNE A COUVERCLE SPHERIQUE SOUS PRESSION INTERNE La structure est constituée d'un cylindre surmonté d'une demi-sphère. Elle est soumise à une pression interne de 1MPa. Le problème présentant une symétrie axiale (géométrie et chargement) sera résolu en 2D-axisymétrique.
Objectif	Contrainte axiale SM_{yy} au point D (1 1,4034) $SM_{yy}(D) = 25,86 MPa$ (Précision relative de 1%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 16 : Informations sur le cas test elas5.dgibi

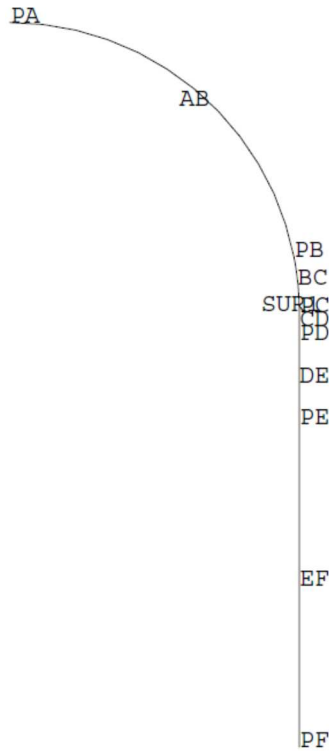


Figure 13 : Maillage de la citerne à couvercle sphérique en 2D-axisymétrie

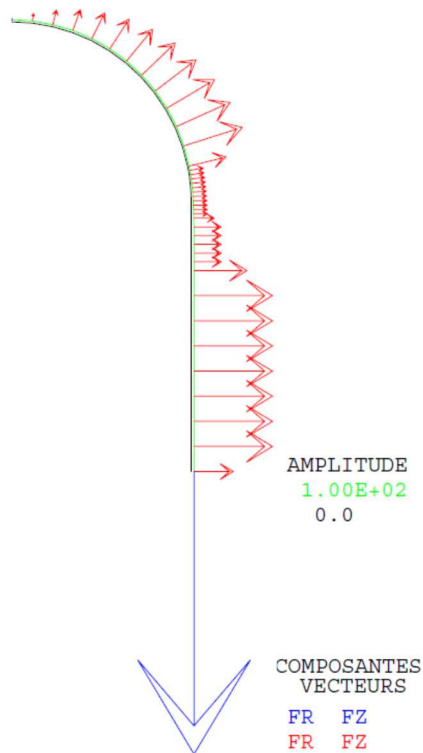


Figure 14 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

Jeu de données :

```

* fichier : elas5.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas5.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS5 *
* *
* CYLINDRE - SPHERE AXISYMETRIQUE *
* *
* cas-test NAFEMS : test numero LE7 *
* *
* La structure est constituée d'un cylindre surmonté d'une *
* demi-sphère. Elle est soumise a une pression interne de 1MPa. *
* *
* Le problème présentant une symétrie axiale (géométrie et *
* chargement), on se place en mode axisymétrique. *
* *
* On se propose de calculer la contrainte axiale smyy sur la *
* surface extérieure au point D. La valeur trouvée est ensuite *
* comparée à une valeur théorique trouvée analytiquement. *
* *
*-----*
OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM SEG2;
*
*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
RO2 = 0.;   ZO2 = 1.5;   PO2 = RO2 ZO2;
*
RA = 0.;   ZA = 2.5;   PA = RA ZA;
RB = 0.9814;   ZB = 1.6920;   PB = RB ZB;
RC = 1.;   ZC = 1.5;   PC = RC ZC;
RD = 1.;   ZD = 1.4034;   PD = RD ZD;
RE = 1.;   ZE = 1.1136;   PE = RE ZE;
RF = 1.;   ZF = 0.;   PF = RF ZF;
*
* Droites, cercles et lignes
*
* coefficient de finesse du maillage
K = 2;
*
N1 = 6 * K;
AB = PA CERC N1 PO2 PB;
*
N2 = 4 * K;
BC = PB CERC N2 PO2 PC;
*
N3 = 2 * K;
CD = PC DROI N3 PD;
*
N4 = 3 * K;
DE = PD DROI N4 PE;
*
N5 = 4 * 2;
EF = PE DROI N5 PF;
*
* Maillage
*
SUR1 = AB ET BC ET CD ET DE ET EF;
*
ELIM SUR1 0.001;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS5 : MAILLAGE';
  TRAC QUAL SUR1;
FINSI;
*

```

```

ELSUR1 = NBEL SUR1;
NOSUR1 = NENO SUR1;
*
*-----*
*          modele - affecte - materiau - caracteristique          *
*          rigidite - conditions aux limites          *
*-----*
MODL1 = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ2;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.025;
*
MOP = 'MODE' SUR1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' COQ2 ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' 1.E6 ;
*
MODLT = MODL1 'ET' MOP ;
MATRT = MATR1 'ET' MAP ;
*
RIG1 = RIGI MODLT MATRT;
*
* Conditions aux limites
* - point pa : pas de deplacement radial et pas de rotation,
* - point pf : pas de deplacement vertical.
*
CL1 = BLOQ ROTA PA;
CL2 = BLOQ UR PA;
CL3 = BLOQ UZ PF;
*
RIG1 = RIG1 ET CL1 ET CL2 ET CL3;
*
*-----*
*          Chargement          *
*-----*
*          Pression interne uniforme de 1e6Pa.
*
CHAL = 'PRES' MOP MAP ;
*
*-----*
*          resolution : champs de deplacements          *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHAL;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = .5E-6;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT CHAL (AMPVEC * 1) FR FZ ROUGE;
  VECT2 = VECT REAL AMPVEC FR FZ BLEU ;
  DEFO = DEFO 0. DEP1 SUR1;
  DEFL = DEFO 100. DEP1 SUR1 (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TITR 'ELAS5 : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS';
  TRAC SUR1 (DEFO ET DEFL);
FINSI;
*
*-----*
*          extraction d'une contrainte          *
*-----*
* On cherche la contrainte axiale sigyy sur la surface exterieure
* au point D.
* Cette valeur est ensuite comparee a la valeur theorique obtenue
* analytiquement.
* Calcul du champs de contraintes generalisees.
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;
*
* Calcul du champs de contraintes au sens des milieux continus.
* Pour cela on utilise l'operateur CALP .
*
CHAM2 = CALP CHAM1 MATRT MODLT SUPE;
*
* Interpolation des contraintes au noeuds
*
CHAM3 = CHAN NOEUD MODL1 CHAM2;
CHPO3 = CHAN CHPO CHAM3 MODL1;
*
* Extraction de la contrainte smyy au point D : Pour cela on extrait
* la contrainte smxx du repere local des elements qui correspond a la
* contrainte smyy dans le repere global.
*
SMYYD = EXTR CHPO3 SMXX PD;
SMYYD = SMYYD / 1.E6;
*
SMYYD1 = 25.86;
*
* Calcul de l'ecart avec la valeur de reference
*
ERGGYD = 100 * (ABS ((SMYYD1 - SMYYD) / SMYYD1));
*
*-----*
*          affichage des resultats          *
*-----*

```



```

MESS ' Resultats ELAS5';
MESS ' -----';
SAUT 2 LIGN;
*
MESS '      La valeur cherchee est la contrainte axiale au point D, ';
MESS ' sur la surface exterieure. Elle est comparee a la valeur  ';
MESS ' theorique obtenue analytiquement.';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte axiale theorique en D : ' SMYD1 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte axiale calculee en D  : ' SMYD 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '      Soit un ecart de : ' ERGYD '%';
SAUT 2 LIGN;
*
SI (K EGA 1);
  MESS ' Maillage grossier';
SINON;
  MESS ' Maillage fin';
FINSI;
*
MESS '      Nombre d elements : ' ELSUR1;
MESS '      Nombre de noeuds   : ' NOSUR1;
MESS '      soit ' (NOSUR1 * 3) 'd.d.l.';
*
*=====*
*              code fonctionnement              *
*=====*
*
*      L'ecart maximum entre valeur theorique et calculee doit etre
* inferieure a 1%.
*
SAUT 2 LIGNE;
SI (ERGYD <EG 1.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
*=====*
*              Temps de calcul et fin              *
*=====*
*
SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
*
FIN;

```

5.2.6 elas6.dgibi

Nom du fichier	elas6.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Test Nafems LE8
Description	CITERNE A COUVERCLE TORIQUE & SPHERIQUE SOUS PRESSION INTERNE La structure est constituée d'un cylindre surmonté d'une portion de tore et d'une portion de sphère. Elle est soumise à une pression interne de 1MPa. Le problème présentant une symétrie axiale (géométrie et chargement) sera résolu en 2D-axisymétrique.
Objectif	Contrainte tangentielle SM_{TT} au point D (0,11 0,55) $SM_{TT}(D) = 94,55 \text{ MPa}$ (Précision relative de 2,5%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 17 : Informations sur le cas test elas6.dgibi

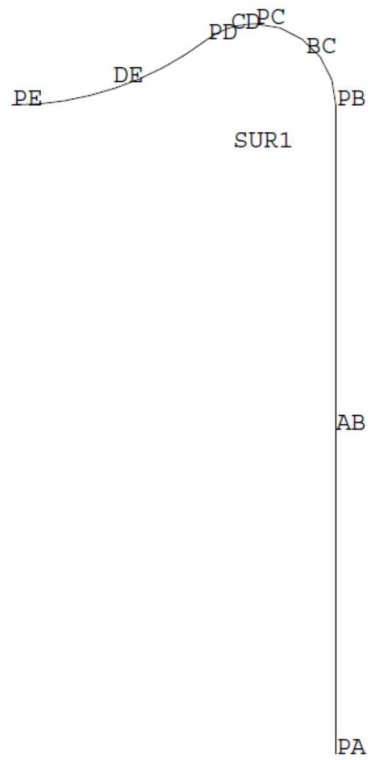


Figure 15 : Maillage de la citerne à couvercle torique et sphérique en 2D-axisymétrique

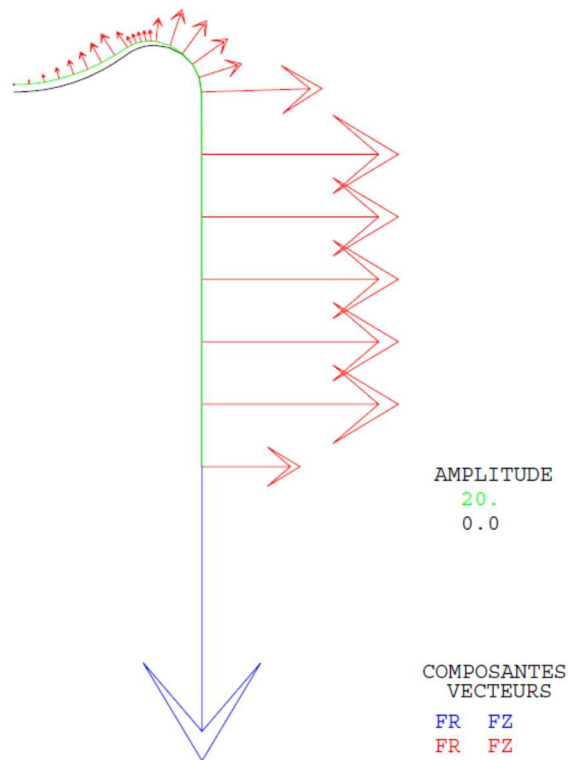


Figure 16 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x20) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

Jeu de données :

```
* fichier : elas6.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas6.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS6 *
* *
* COQUE AXISYMETRIQUE *
* *
* cas-test NAFEMS : test numero LE8 *
* *
* La structure est constituee d'un cylindre surmonte d'une *
* partie de tore et d'une partie de sphere. Elle est soumise a *
* un pression interne de 1MPa. *
* *
* Le probleme presentant une symetrie axiale (geometrie et *
* chargement), on se place en mode axisymetrique. *
* *
* On se propose de calculer la contrainte tangentielle au *
* point D sur la surface exterieure. La valeur trouvee est *
* ensuite comparee a une valeur theorique trouvee analytiquement.*
* *
*-----*

OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM SEG2;

*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
RO2 = 0.;      ZO2 = 0.75;          PO2 = RO2 ZO2;
RO1 = 0.25 - 0.0625; ZO1 = 0.5;    PO1 = RO1 ZO1;
*
RA = 0.25;     ZA = 0.;             PA = RA ZA;
RB = 0.25;     ZB = 0.5;            PB = RB ZB;
RC = 0.25 - 0.0625; ZC = 0.5 + 0.0625; PC = RC ZC;
RD = 0.25 - (0.0625 * (1 + (SIN 36))); ZD = 0.5 + (0.0625 * (COS 36));
*
RE = 0.;      ZE = 0.5;            PE = RE ZE;

* Droites, cercles et lignes

* coefficient de finesse du maillage
K = 1;

SI (K EGA 1);
  TIIR ' LE8 : MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  TIIR ' LE8 : MAILLAGE FIN';
FINSI;

N1 = 6 * K;
AB = PA DROI N1 PB;
*
N2 = 5 * K;
BC = PB CERC N2 PO1 PC;
*
CD = PC CERC N1 PO1 PD;
*
N3 = 8 * K;
DE = PD CERC N3 PO2 PE;
*
* Maillage
*
SURI = AB ET BC ET CD ET DE;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TIIR ' TEST ELAS6 : MAILLAGE';
  TRAC QUAL SURI;
```

```
FINSI;
*
ELSUR1 = NBEEL SUR1;
NOSUR1 = NBNO SUR1;

*-----*
*          modele - affecte - materiau - caracteristique          *
*          rigidite - conditions aux limites                      *
*-----*

MODL1 = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ2;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.01;
RI1 = RIGI MODL1 MATR1;

* Conditions aux limites
* - point pe : pas de deplacement radial et pas de rotation,
* - point pa : pas de deplacement vertical.

CL1 = BLOQ ROTA PE;
CL2 = BLOQ UR PE;
CL3 = BLOQ UZ PA;
*
CL11 = CL1 ET CL2 ET CL3;
RIG1 = RI1 ET CL11;

*-----*
*          Chargement          *
*-----*
* Pression interne uniforme de 1e6Pa.
*
MOP = 'MODE' SUR1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ2' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' -1.E6 ;
CHA1 = 'PRES' MOP MAP ;

*-----*
*          resolution : champs de deplacements          *
*-----*

DEP1 = RESO RIG1 CHA1;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = .4E-6;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT CHA1 (AMPVEC * 5) FR FZ ROUGE ;
  VECT2 = VECT REAL (AMPVEC * 5) FR FZ BLEU ;
  DEFO0 = DEFO 0. DEP1 SUR1;
  DEFO1 = DEFO 20. DEP1 SUR1 (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TIIR 'ELAS6 : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS';
  TRAC SUR1 (DEFO ET DEFO1);
FINSI;

*-----*
*          extraction d'une contrainte          *
*          et comparaison avec solution analytique          *
*-----*
* On cherche la contrainte tangentielle sigtt au noeud pd et
* sur la surface exterieure.
*
* Calcul du champs de contraintes generalisees.
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;
*
* Calcul du champs de contraintes au sens des milieux continus :
* Utilisation l'operateur CALP.
*
CHAM2 = CALP CHAM1 MATR1 MODL1 INFE;
*
* Interpolation aux noeuds du maillage
*
CHAM3 = CHAN NOEUD MODL1 CHAM2;
CHPO3 = CHAN CHPO MODL1 CHAM3;
*
* Extraction de la contrainte
*
SMTID = EXTIR CHPO3 SMY PD;
SMTID1 = SMTID / 1.E6;
*
SMTID1 = 94.55;
*
* Calcul de l'ecart avec la solution de reference.
*
ERGTD = 100 * (ABS ((SMTID - SMTID1) / SMTID1));

*-----*
*          affichage des resultats          *
*-----*
MESS ' Resultats du test ELAS6_2 ';
MESS ' ----- ';
SAUT 2 LIGN;
*
MESS ' La valeur cherchee est la contrainte tangentielle au point D, ';
MESS
' elle est comparee a une valeur theorique obtenue analytiquement.';
saut 1 lign;
```

```
MESS ' Contrainte tangentielle theorique en D : ' SMTTD1 'MPa';
saut 1 lign;
MESS ' Contrainte tangentielle calculee en D : ' SMTTD 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '      Soit un ecart de : ' ERGTID '%';
SAUT 2 LIGN;
*
SI (K EGA 1);
  MESS ' Maillage grossier';
SINON;
  MESS ' Maillage fin';
FINSI;
*
MESS '      Nombre d elements : ' ELSURL;
MESS '      Nombre de noeuds : ' NOSURL;
MESS '      soit ' (NOSURL * 3) 'd.d.l.';

*=====
*              code fonctionnement              *
*=====
*      L'ecart maximum entre valeur theorique et calculee doit etre
*      inferieure a 1,5%.
*
SAUT 2 LIGNE;
SI (ERGTID <EG 1.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

*=====
*              Temps de calcul et fin              *
*=====
SAUT 2 LIGN;
TEMPS;
SAUT 2 LIGN;

FIN;
```

5.2.7 elas7.dgibi

Nom du fichier	elas7.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Test Nafems LE9
Description	CITERNE A COUVERCLE SPHERIQUE La structure est constituée d'un cylindre et par une sphère reposant sur un autre cylindre. Elle est soumise à une pression interne de 1MPa. Le problème présentant une symétrie axiale (géométrie et chargement) sera résolu en 2D-axisymétrique.
Objectif	Contrainte axiale SM_{zz} au point C (0,7 1) $SM_{zz}(C) = -319,9 \text{ MPa}$ (Précision relative de 2,5%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 18 : Informations sur le cas test elas7.dgibi

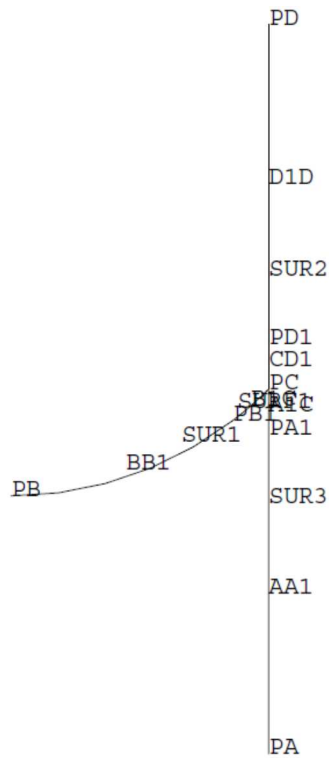


Figure 17 : Maillage de la citerne à couvercle sphérique inversé en 2D-axisymétrique

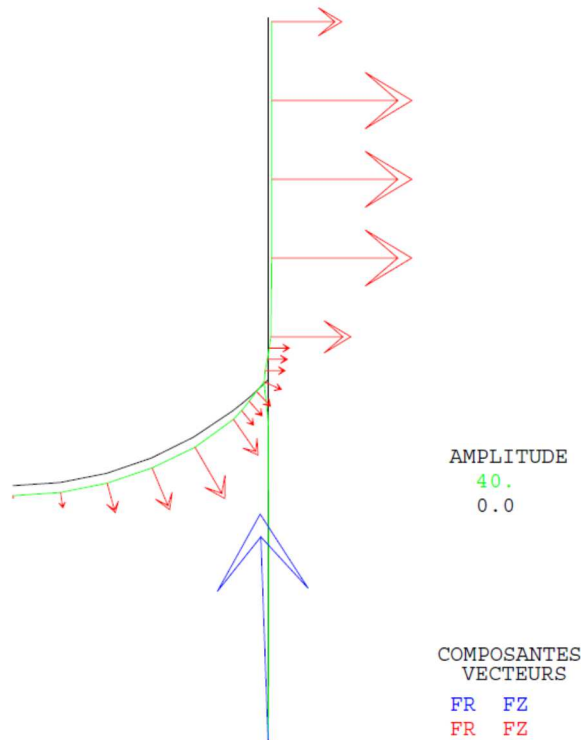


Figure 18 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x40) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

Jeu de données :

```
* fichier : elas7.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas7.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE
*-----*
* TEST ELAS7 *
* *
* COQUE AVEC BRANCHEMENT *
* *
* TEST ELEMENTAIRE NAFEMS : ANALYSE LINEAIRE *
* ELASTIQUE *
* numero LE9 *
* *
* L'enceinte est constituee par un cylindre et *
* par une sphere (demie), reposant sur un cylindre. *
* L'enceinte est soumise a une pression interne *
* uniforme de 1e6Pa. *
* On cherche la contrainte axiale sur la surface *
* exterieure du cylindre superieure au point C. La *
* contrainte obtenue est comparee au resultat *
* theorique. *
*-----*
OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM SEG2;
*
*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
COS75 = COS 7.5; COS375 = COS 37.5; COS45 = COS 45;
SIN75 = SIN 7.5; SIN375 = SIN 37.5; SIN45 = SIN 45;
R = 2 ** -.5;
*
RA = R; ZA = 0.; PA = RA ZA;
RB = 0; ZB = COS45; PB = RB ZB;
RC = R; ZC = 1.; PC = RC ZC;
RD = R; ZD = 2.; PD = RD ZD;
RO = 0; ZO = 1 + COS45; PO = RO ZO;
PA1 = PC PLUS (0 -0.125);
PD1 = PC PLUS (0 0.125);
PB1 = PB PLUS (SIN375 (1 - COS375));
*
* Droites, cercles et lignes
*
* coefficient de finesse du maillage
*
K = 1;
*
SI (K EGA 1);
  TTIR ' LE9 : MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  TTIR ' LE9 : MAILLAGE FIN';
FINSI;
*
N1 = 4 * K;
AA1 = PA DROI N1 PA1;
A1C = PA1 DROI N1 PC;
CD1 = PC DROI N1 PD1;
D1D = PD1 DROI N1 PD;
B1C = PB1 CERC N1 PO PC;
*
N2 = 5 * K;
BB1 = PB CERC N2 PO PB1;
*
* Maillage
*
```

```
SUR1 = BBL ET BIC;
SUR2 = CDI ET DID;
SUR3 = AAL ET ALC;
SURF1 = SUR1 ET SUR2 ET SUR3;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELAS7 : MAILLAGE';
  TRAC QUAL SURF1;
FINSI;
*
ELSURF1 = NBEL SURF1;
NOSURF1 = NBNO SURF1;
*
*-----*
* modele - affecte - materiau - caracteristique *
* rigidite - conditions aux limites *
*-----*
MODL1 = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ2;
MODL2 = MODE SUR2 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ2;
MODL3 = MODE SUR3 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ2;
*
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.01;
MATR2 = MATE MODL2 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.01;
MATR3 = MATE MODL3 YOUN 210E9 NU 0.3 EPAI 0.01;
*
R11 = RIGI MODL1 MATR1;
R12 = RIGI MODL2 MATR2;
R13 = RIGI MODL3 MATR3;
*
* Conditions aux limites
* - point pa : encastrement complet.
CL1 = BLOQ ROTA DEPL PA;
*
RIG1 = R11 ET R12 ET R13 ET CL1;
*
*-----*
*          Chargement          *
*-----*
* Pression interne uniforme de 1e6Pa.
*
MOP1 = 'MODE' SUR1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ2' ;
MAP1 = 'MATE' MOP1 'PRES' -1.E6 ;
CH1 = 'PRES' MOP1 MAP1 ;
MOP2 = 'MODE' SUR2 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ2' ;
MAP2 = 'MATE' MOP2 'PRES' -1.E6 ;
CH2 = 'PRES' MOP2 MAP2 ;
CHAL = CH1 ET CH2;
*
*-----*
*          resolution : champs de déplacements          *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHAL;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = .4E-6;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT CHAL (AMPVEC * 1) FR FZ ROUGE;
  VECT2 = VECT REAL (AMPVEC * 1) FR FZ BLEU ;
  DEF0 = DEFO 0. DEP1 SURF1;
  DEF1 = DEFO 40. DEP1 SURF1 (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TTIR 'ELAS7 : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS';
  TRAC SURF1 (DEF0 ET DEF1);
FINSI;
*
*-----*
*          extraction d'une contrainte          *
*          et comparaison avec solution analytique *
*-----*
*
* On cherche la contrainte axiale sur la surface
* exterieure du cylindre superieure au point C.
*
* Calcul du champs de contraintes generalisees
* uniquement sur le cylindre superieur (sur2).
*
* Reduction du chpoint des déplacements au cylindre
* superieur.
*
DEP2 = REDU DEP1 SUR2;
CHAM1 = SIGM MODL2 MATR2 DEP2;
*
* Calcul du champs de contraintes au sens des milieux
* continus. Pour cela on utilise l'operateur CALP .
*
CHAM2 = CALP CHAM1 MATR2 MODL2 INF6;
*
* Calcul des contraintes aux noeuds du maillage
*
CHAM3 = CHAN NOEUD MODL2 CHAM2;
```



```

CHPO3 = CHAN CHPO MODL2 CHAM3;
*
* Extraction de la contrainte recherchee
*
SMZZC = EXTR CHPO3 SMXX PC;
SMZZC = SMZZC / 1.E6;
*
SMZZC1 = -319.9;
*
* Calcul de l'ecart avec la solution de reference
*
ERGZZC = 100 * (ABS ((SMZZC - SMZZC1) / SMZZC1));
*
*====*
*      affichage des resultats      *
*====*
*
MESS ' RESULTATS : TEST ELAS7 ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 2 LIGN;
*
MESS '   On cherche la contrainte axiale sur la surface
exterieure';
MESS ' du cylindre superieure au point C.';
MESS
' Elle est comparee a une valeur theorique obtenue
analytiquement.';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte axiale theorique en C:' SMZZC1 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte axiale calculee en C : ' SMZZC 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '           Soit un ecart de : ' ERGZZC '%';
SAUT 2 LIGN;
*
SI (K EGA 1);
  MESS ' MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  MESS ' MAILLAGE FIN';
FINSI;
*
MESS '   Nombre d elements : ' ELSURF1;
MESS '   Nombre de noeuds   : ' NOSURF1;
MESS '           soit      ' (NOSURF1 * 3) 'd.d.l.';
*
*====*
*      code fonctionnement      *
*====*
*
* L'ecart maximum entre valeur theorique et calculee
* doit etre inferieure a 2.5%.
*
SAUT 2 LIGN;
SI (ERGZZC <EG 2.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
*====*
*      Temps de calcul et fin   *
*====*
*
SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
*
FIN;

```

5.2.8 elas8.dgibi

Nom du fichier	elas8.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D Contraintes Planes
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test Nafems LE1
Description	MEMBRANE ELIPTIQUE Une membrane elliptique, obtenue par projection d'arcs de cercles sur un plan est soumise à une force linéique sur l'un de ses cotés. Etant donné la symétrie du problème, l'analyse est effectuée en contraintes planes.
Objectif	Contrainte axiale SM_{YY} au point $PD\left(\frac{1}{\sqrt{2}}1\right)$ $SM_{YY}(D) = 92,7 MPa$ (Précision relative de 1%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 19 : Informations sur le cas test elas8.dgibi

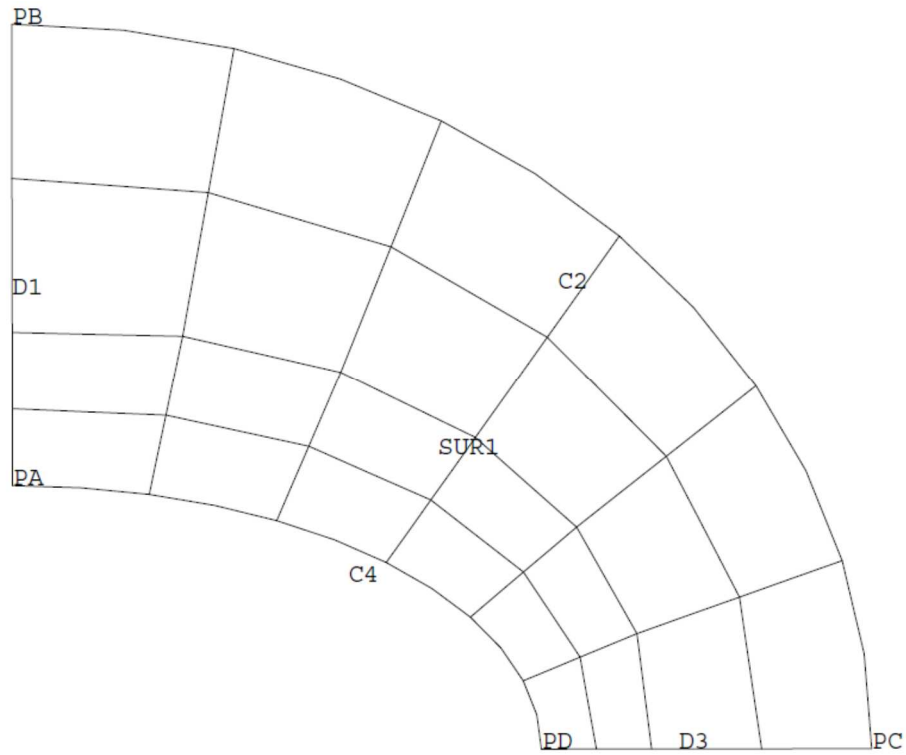


Figure 19 : Maillage du cas-test elas8.dgibi en 2D

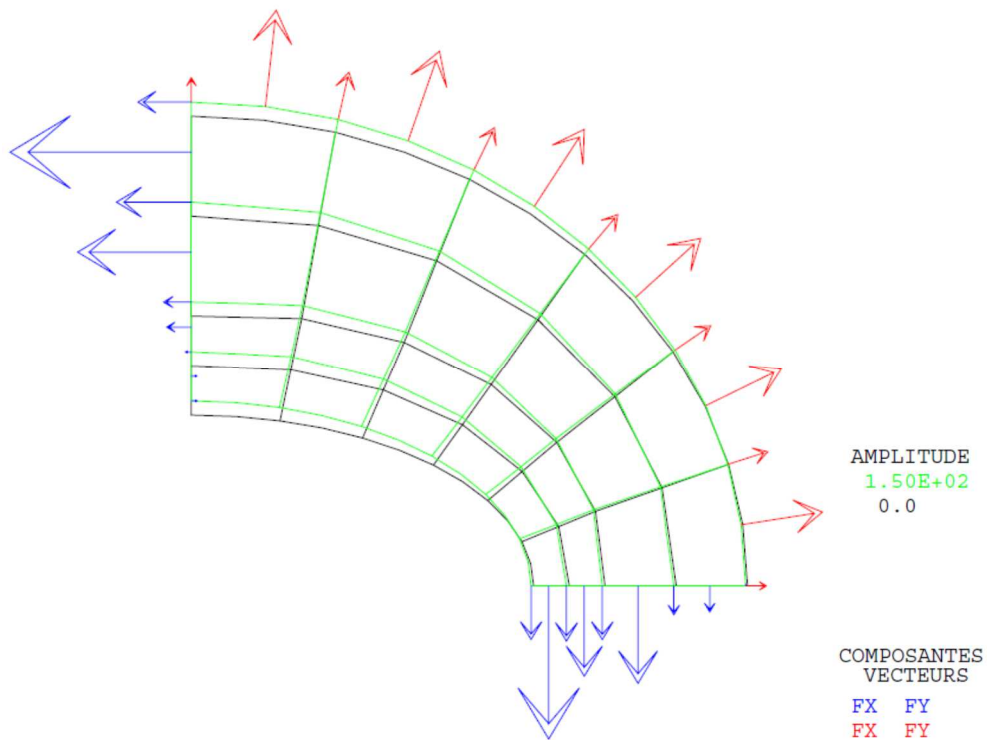


Figure 20 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x150) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

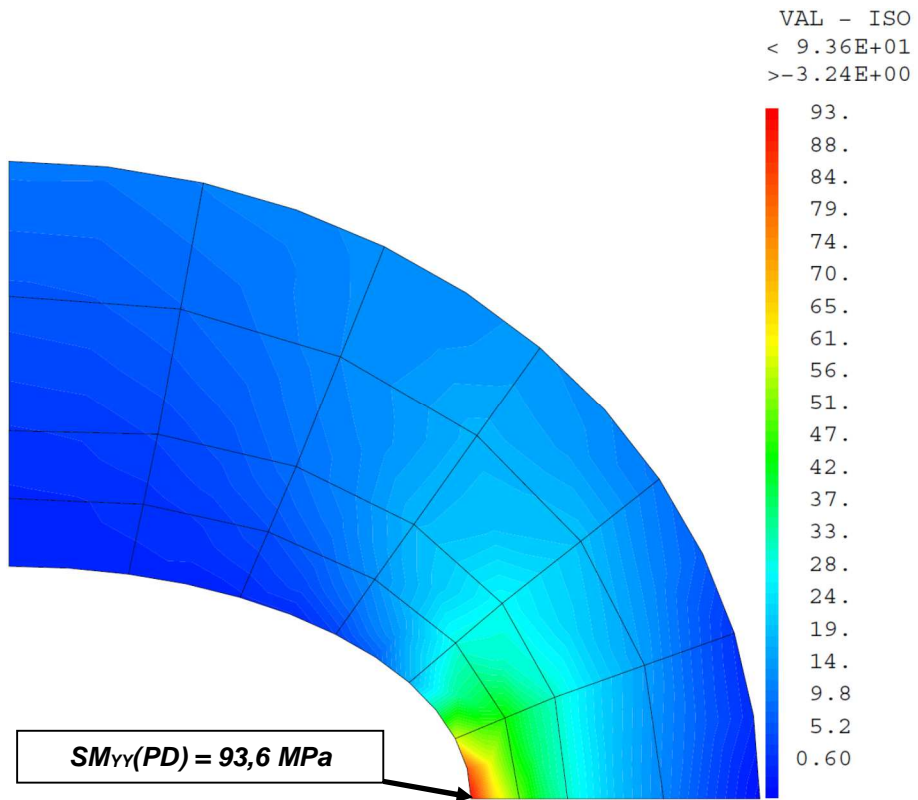


Figure 21 : Champ de contrainte SM_{YY} projeté aux nœuds

Jeu de données :

```
* fichier : elas8.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas8.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS8 *
*-----*
* MEMBRANE ELLIPTIQUE (Contraintes planes) *
*-----*
* cas-test NAFEMS : test numero LE1 *
*-----*
* Une membrane elliptique obtenue par projection *
* d'arcs de cercles sur un plan, est soumis a une *
* force lineique sur l'un de ces cotes. *
*-----*
* Vue les symetries le probleme est traite en *
* contraintes planes. *
*-----*
* On se propose de calculer la contrainte smyy *
* au point D. *
*-----*
*
OPTI DIME 3;
OPTI ELEM QUA8;
*
*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
PB = 0. 2.75 0.;
PB1 = 0. 2.75 (((3.25 ** 2) - (2.75 ** 2)) ** 0.5);
PC = 3.25 0. 0.;
*
C1 = PC CERC 6 (0. 0. 0.) PB1;
C2 = C1 PROJ CYLI (0. 0. 1) PLAN (0 0 0) (1 0 0)
(0 1 0);
*
PA = 0. 1. 0.;
PA1 = 0. 1. (((2. ** 2) - (1. ** 2)) ** 0.5);
PD = 2. 0. 0.;
*
C3 = PD CERC 6 (0. 0. 0.) PA1;
C4 = C3 PROJ CYLI (0. 0. 1) PLAN (0 0 0) (1 0 0)
(0 1 0);
*
D1 = PA DROI 2 (0. 1.583 0.) DROI 2 PB;
D3 = PC DROI 2 (2.417 0. 0.) DROI 2 PD;
*
ELIM (D1 ET C2 ET D3 ET C4) 0.0001;
SUR1 = DALL D1 C2 D3 C4 PLAN;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTTR 'ELAS8 : MAILLAGE';
  TRAC (0 0 1000) QUAL SUR1;
FINSI;
*
OPTI DIME 2;
OPTI MODE PLAN CONT;
*
*-----*
* modele - affecte - materiau - caracteristique *
* rigidite - conditions aux limites *
*-----*
*
MODL1 = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE QUA8;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3;
RII = RIGI MODL1 MATR1;
```

```
*
* Conditions aux limites
* - droite d1: symetrie par rapport a l'axe des ordo.
* - droite d2: symetrie par rapport a l'axe des absc.
*
CL1 = SYMT DEPL ROTA (0 0) (0 1) SUR1 0.0001;
CL2 = SYMT DEPL ROTA (0 0) (1 0) SUR1 0.0001;
*
RIG1 = RII ET CL1 ET CL2;
*
*-----*
*          Chargement          *
*-----*
*
  Pression externe uniforme de 10e6Pa.
*
CHAL = PRES MASS MODL1 -10.E6 C2;
*
*-----*
*          resolution : champs de déplacements *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHAL;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = 1.E-7;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT CHAL AMPVEC FX FY ROUGE;
  VECT2 = VECT REAL AMPVEC FX FY BLEU;
  DEFO = DEFO 0. DEP1 SUR1;
  DEF1 = DEFO 150. DEP1 SUR1 (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TTTR 'ELAS8 : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS';
  TRAC SUR1 (DEFO ET DEF1);
FINSI;
*
*-----*
*          champs de contraintes *
*-----*
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;
*
* Interpolation aux noeuds du maillage
*
CHAM2 = CHAN NOEUD CHAM1 MODL1;
CHP2 = CHAN CHPO CHAM2 MODL1;
*
* Trace facultatif des contraintes aux noeuds.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTTR 'ELAS8 : Contraintes Nodales';
  TRAC CACH SUR1 ((EXCO CHP2 SMYY)*1e-6);
FINSI;
*
*-----*
*          extraction et affichage d'une contrainte *
*-----*
*
  On cherche la contrainte smyy a point D.
*
SMYYD = EXTR CHP2 SMYY PD;SMYYD = SMYYD / 1.E6;
*
SMYYD1 = 92.7;
ERG = 100 * (ABS ((SMYYD - SMYYD1) / SMYYD1));
*
MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' CONTRAINTE SMYY THEORIQUE AU POINT D : ' SMYYD1
'MPA';
MESS ' CONTRAINTE SMYY CALCULEE AU POINT D : ' SMYYD
'MPA';
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' ERG '%';
SAUT 1 LIGN;
*
NENOSUR1 = NENO SUR1;
NBELSUR1 = NBEL SUR1;
MESS ' NOMBRE D ELEMENTS : ' NBELSUR1 'QUA8';
MESS ' NOMBRE DE NOEUDS : ' NENOSUR1 ;
SAUT 1 LIGN;
*
*-----*
*          code fonctionnement *
*-----*
*
SI (ERG <EG 1.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
SAUT 1 LIGN;
  TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
```

*
FIN;

5.2.9 elas9.dgibi

Nom du fichier	elas9.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	CU20
Référence	Test Nafems LE10 PLAQUE EPAISSE
Description	La structure est une plaque épaisse. Elle est chargée par une pression normale uniforme de 1MPa. sur sa face supérieure et encastrée sur sa face extérieure Seul $\frac{1}{4}$ de la structure est modélisé compte tenu des symétries du problème
Objectif	Contrainte axiale SM_{yy} au point PD (2 0 0) $SM_{yy}(D) = -5,38 \text{ MPa}$ (Précision relative de 3%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 20 : Informations sur le cas test elas9.dgibi

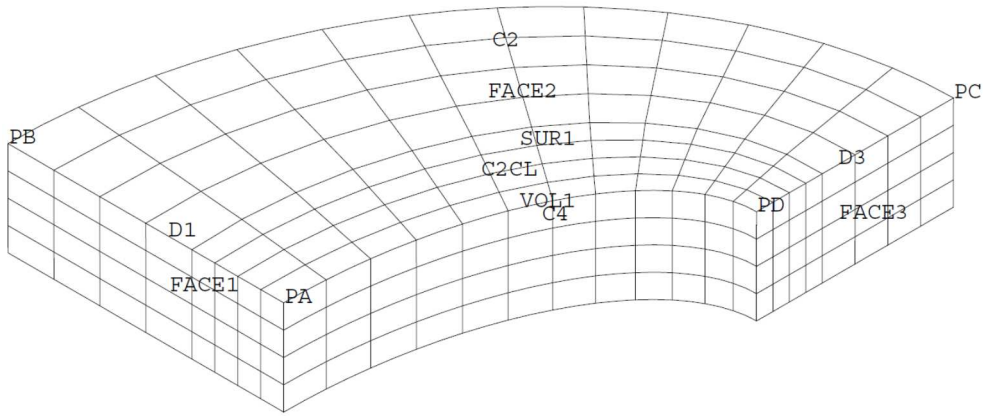


Figure 22 : Maillage du cas-test elas9.dgibi en 3D

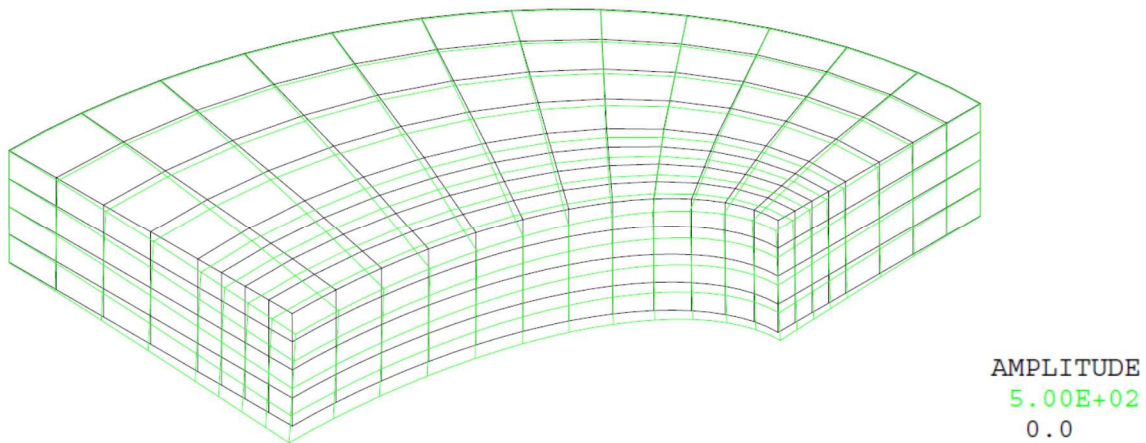


Figure 23 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x500)

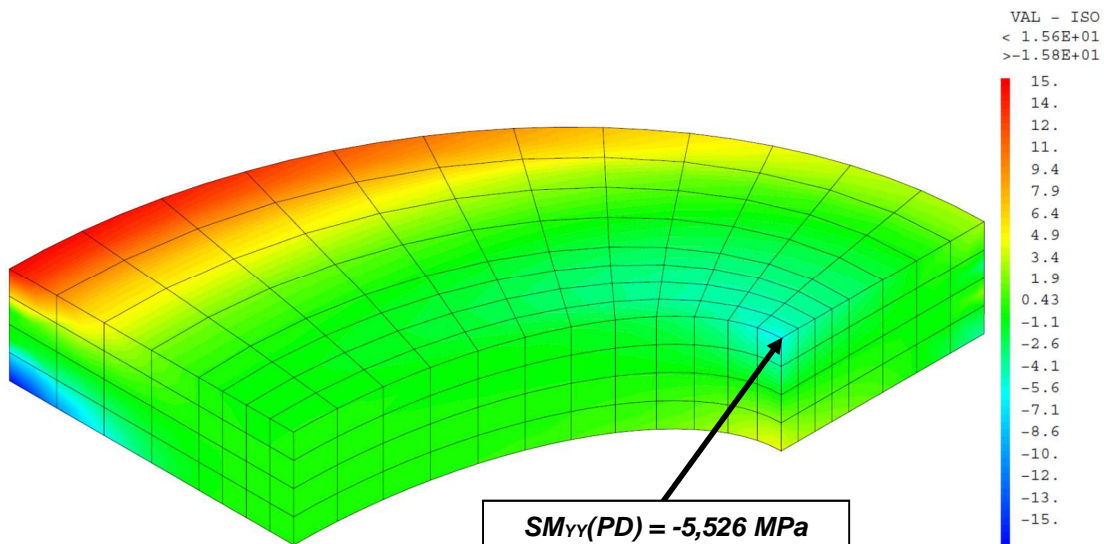


Figure 24 : Champ de contraintes $SM_{\gamma\gamma}$ projeté aux nœuds

Jeu de données :

```
* fichier : elas9.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas9.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* POUR CALCUL COMPLET METTRE COMPLET = VRAI;
complet = VRAI;

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS9 *
*-----*
* MEMBRANE EPAISSE ELLIPTIQUE CHARGEE EN PRESSION *
*-----*
* Test NAFEMS numero le10 *
* Nom : THICK PLATE PRESSURE *
*-----*
* La plaque epaisse est maillee a l'aide d'elements CU20. *
* Elle est chargee normalement par une pression de 1 Mpa. *
* On s'interesse a la contrainte smyy au point D *
*-----*
* La valeur calculee de la contrainte est ensuite comparee *
* avec une valeur theorique obtenue avec un maillage plus fin. *
*-----*
*
* OPTI DIME 3;
* OPTI ELEM CU20;
*-----*
* geometrie : maillage *
*-----*
* Dimensions en metres.
*
* Pour obtenir des arcs d'ellipse on projete des arcs de cercle
* sur le plan xOy.
*
* Coefficient de finesse du maillage.
*
si complet;
K = 2;
sinon;
  k= 1;
finsi;
*
PB = 0. 2.75 0.;
PB1 = 0. 2.75 (((3.25 ** 2) - (2.75 ** 2)) ** 0.5);
PC = 3.25 0. 0.;
*
C1 = PC CERC (6 * K) (0. 0. 0.) PB1;
C2 = C1 PROJ CYLI (0. 0. 1) PLAN (0 0 0) (1 0 0) (0 1 0);
*
PA = 0. 1. 0.;
PA1 = 0. 1. (((2. ** 2) - (1. ** 2)) ** 0.5);
PD = 2. 0. 0.;
*
C3 = Pd CERC (6 * K) (0. 0. 0.) PA1;
C4 = C3 PROJ CYLI (0. 0. 1) PLAN (0 0 0) (1 0 0) (0 1 0);
*
D1 = PA DROI (2 * K) (0. 1.583 0.) DROI (2 * K) PB;
D3 = PC DROI (2 * K) (2.417 0. 0.) DROI (2 * K) PD;
*
ELIM (D1 ET C2 ET D3 ET C4) 0.0001;
SUR1 = DALL D1 C2 D3 C4 PLAN;
*
VOL1 = SUR1 VOLU (2 * K) TRAN (0. 0. -0.6);
*
* Surfaces et arc d'ellipse pour conditions aux limites
*
FACE1 = D1 TRAN (2 * K) (0. 0. -0.6);
FACE2 = C2 TRAN (2 * K) (0. 0. -0.6);
FACE3 = D3 TRAN (2 * K) (0. 0. -0.6);
C2CL = C2 PLUS (0. 0. -0.3);
*
```

```
ELIM (VOL1 ET FACE1 ET FACE2 ET FACE3 ET C2CL) 0.0001;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS9 : MAILLAGE';
  TRAC (-1000 -1000 1000) FACE QUAL (COUL VOL1 BLAN);
FINSI;
*
*-----*
* modele - materiau - caracteristique *
* rigidite - conditions aux limites *
*-----*
*
MODL1 = MODE VOL1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE CU20;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 2.1E11 NU 0.3;
*
MOP = 'MODE' SUR1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' 1.E6 ;
MODLT = MODL1 ET MOP ;
*
RIG1 = RIGI MODLT (MATR1 ET MAP);
*
*-----*
* conditions aux limites *
*-----*
*
* - face dans le plan xOz : ux = 0.;
* - face dans le plan yOz : uy = 0.;
* - face elliptique exterieure : ux = uy = 0. et
* uz = 0. le long de la surface moyenne.
*
CL1 = BLOQ UX FACE1;
CL2 = BLOQ UY FACE3;
CL3 = BLOQ UX FACE2;
CL4 = BLOQ UY FACE2;
CL5 = BLOQ UZ C2CL;
*
RIG1 = RIGI ET CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5;
*
*-----*
* chargement mecanique *
*-----*
*
* La plaque est soumis a une pression uniforme normal de 1 Mpa
* sur la face superieure.
*
CHAI = 'PRES' MOP MAP ;
*
*-----*
* calcul du champ de deplacement *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHAI;
*
* Trace facultatif de la deformee.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  DEF0 = DEFO 0. DEP1 VOL1;
  DEF1 = DEFO 5.E2 DEP1 VOL1 VERT;
  TITR 'ELAS9 : DEFORMEE';
  TRAC (-1000 -1000 1000) CACH VOL1 (DEF0 ET DEF1);
FINSI;
*
*-----*
* extraction d'une contrainte *
* et comparaison avec solution analytique *
*-----*
*
* On cherche la contrainte smyy au point D (2. 0. 0.).
*
* Calcul du champs de contraintes.
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;
*
* Interpolation aux noeuds du maillage.
*
CHAM2 = CHAN NOEUD MODL1 CHAM1;
CHPO2 = CHAN CHPO MODL1 CHAM2;
*
* Trace facultatif des contraintes aux noeuds.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS9 : Contraintes Nodales';
  TRAC (-1000 -1000 1000) CACH VOL1 ((EXCO CHPO2 SMYY)*1e-6);
FINSI;
*
* Extraction de la contrainte smyy au point D.
*
SMYYD = EXTR CHPO2 SMYY PD;
SMYYD = SMYYD / 1.E6;
*
SMYYD1 = -5.38;
*
* Calcul de l'ecart avec la solution de reference.
*
```

```
ERG = 100 * (ABS ((SMYYD1 - SMYYD) / SMYYD1));
*
*=====*
*                   affichage des resultats                   *
*=====*
*
MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   Contrainte theorique SMYYD : ' SMYYD1 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Contrainte calculee SMYYD  : ' SMYYD 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '                   Soit un ecart de : ' ERG '%';
SAUT 1 LIGN;
*
*=====*
*                   code fonctionnement                       *
*=====*
*
si complet; ertes=3.; sinon; ertes=7. ; finis;
SI (ERG <EG ertes);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
SAUT 1 LIGN;
  TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
*
FIN;
```

5.2.10 elas10.dgibi

Nom du fichier	elas10.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	CU20
Référence	Test Nafems LE11
Description	<p>SOLIDE SOUMIS A UN GRADIENT DE TEMPERATURE</p> <p>La structure est un solide composé de géométries cylindriques, coniques et sphérique soumis à un gradient de température</p> <p>Elle représente une enceinte épaisse, constituée d'une partie sphérique surmontée d'une partie conique, elle -même surmontée d'une partie cylindrique.</p> <p>Elle est soumise à un gradient linéaire de température s'exerçant radialement et axialement. Le champ de température s'exprime comme suit :</p> $T(x, y, z) = \sqrt{(x^2 + y^2)} + z$ <p>Ou, en coordonnées cylindriques :</p> $T(x, y, z) = r + z$ <p>Seul $\frac{1}{4}$ de la structure est modélisé compte tenu des symétries du problème</p>
Objectif	<p>Contrainte SM_{zz} au point PA (1 0 0)</p> <p>$SM_{zz}(PA) = -105 MPa$ (Précision relative de 2%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	<p>IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits</p>

Tableau 21 : Informations sur le cas test elas10.dgibi

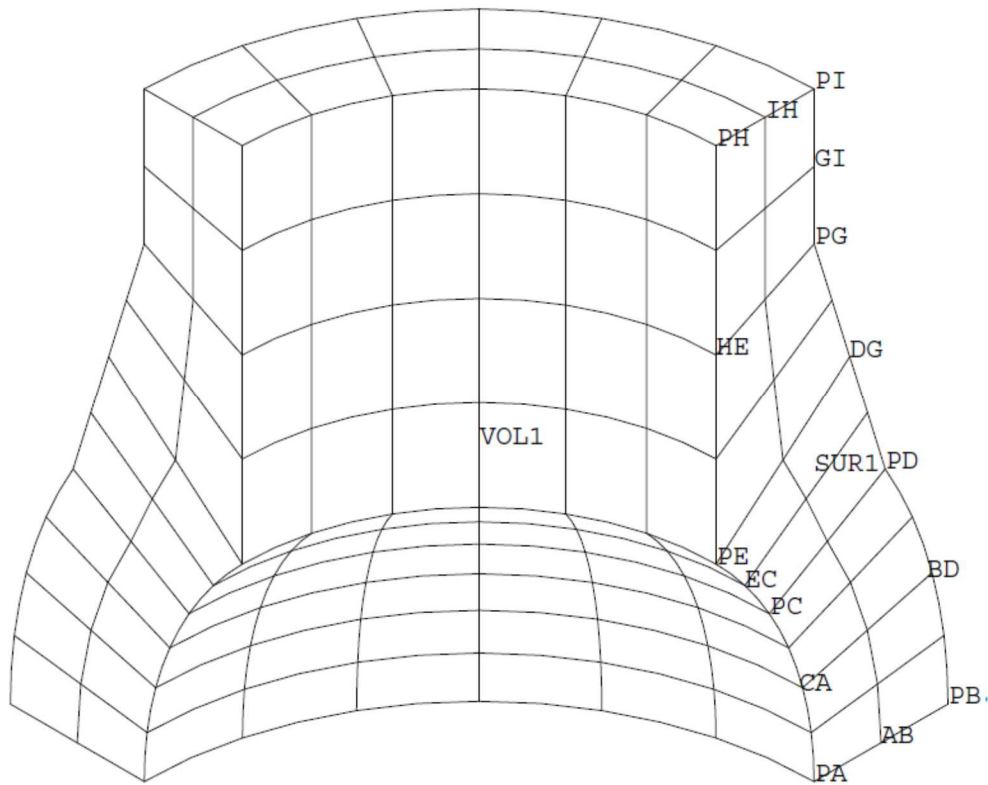


Figure 25 : Maillage du cas-test elas10.dgibi en 3D

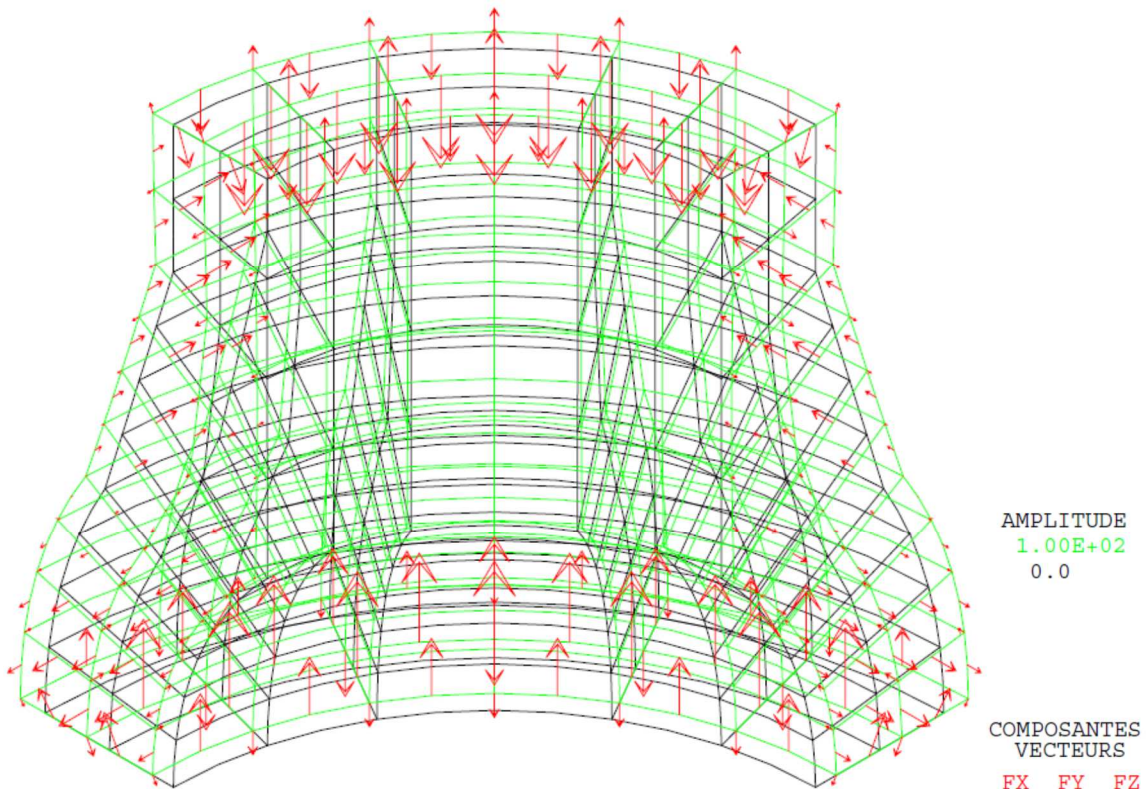


Figure 26 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux forces de réaction (flèches rouges)

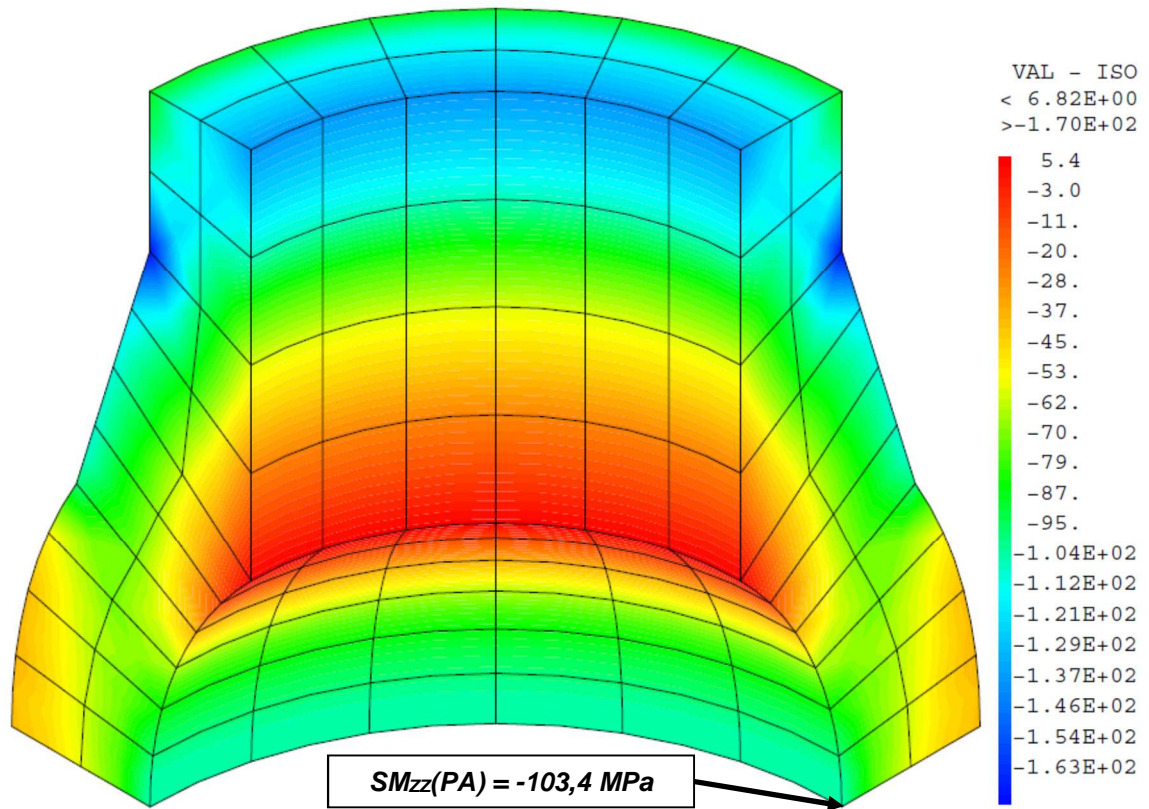


Figure 27 : Champ de contraintes SM_{zz} projeté aux nœuds

Jeu de données :

```
* fichier : elas10.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas10.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*
*-----*
* TEST ELAS10 *
*-----*
* SOLIDE (CYLINDRE - CONE - SPHERE) SOUMIS A UN GRADIENT DE *
* TEMPERATURE (Calcul massif 3D). *
*-----*
* Test NAFEMS : numero LE11 *
* Nom : solid cylinder / taper / sphere temperature *
*-----*
* La structure est une enceinte epaisse. Elle est constituee *
* d'une partie spherique surmontee d'une partie conique, elle - *
* meme surmontee d'une partie cylindrique. *
*-----*
* Elle est soumis a un gradient lineaire de temperature *
* s'exercant radialement et axialement. Le champs de temperature *
* s'exprime comme suit : *
*-----*
*          T(x,y,z) = (x**2 + y**2)**.5 + z *
*          ou *
*          T(r,z) = r + z *
*-----*
* L'ensemble est maille avec des elements massifs CU20. Le *
* maillage est obtenue par rotation de 90 degres d'une coupe *
* verticale. *
*-----*
* On se propose de calculer la contrainte smy au point A. *
* cette valeur est ensuite comparee avec la valeur de reference *
* obtenue a l'aide d'un calcul axisymetrique sur un maillage fin. *
*-----*
*
OPTI DIME 3;
OPTI ELEM CU20;
*
*-----*
*          geometrie : maillage *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
PO = 0. 0. 0.;
PI = 0. 0. 1.;
PA = 1. 0. 0.;
PB = 1.4 0. 0.;
PE = (1. * (COS 30)) 0. (1. * (SIN 30));
PD = (1.4 * (COS 30)) 0. 0.7;
PC = (COS 30) 0. (SIN 30);
PE = (COS 45) 0. (SIN 45);
PH = 0.7071 0. 1.79;
PI = 1. 0. 1.79;
PG = 1. 0. 1.39;
*
* Droites, cercles et lignes
*
* coefficient de finesse du maillage
*
K = 2;
*
SI (K EGA 1);
  TITR ' : MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  TITR ' LE11 : MAILLAGE FIN';
FINSI;
*
NL = 1 * K;
AB = PA DROI NI PB;
GI = PG DROI NI PI;
```

```
EC = PE CERC NI PO PC;
IH = PI DROI NI PH;
*
N2 = 2 * K;
BD = PB CERC N2 PO PD;
DG = PD DROI N2 PG;
CA = PC CERC N2 PO PA;
HE = PH DROI N2 PE;
*
* maillage par elements massifs du volume
*
SUR1 = DALL AB (BD ET DG ET GI) IH (HE ET EC ET CA) PLAN;
*
N3 = 3 * K;
VOL1 = SUR1 VOLU N3 ROTA 90 PO P1;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  SI (K EGA 1);
    TITR 'ELAS10 : MAILLAGE GROSSIER';
  SINON;
    TITR 'ELAS10 : MAILLAGE FIN';
  FINSI;
  TRAC (-1000 -1000 1000) FACE QUAL (COUL VOL1 BLAN);
FINSI;
*
ELVOL1 = NBEL VOL1;
NOVOL1 = NBNO VOL1;
*
*-----*
*          modele - materiau *
*          caracteristique - rigidite *
*-----*
MODL1 = MODE VOL1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE CU20;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 ALPH 2.3E-4;
RI1 = RIGI MODL1 MATR1;
*
*-----*
*          Conditions aux limites *
*-----*
* - symetrie par rapport on plan xz,
* - symetrie par rapport au plan yz,
* - deplacement vertical nul pour les faces superieure et inferieure.
*
CL1 = BLOQ UY (FACE 1 VOL1);
CL2 = BLOQ UX (FACE 2 VOL1);
*
* Creation des surfaces inferieure et superieure.
*
SURINF = AB ROTA N3 90 PO P1;
SURSUP = IH ROTA N3 90 PO P1;
*
ELIM (VOL1 ET SURINF ET SURSUP) 0.0001;
*
CL3 = BLOQ UZ (SURINF ET SURSUP);
CL4 = BLOQ RY (SURINF ET SURSUP);
CL5 = BLOQ RX (SURINF ET SURSUP);
*
RIG1 = RI1 ET CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5;
*
*-----*
*          Chargement thermique *
*-----*
*
* Le solide est soumis a un gradient de temperature lineaire,
* s'appliquant radialement et axialement.
* La temperature est la suivante :
*
*          T(x,y,z) = (x**2 + y**2)**.5 + z
*
* Creation du champs de temperature
*
CHPX = COOR 1 VOL1;
CHPY = COOR 2 VOL1;
CHPZ = COOR 3 VOL1;
*
CHP1 = CHPX ** 2;
CHP2 = CHPY ** 2;
CHP3 = (CHP1 + CHP2)**.5;
*
CHP4 = CHP3 + CHPZ;
*
* Transformation du sous-type "scal" en sous-type "t" pour chp4
* Utilisation de l'operateur "vari".
*
LIS10 = PROG 0. 200.;
LIS20 = PROG 0. 200.;
EVOL1 = EVOL MANU SCAL LIS10 T LIS20;
CHP5 = VARI CHP4 EVOL1 T;
*
* Creation du champ de contraintes equivalentes
*
CHAM10 = THET MODL1 MATR1 CHP5;
```



```

*
* Creation du champ de forces equivalentes
*
CHAR1 = BSIG MODL1 CHAM10;
*
*=====  

*           Resolution : champs de déplacements          *  

*=====  

*
DEP1 = RESO RIG1 CHAR1;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPVEC = 1.E-7;
  REAL = REAC DEP1 RIG1;
  VECT1 = VECT REAL AMPVEC FX FY FZ ROUGE;
  DEFO = DEFO 0. DEP1 VOL1;
  DEF1 = DEFO 100. DEP1 VOL1 VECT1 VERT;
  TITR 'ELAS10 : DEFORMEE, REACTIONS';
  TRAC (-1000 -1000 1000) VOL1 (DEFO ET DEF1);
FINSI;
*
*=====  

*           extraction d'une contrainte                  *  

*           et comparaison avec solution analytique      *  

*=====  

*
* On cherche la contrainte tangentielle sigtt au noeud pd et  

* sur la surface exterieure.
*
* Calcul du champs de contraintes totales.
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEP1;
*
* On retranche les contraintes dites d'origine thermique
*
CHAM1 = CHAM1 - CHAM10;
*
* Interpolation aux noeuds du maillage des contraintes.
*
CHAM2 = CHAN NOEUD MODL1 CHAM1;
CHPO10 = CHAN CHPO MODL1 CHAM2;
*
* Trace facultatif des contraintes aux noeuds.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS9 : Contraintes Nodales';
  TRAC (-1000 -1000 1000) CACH VOL1 ((EXCO CHPO10 SMZZ)*1e-6);
FINSI;
*
* Extraction de la valeur cherchee.
*
SMZZA = EXTR CHPO10 SMZZ PA;
SMZZA = SMZZA / 1.E6;
*
SMZZA1 = -105;
*
* Calcul de l'ecart avec la valeur de reference.
*
ERGZZA = 100 * (ABS ((SMZZA - SMZZA1) / SMZZA1));
*
*=====  

*           affichage des resultats                      *  

*=====  

*
MESS ' RESULTATS ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   La valeur cherchee est la contrainte verticale au point A, ' ;
MESS '   elle est comparee a une valeur theorique obtenue analytiquement. ' ;
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Contrainte verticale theorique en A : ' SMZZA1 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Contrainte verticale calculee en A : ' SMZZA 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Soit un ecart de : ' ERGZZA '%';
SAUT 2 LIGN;
*
SI (K EGA 1);
  MESS ' MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  MESS ' MAILLAGE FIN';
FINSI;
*
SAUT 1 LIGN;
MESS '   NOMBRE D ELEMENTS : ' ELVOL1;
MESS '   NOMBRE DE NOEUDS : ' NOVOL1;
MESS '   SOIT ' (NOVOL1 * 6) 'D.D.L.';
*
*=====  

*           code fonctionnement                          *  

*=====  

*   L'ecart maximum entre valeur theorique et calculee doit etre

```

```

* inferieure a 2%.
*
SAUT 1 LIGN;
SI (ERGZZA <EG 2);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
*=====  

*           Temps de calcul et fin                      *  

*=====  

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;

```

5.2.11 elas11.dgibi

Nom du fichier	elas11.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test Nafems LE11
Description	<p>SOLIDE SOUMIS A UN GRADIENT DE TEMPERATURE</p> <p>La structure est un solide composé de géométries cylindriques, coniques et sphérique soumis à un gradient de température</p> <p>Elle représente une enceinte épaisse, constituée d'une partie sphérique surmontée d'une partie conique, elle -même surmontée d'une partie cylindrique.</p> <p>Elle est soumise à un gradient linéaire de température s'exerçant radialement et axialement. Le champ de température s'exprime comme suit :</p> <p style="text-align: center;">○ $T(x, y, z) = r + z$</p> <p>C'est le même test que elas10.dgibi mais en configuration 2D-axisymétrique.</p>
Objectif	<p>Contrainte SM_{zz} au point PA (1 0)</p> <p>$SM_{zz}(PA) = -105 MPa$ (Précision relative de 2%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 22 : Informations sur le cas test elas11.dgibi

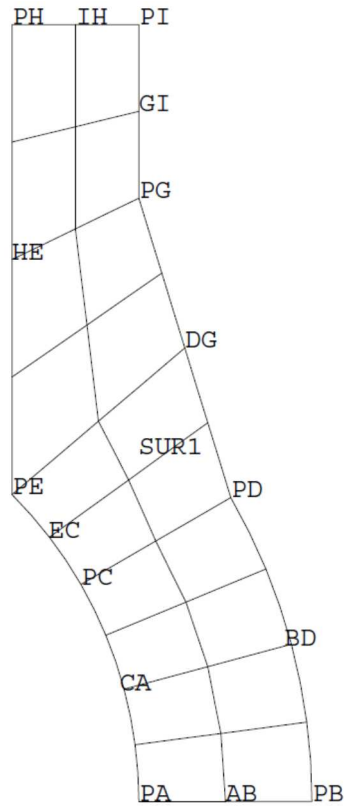


Figure 28 : Maillage du cas-test *elas11.dgibi* en 2D axisymétrique

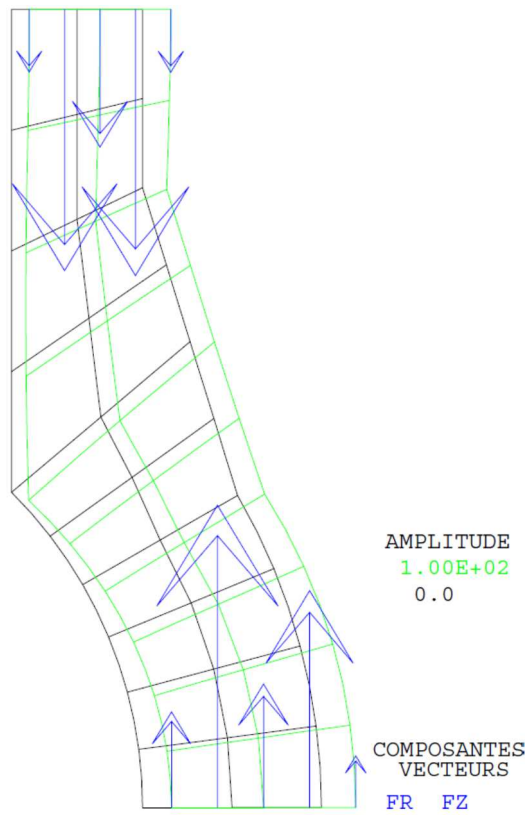


Figure 29 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x100) associé aux forces de réaction (flèches bleues)

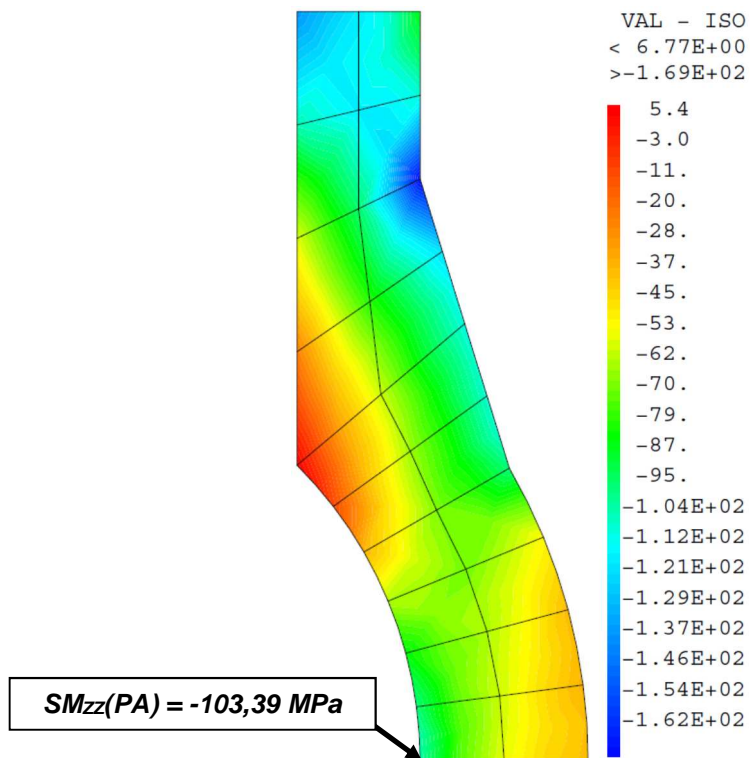


Figure 30 : Champ de contraintes SM_{zz} projeté aux nœuds

Jeu de données :

```
* fichier : elas11.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas11.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS11 *
*-----*
* SOLIDE (CYLINDRE - CONE - SPHERE) *
* SOUTMIS A UN GRADIENT *
* DE TEMPERATURE (Calcul axisymetrique 2D). *
*-----*
* Test NAFEMS : numero LE11 *
* Nom : solid cylinder / taper / sphere temperature *
*-----*
* La structure est une enceinte epaisse. Elle est *
* constituee d'une partie spherique surmontee d'une *
* partie conique, elle -meme surmontee d'une partie *
* cylindrique. *
*-----*
* Elle est soumis a un gradient lineaire de *
* temperature s'exercant radialement et axialement. *
* Le champs de temperature s'exprime comme suit : *
*-----*
*  $T(x,y,z) = (x**2 + y**2)**.5 + z$  *
* ou *
*  $T(r,z) = r + z$  *
*-----*
* L'ensemble est maille avec des elements massifs *
* CU20. Le maillage est obtenue par rotation de 90 *
* degres d'une coupe verticale. *
*-----*
* On se propose de calculer la contrainte smyy au *
* point A. Cette valeur est ensuite comparee avec *
* la valeur de reference obtenue a l'aide d'un *
* calcul axisymetrique sur un maillage fin. *
*-----*
*
OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM QUAS;
*-----*
*          geometrie : maillage          *
*-----*
* Dimension en metres
*
* Points
*
PO = 0. 0.;
PI = 0. 1.;
PA = 1. 0.;
PB = 1.4 0.;
PE = (1. * (COS 30)) (1. * (SIN 30));
PD = (1.4 * (COS 30)) 0.7;
PC = (COS 30) (SIN 30);
PE = (COS 45) (SIN 45);
PH = 0.7071 1.79;
PI = 1. 1.79;
PG = 1. 1.39;
*
* Droites, cercles et lignes
*
* coefficient de finesse du maillage
*
K = 2;
*
N1 = 1 * K;
AB = PA DROI N1 PB;
GI = PG DROI N1 PI;
EC = PE CERC N1 PO PC;
IH = PI DROI N1 PH;
```

```
*
N2 = 2 * K;
BD = PB CERC N2 PO PD;
DG = PD DROI N2 PG;
CA = PC CERC N2 PO PA;
HE = PH DROI N2 PE;
*
* maillage par elements massifs du volume
*
SURL = DALL AB (BD ET DG ET GI) IH (HE ET EC ET CA)
PLAN;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
SI (K EGA 1);
  TITR 'ELAS11 : MAILLAGE GROSSIER';
SINON;
  TITR 'ELAS11 : MAILLAGE FIN';
FINSI;
TRAC QUAL SURL;
FINSI;
*
ELSUR1 = NBEL SURL;
NOSURL = NBNO SURL;
*
*-----*
*          modele - materiau          *
*          caracteristique - rigidite *
*-----*
MODL1 = MODE SURL MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE QUAS;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 210E9 NU 0.3 ALPH 2.3E-4;
R11 = RIGI MODL1 MATR1;
*
*-----*
*          Conditions aux limites *
*-----*
* - deplacement vertical nul pour les faces superieure *
* et inferieure.
*
CL1 = BLOQ UZ AB;
CL2 = BLOQ UZ IH;
*
CL11 = CL1 ET CL2;
RIG1 = R11 ET CL11;
*
*-----*
*          Chargement thermique *
*-----*
* Le solide est soumis a un gradient de temperature *
* lineaire, s'appliquant radialement et axialement. *
* La temperature est la suivante :
*
 $T(r,z) = r + z$ 
*
* Creation du champs de temperature
*
CHPR = COOR 1 SURL;
CHPZ = COOR 2 SURL;
*
CHP4 = CHPR + CHPZ;
*
* Transformation du sous-type "scal" en sous-type "t" *
* pour chp4. Utilisation de l'operateur "vari".
*
LIS10 = PROG 0. 200.;
LIS20 = PROG 0. 200.;
EVOL1 = EVOL MANU SCAL LIS10 T LIS20;
CHP5 = VARI CHP4 EVOL1 T;
*
* Creation du champ de contraintes equivalentes
*
CHAM10 = THET MODL1 MATR1 CHP5;
*
* Creation du champ de forces equivalentes
*
CHAR1 = BSIG MODL1 CHAM10;
*
*-----*
*          Resolution : champs de déplacements *
*-----*
DEP1 = RESO RIG1 CHAR1;
*
* Trace facultatif de la deformee et des reactions
*
SI (NEG GRAPH 'N');
AMPVEC = 1.E-8;
REAL = REAC DEP1 RIG1;
VECT1 = VECT REAL AMPVEC FR FZ BLEU;
DEFO = DEFO 0. DEP1 SURL;
DEF1 = DEFO 100. DEP1 SURL VECT1 VERT;
TITR 'ELAS11 ; DEFORMEE, REACTIONS';
TRAC SURL (DEF0 ET DEF1);
```

```

FINSI;
*
*=====*
*          extraction d'une contrainte          *
*          et comparaison avec solution analytique      *
*=====*
*
*   On cherche la contrainte axiale sigzz au noeud A
*
* Calcul du champs de contraintes totales.
*
CHAM1 = SIGM MODL1 MATRI DEP1;
*
* On retranche les contraintes d'origine thermique
*
CHAM1 = CHAM1 - CHAM10;
*
* Interpolation aux noeuds du maillage.
*
CHAM2 = CHAN NOEUD MODL1 CHAM1;
CHPO10 = CHAN CHPO MODL1 CHAM2;
*
* Trace facultatif des contraintes aux noeuds.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS9 : Contraintes Nodales';
  TRAC CACH SUR1 ((EXCO CHPO10 SMZZ)*1e-6);
FINSI;
*
* Extraction de la contrainte recherchee.
*
SMZZA = EXTR CHPO10 SMZZ PA;
SMZZA = SMZZA / 1.E6;
*
SMZZA1 = -105;
*
* Calcul de l'ecart avec la solution de reference.
*
ERGZZA = 100 * (ABS ((SMZZA - SMZZA1) / SMZZA1));
*
*=====*
*          affichage des resultats          *
*=====*
*
MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   La valeur cherchee est la contrainte axiale
au point A, ';
MESS
' elle est comparee a une valeur theorique obtenue
analytiquement.';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte verticale theorique en A : ' SMZZA1
'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Contrainte verticale calculee en A : ' SMZZA
'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Soit un ecart de : ' ERGZZA '%';
SAUT 2 LIGN;
*
SI (K EGA 1);
  MESS ' Maillage grossier';
SINON;
  MESS ' Maillage fin';
FINSI;
*
MESS '   Nombre d elements : ' ELSUR1;
MESS '   Nombre de noeuds : ' NOSUR1;
MESS '   Soit : ' (NOSUR1 * 3) 'd.d.l.';
*
*=====*
*          code fonctionnement          *
*=====*
*   L'ecart maximum entre valeur theorique et
* calculee doit etre inferieure a 2%.
*
SAUT 1 LIGNE;
SI (ERGZZA <EG 2);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
*
*=====*
*          Temps de calcul et fin          *
*=====*
SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
FIN;

```

5.2.12 elas12.dgibi

Nom du fichier	elas12.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	POUT
Référence	Test VPCS SSLL08/90 Paris Technique et Vulgarisation, 1958 POUTRE EN ARC DE CERCLE ECRASEE
Description	<p>La structure est composée d'un arc de cercle d'un mètre de rayon moyen, et de section circulaire creuse.</p> <p>Le diamètre intérieur est 0,016m, le diamètre extérieur est de 0,02m.</p> <p>Une extrémité (point A) est articulée ($U_a=V_a=0$), l'autre extrémité (point B) est bloquée suivant Y ($V_b=0$). La structure est chargée par une force ponctuelle verticale au point C (centre de l'arc).</p>
Objectif	<p>Rotation au point A (-1 0 0) et au point B (1 0 0), ainsi que le déplacement horizontal du point B et vertical du point C (0 1 0).</p> $Rot(A) = -3,0774 \cdot 10^{-2} \text{ Rad}$ $Rot(B) = +3,0774 \cdot 10^{-2} \text{ Rad} \quad (\text{Précision relative de 1\%})$ $U_x(B) = +5,3912 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ $U_y(C) = -1,9206 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 23 : Informations sur le cas test elas12.dgibi

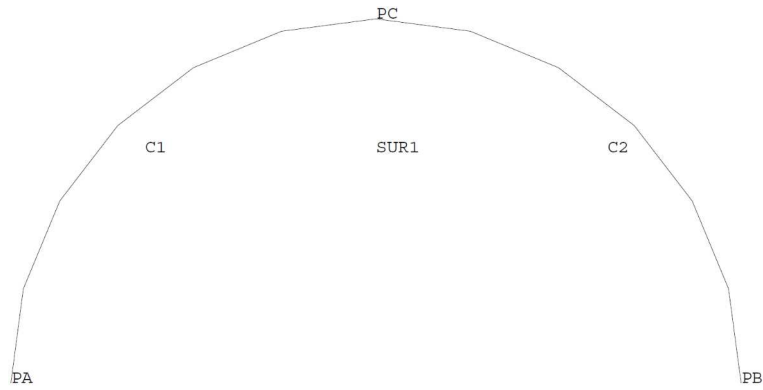


Figure 31 : Maillage du cas-test elas12.dgibi en 3D

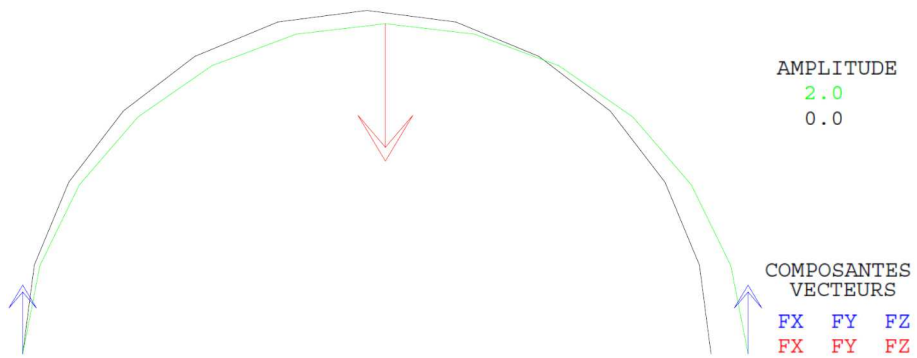


Figure 32 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) associé aux forces de réaction (flèches bleues) et à l'effort appliqué (flèche rouge).

Jeu de données :

```
* fichier : elas12.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas12.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS12 *
* *
* ARC MINCE BI-ARTICULE EN FLEXION PLANE *
* *
* Test V.P.C.S. numero SSSL08/90 *
* *
* Reference : P. Dellus, Resistance des materiaux, *
*             Paris, Technique et Vulgarisation, 1958 *
* *
* La structure est composee d'un arc de cercle d'un *
* metre de rayon moyen, et de section circulaire creuse*
* Le diametre interieur est de 0.016 m, le diametre *
* exterieur est de 0.02 m. *
* *
* Une extremite (point A) est articule (UA = VA =0.) *
* l'autre extremite (point B) est bloque suivant y *
* (VB = 0.). La structure est chargee par une force *
* ponctuelle verticale au point C (centre de l'arc). *
* *
* On se propose de calculer les rotations en A et B, *
* ainsi que les deplacements horizontal du point B et *
* vertical du point C. *
* *
* Les valeurs trouvees sont ensuite comparees aux *
* valeurs de reference obtenues par solution *
* analytique. *
*-----*
OPTI DIME 3;
OPTI ELEM SEG2;
*
*+++++*
*          maillage - geometrie          *
*+++++*
*
PO = 0. 0. 0.;
PA = -1. 0. 0.;
PC = 0. 1. 0.;
PB = 1. 0. 0.;
*
C1 = PA CERC 6 PO PC;
C2 = PC CERC 6 PO PB;
*
SURL = C1 ET C2;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'ELAS12 : MAILLAGE';
  TRAC (0. 0. 1000.) QUAL SURL;
FINSI;
*
*+++++*
*          calcul de la rigidite          *
*+++++*
*
MODL1 = MODE SURL MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE POUT;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 2.E11 NU 0.3 TORS 1000.
      SECT 1.131E-4 INRY 4.637E-9 INRZ 4.637E-9;
RIGI1 = RIGI MODL1 MATR1;
*
*+++++*
*          conditions aux limites          *
*+++++*
*
CL1 = BLOQ UX PA;
CL2 = BLOQ UY PA;
CL3 = BLOQ UY PB;
*
CL4 = BLOQ UZ SURL;
```

```
CL5 = BLOQ RX SURL;
*
RIGI1 = RIGI1 ET CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5;
*
*+++++*
*          chargement          *
*+++++*
CHAR1 = FORC (0. -100 0.) PC;
*
*+++++*
*          resolution : champs de deplacements *
*+++++*
DEPL1 = RESO RIGI1 CHAR1;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR ' ELAS12 : DEFORMEE? CHARGEMENT, REACTIONS';
  VECT1 = VECT CHAR1 FX FY FZ 4.E-3 ROUGE;
  REAC1 = REAC RIGI1 DEPL1;
  VECT2 = VECT REAC1 FX FY FZ 4.E-3 BLEU;
  DEFO = DEFO SURL DEPL1 0.;
  DEFL = DEFO SURL DEPL1 2. (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TRAC (0. 0. 1000.) SURL (DEFO ET DEFL);
FINSI;
*
*+++++*
*          extraction des resultats *
*+++++*
* Rotation au noeud A :
RZA1 = -3.0774E-2;
RZA2 = EXTR DEPL1 RZ PA;
ERG1 = 100 * (ABS ((RZA1 - RZA2) / RZA1));
*
* Rotation au noeud B :
RZB1 = 3.0774E-2;
RZB2 = EXTR DEPL1 RZ PB;
ERG2 = 100 * (ABS ((RZB1 - RZB2) / RZB1));
*
* Deplacement vertical du noeud C :
UYC1 = -1.9206E-2;
UYC2 = EXTR DEPL1 UY PC;
ERG3 = 100 * (ABS ((UYC1 - UYC2) / UYC1));
*
* Deplacement horizontal au noeud B :
UXB1 = 5.3912E-2;
UXB2 = EXTR DEPL1 UX PB;
ERG4 = 100 * (ABS ((UXB1 - UXB2) / UXB1));
*
*+++++*
*          affichage des resultats *
*+++++*
MESS 'RESULTATS : TEST ELAS12';
MESS '-----';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Rotation au noeud A';
MESS '-----';
MESS ' Valeur theorique : ' RZA1 'rad';
MESS ' Valeur calculee : ' RZA2 'rad';
MESS ' Ecart : ' ERG1 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Rotation au noeud B';
MESS '-----';
MESS ' Valeur theorique : ' RZB1 'rad';
MESS ' Valeur calculee : ' RZB2 'rad';
MESS ' Ecart : ' ERG2 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Deplacement vertical du noeud C';
MESS '-----';
MESS ' Valeur theorique : ' UYC1 'm';
MESS ' Valeur calculee : ' UYC2 'm';
MESS ' Ecart : ' ERG3 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Deplacement horizontal au noeud B';
MESS '-----';
MESS ' Valeur theorique : ' UXB1 'm';
MESS ' Valeur calculee : ' UXB2 'm';
MESS ' Ecart : ' ERG4 '%';
SAUT LIGN;
*
*+++++*
*          code fonctionnement *
*+++++*
*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG1 ERG2 ERG3 ERG4);
SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0;
SINON;
```

ERRE 5;
FINSI;
SAUT LIGN;

TEMPS;

FIN;

5.2.13 elas13.dgibi

Nom du fichier	elas13.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	POUT
Référence	Test VPCS SSLL16/90 M.Courtand P.læbelle Formulaire du béton armé T.2 Paris Eyrolles 1976 POUTRE DROITE ARTICULEE
Description	<p>La structure est constituée d'une poutre articulée aux extrémités, reposant sur un sol élastique (Elasticité linéique constante).</p> <p>Une force de 10kN verticale est appliquée au point PD (0 0 0). Une force verticale nulle est imposée au point PA (-2,484 0 0). Deux moments contraires axiaux sont appliqués aux nœuds PA (-2,484 0 0) et PB (2,484 0 0) :</p> $\begin{cases} M_z(A) = -15kNm \\ M_z(B) = 15kNm \end{cases}$
Objectif	<p>Rotation et réaction au point PA, ainsi que la flèche et le moment de flexion au centre de la poutre, point PD</p> $Rot(A) = -3.045.10^{-3} \text{ rad}$ $R(A) = 11674 \text{ N} \quad (\text{Précision relative de 4\%})$ $U_y(D) = -4.23326.10^{-3} \text{ m}$ $M_f(D) = 3.384.10^4 \text{ Nm}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 24 : Informations sur le cas test elas13.dgibi

PA BDR1 PB

Figure 33 : Maillage du cas-test elas13.dgibi en 3D

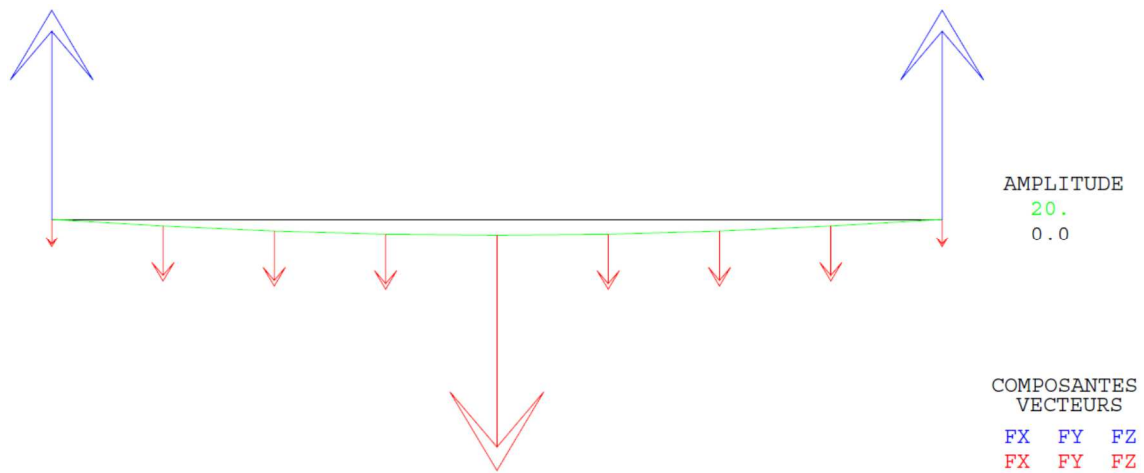


Figure 34 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x20) associé aux forces de réaction (flèches bleues) et à l'effort appliqué (flèche rouge).

Jeu de données :

```
* fichier : elas13.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****

*****
*          Test elas13.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* TEST ELAS13 *
* *
* POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES ARTICULEES *
* *
* Test V.P.C.S. numero SSSL16/89 *
* *
* Reference : M. Courtand et P. Lebelle, Formulaire *
* du beton arme, T. 2, Paris, Eyrolles, 1976 *
* *
* La structure est constituee d'une poutre articulee*
* aux extremités et reposant sur un sol elastique. *
* *
* On se propose de calculer la rotation et la *
* reaction a une extremité, ainsi que la fleche et *
* le moment de flexion au centre de la poutre. *
* *
* Les valeurs trouvees sont ensuite comparees *
* aux valeurs de reference obtenues par solution *
* analytique. *
*-----*

OPTI DIME 3;
OPTI ELEM SEG2;
*
*+++++*
*          maillage - geometrie          *
*+++++*

L = PI * (10 ** .5) / 2.;
PA = (-.5 * L) 0. 0.;
PB = (0.5 * L) 0. 0.;
*
SURL = PA DROI 8 PB;
PD = SURL POIN PROC (0. 0. 0.);
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELAS13 : MAILLAGE';
  TRAC (0. 0. 1000.) QUAL SURL;
FINSI;
*
*+++++*
*          calcul de la rigidite          *
*+++++*

MODL1 = MODE SURL MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE POUT;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 2.E11 NU 0.3 TORS 1000.
      SECT 1000 INRY 1.E-4 INRZ 1.E-4;
RIGI1 = RIGI MODL1 MATR1;
*
*+++++*
*          conditions aux limites          *
*+++++*
* - Rotule en A et B,
* - Appui continu elastique : sol de raideur lineique
*   constante : K = 840 000 N/m2 ,
* - Conditions d'un probleme plan.
*
CL1 = BLOQ UX (PA ET PB);
CL2 = BLOQ UY (PA ET PB);
*
CL3 = BLOQ UZ SURL;
CL4 = BLOQ RX SURL;
*
NEL1 = NBEL SURL;
K = 840000;
```

```
KNOEUD = K * L / (2. * NEL1);
I = 0;
CL5 = APPUI DEPL 0. SURL;
REPETER BLOC2 NEL1;
  I = I + 1;
  POI1 = SURL POIN I;
  POI2 = SURL POIN (I + 1);
  APP1 = APPUI DEPL KNOEUD POI1;
  APP2 = APPUI DEPL KNOEUD POI2;
  CL5 = CL5 ET APP1 ET APP2;
FIN BLOC2;
*
RIGI1 = RIGI1 ET CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5;
*
*+++++*
*          chargement          *
*+++++*
* - Force ponctuelle verticale de -10000 N au point D,
* - Force lineique repartie verticale de -5000 N/m,
* - Moments opposes aux extremités de 15000 N.m .
*
CHA1 = FORC (0. -10000. 0.) PD;
*
FTOTAL = -5000. * L;
FPOINT = FTOTAL / (2. * NEL1);
CHA2 = FORC FY 0. PA;
I = 0;
REPETER BLOC1 NEL1;
  I = I + 1;
  POI1 = SURL POIN I;
  POI2 = SURL POIN (I + 1);
  FOR1 = FORC FY FPOINT POI1;
  FOR2 = FORC FY FPOINT POI2;
  CHA2 = CHA2 ET FOR1 ET FOR2;
FIN BLOC1;
*
CHA3 = (MOMENT MZ -15000 PA) ET (MOMENT MZ 15000 PB);
*
CHAR1 = CHA1 ET CHA2 ET CHA3;
*
*+++++*
*          resolution : champs de déplacements *
*          champ de contraintes          *
*+++++*
DEPL1 = RESO RIGI1 CHAR1;
*
* Trace facultatif de la deformee
*
REAC1 = REAC RIGI1 DEPL1;
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELAS13 : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS';
  VECT1 = VECT CHAR1 1.E-4 FX FY FZ ROUGE;
  VECT2 = VECT REAC1 1.E-4 FX FY FZ BLEU;
  DEFO = DEFO SURL DEPL1 0.;
  DEF1 = DEFO SURL DEPL1 20. (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TRAC (0. 0. 1000.) SURL (DEFO ET DEF1);
FINSI;
*
SIGM1 = SIGM MODL1 MATR1 DEPL1;
SIGM2 = CHAN NOEUD MODL1 SIGM1;
SIGM3 = CHAN CHPO MODL1 SIGM2;
*
*+++++*
*          extraction des resultats          *
*+++++*
* Rotation du point A :
RZA1 = EXTR DEPL1 RZ PA;
RZA2 = -3.045E-3;
ERG1 = 100 * (ABS ((RZA2 - RZA1) / RZA2));
*
* Reaction au point A :
VA1 = EXTR REAC1 FY PA;
VA2 = 1.1674E4;
ERG2 = 100 * (ABS ((VA2 - VA1) / VA2));
*
* Fleche au point D :
UYD1 = EXTR DEPL1 UY PD;
UYD2 = -4.23326E-3;
ERG3 = 100 * (ABS ((UYD2 - UYD1) / UYD2));
*
* Moment de flexion au point D :
MD1 = EXTR SIGM3 MOMZ PD;
MD2 = 3.3840E4;
ERG4 = 100 * (ABS ((MD1 - MD2) / MD2));
*
*+++++*
*          affichage des resultats          *
*+++++*
MESS 'RESULTATS : TEST ELAS13';
MESS '-----';
SAUT LIGN;
```

```
*
MESS ' Rotation du point A ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' RZA2 'rad';
MESS '      Valeur calculee  : ' RZA1 'rad';
MESS '      Ecart           : ' ERG1 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Reaction au point A ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' VA2 'N';
MESS '      Valeur calculee  : ' VA1 'N';
MESS '      Ecart           : ' ERG2 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Fleche au point D ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' UYD2 'm';
MESS '      Valeur calculee  : ' UYD1 'm';
MESS '      Ecart           : ' ERG3 '%';
SAUT LIGN;
*
MESS ' Moment de flexion au point D ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' MD2 'N.m';
MESS '      Valeur calculee  : ' MD1 'N.m';
MESS '      Ecart           : ' ERG4 '%';
SAUT LIGN;
*
*+++++*
*                               code fonctionnement                               *
*+++++*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG1 ERG2 ERG3 ERG4);
SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

SAUT 1 LIGN ;
TEMPS;

FIN;
```

5.2.14 orth6.dgibi

Nom du fichier	orth6.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 2D Contraintes Planes
Type d'Éléments Finis	QUA4
Référence	Test NAFEMS SSLS33/90
Description	PLAQUE CARREE ENCASTREE La plaque est encastree en déplacement et rotations sur ligne PB-PC.
Objectif	Déplacements horizontaux et verticaux aux points PA(0,5 0,5), PD(0,5 -0,5) et PE(0 0) $U_x(PA) = 1,1 \cdot 10^{-4} m$ $U_y(PA) = -1,31 \cdot 10^{-4} m$ $U_x(PD) = 9,95 \cdot 10^{-5} m$ $U_y(PD) = -7,17 \cdot 10^{-5} m$ (Précision relative de 1%) $U_x(PE) = 4,77 \cdot 10^{-5} m$ $U_y(PE) = -4,98 \cdot 10^{-5} m$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 25 : Informations sur le cas test orth6.dgibi

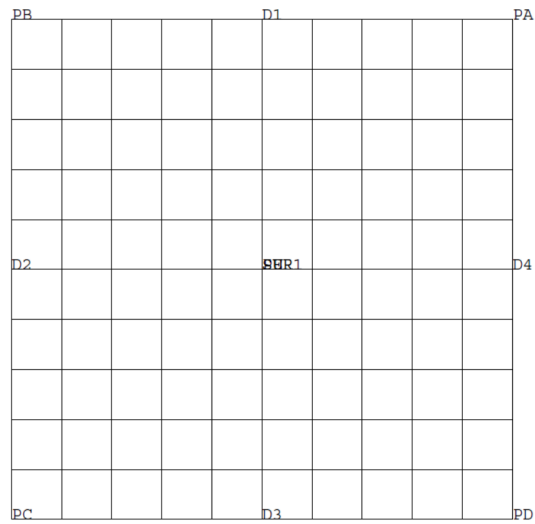


Figure 35 : Maillage du cas-test orth6.dgibi en 2D

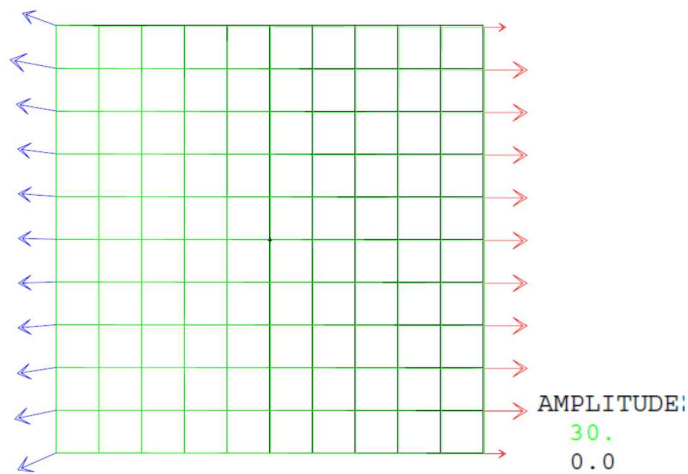


Figure 36 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x30) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

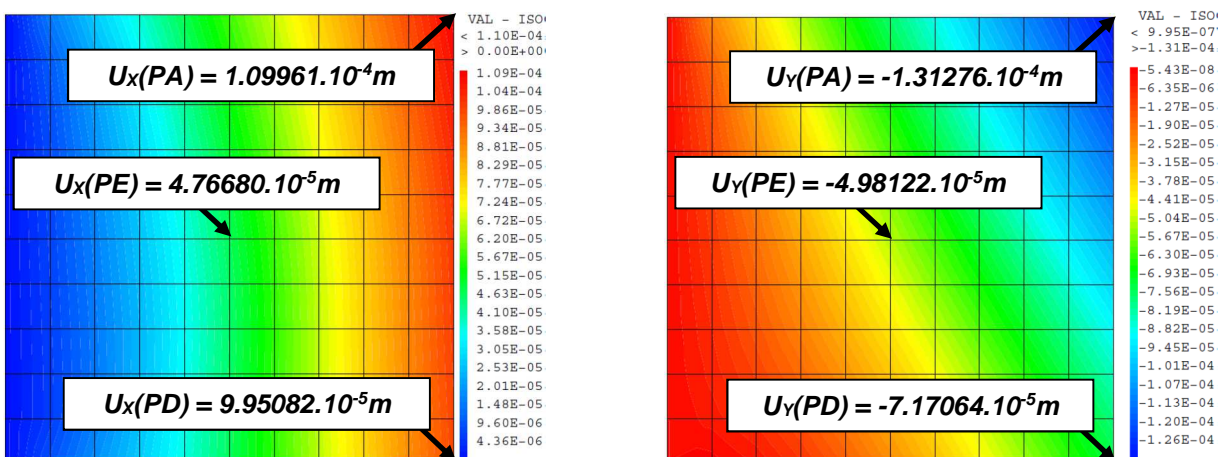


Figure 37 : Champ de déplacement (nodal) U_x (à gauche) et U_y (à droite)

Jeu de données :

```
* fichier : orth6.dgibi
*****
* Section : Mecanique Elastique
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST
SAUT PAGE;

*****
* TEST ORTH6
* PLAQUE CARREE ORTHOTROPE ENCASTREE
*
* Test V.P.C.S. numero SLS33/90
* Groupe : Statique lineaire
* Structure assemblee
*
*****
OPTION ECHO 0;
*
OPTION DIME 2 ELEM QUA4;
OPTION MODE PLAN CONT;
*
GRAPH = 'N';
* GRAPH = 'O';

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

*-----*
* geometrie : maillage
*-----*
*
PA = 0.5 0.5;
PB = -0.5 0.5;
PC = -0.5 -0.5;
PD = 0.5 -0.5;
PE = 0. 0.;
*
D1 = PA DROIT 10 PB;
D2 = PB DROIT 10 PC;
D3 = PC DROIT 10 PD;
D4 = PD DROIT 10 PA;
*
SUR1 = DALLAGE D1 D2 D3 D4 PLAN;
SUR = SUR1 ET PE;
*
ELIM SUR 0.001;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR 'ORTH6 : PLAQUE CARREE ORTHOTROPE';
  TRACE SUR 'QUAL';
FINSI ;
*
NENOSUR = NENO SUR1;
NBELSUR = NBEL SUR1;
*
*-----*
* calcul de la rigidite
*-----*
*
MOD = MODE SUR1 MECANIQUE ELASTIQUE ORTHOTROPE QUA4;
*
DIR1 = (COS 30.) (SIN 30.);
MAT = MATE MOD DIRE DIR1 YG1 2.5737E10 YG2 7.377E9 YG3 7.377E9
NJL2 0.31 NJL3 0.31 NJL23 0.31 GL2 2.319E9;

* verification graphique de l'orientation :
* 2D massif => 2 vecteurs : V1 et V2
v12 = VLOC MOD MAT;
vel2 = VECT v12 MOD (mots 'VLX' 'V1Y' 'V2X' 'V2Y') 0.02
      (mots 'AZUR' 'BRON');

SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR 'ORTH6 : V1(AZUR) V2 (JAUNE)';
  TRACE vel2 SUR ;
FINSI ;

RI = RIGI MOD MAT ;
*
*-----*
* conditions aux limites
*-----*
*
CL = BLOQUE DEPL ROTA D2;
RIG = RI ET CL;
*
*-----*
* chargement
*-----*
*
FTOT = 1.E6;
```

```
NENOD4 = NENO D4;
F5 = FTOT / ((2 * NENOD4) - 2);
F50 = F5 0.;
I = 1;
NBI = NENOD4 - 1;
CHA = FORC (0. 0.) (D4 POIN 1);
REPETER BLOC1 NBI;
  CHA1 = FORC F50 (D4 POIN I);
  CHA2 = FORC F50 (D4 POIN (I+1));
  CHA = CHA ET CHA1 ET CHA2;
  I = I + 1;
FIN BLOC1;
*
*-----*
* resolution : calcul elastique
*-----*
*
* Champs de déplacements
*
DE = RESO RIG CHA;
*
* Contraintes : interpolation aux noeuds du maillage
*
CHAM1 = SIGM MOD MAT DE;
CHAM2 = CHAN NOEUD MOD CHAM1;
CHPO1 = CHAN CHPO MOD CHAM2;
*
* Trace facultatif du champ de déplacement.
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR 'ORTH6 : Deplacements UX';
  TRAC CACH SUR1 (EXCO DE UX);
  TTITR 'ORTH6 : Deplacements UY';
  TRAC CACH SUR1 (EXCO DE UY);
FINSI ;
*
*-----*
* extraction des resultats
*-----*
*
UA = EXTR DE UX PA; UA1 = 1.10E-4;
ERGUA = 100 * (ABS ((UA1 - UA) / UA1));
*
UD = EXTR DE UX PD; UD1 = 9.95E-5;
ERGUD = 100 * (ABS ((UD1 - UD) / UD1));
*
UE = EXTR DE UX PE; UE1 = 4.77E-5;
ERGUE = 100 * (ABS ((UE1 - UE) / UE1));
*
VA = EXTR DE UY PA; VA1 = -1.31E-4;
ERGVA = 100 * (ABS ((VA1 - VA) / VA1));
*
VD = EXTR DE UY PD; VD1 = -7.17E-5;
ERGVD = 100 * (ABS ((VD1 - VD) / VD1));
*
VE = EXTR DE UY PE; VE1 = -4.98E-5;
ERGVE = 100 * (ABS ((VE1 - VE) / VE1));
*
SMXXE = EXTR CHPO1 SMXX PE;
SMXXE = SMXXE / 1.E6;
SMXXE1 = 1.02;
ERGXX = 100 * (ABS ((SMXXE1 - SMXXE) / SMXXE1));
*
SMYYE = EXTR CHPO1 SMYY PE;
SMYYE = SMYYE / 1.E6;
SMXXE = EXTR CHPO1 SMXY PE;
SMXXE = SMXXE / 1.E6;
*
*-----*
* affichage des resultats
*-----*
*
* Trace facultatif de la deformeés
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR ' PLAQUE CARREE ORTHOTROPE : DEFORMEE .';
  AMPVEC = 1E-6;
  VECT1= VECT CHA AMPVEC FX FY ROUGE;
  REA2 = REAC DE RIG;
  VECT2= VECT REA2 1E-6 FX FY BLEU;
  DEFO = DEFO SUR DE 0.;
  DEF1 = DEFO SUR DE 30. (VECT1 ET VECT2) VERT;
  TRAC (DEFO ET DEF1);
FINSI ;
*
SAUT LIGN;
MESS 'Resultats : test orth6.dgibi';
MESS '-----';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' Deplacements';
MESS '-----';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS ' Point A :';
MESS '-----';
```

```

SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique horizontal : ' UAI 'm';
MESS '   Deplacement calcule horizontal  : ' UA 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGUA '%';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique vertical   : ' VAL 'm';
MESS '   Deplacement calcule vertical     : ' VA 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGVA '%';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   Point D :';
MESS '   -----';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique horizontal : ' UD1 'm';
MESS '   Deplacement calcule horizontal  : ' UD 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGUD '%';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique vertical   : ' VDI 'm';
MESS '   Deplacement calcule vertical     : ' VD 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGVD '%';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   Point E :';
MESS '   -----';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique horizontal : ' UEL 'm';
MESS '   Deplacement calcule horizontal  : ' UE 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGUE '%';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Deplacement theorique vertical   : ' VEL 'm';
MESS '   Deplacement calcule vertical     : ' VE 'm';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGVE '%';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS ' Contraintes au point E';
MESS ' -----';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS '   Contrainte theorique horizontale : ' SMXXE1 'MPa';
MESS '   Contrainte calculee horizontale  : ' SMXXE 'MPa';
MESS '           Soit un ecart de       : ' ERGXX '%';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Contrainte calculee verticale     : ' SMYYE 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
MESS '   Contrainte calculee de cisaillement : ' SMXYE 'MPa';
SAUT 1 LIGN;
*
MESS ' Maillage : ';
MESS ' -----';
SAUT LIGN;
MESS '   Nombre de noeuds : ' NNOSUR;
MESS '   Nombre d elements : ' NBELSUR 'QUA4';
SAUT LIGN;
*-----*
*           code fonctionnement           *
*-----*
*
ERGMAX = MAXI ( PROG ERGUA ERGUD ERGUE ERGVA ERGVD ERGVD ERGXX);
*
* Il y a erreur si un des pourcentages ERG* est suprieur 1.%
*
SAUT 2 LIGN;
SI (ERGMAX <EG 1.0);
  ERRE 0 ;
SINO;
  ERRE 5 ;
FINSI;
*
SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;

```


5.2.15 stru1.dgibi

Nom du fichier	stru1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Elastique 3D
Type d'Éléments Finis	COQ4
Référence	Etude d'une plaque raidie J.L. BATOZ, J. CHATELAIN, J.P. JAMEUX Bulletin du club SAP, Volume VIII N 1 STRUCTURE PLANE AVEC RAIDISSEURS
Description	Il s'agit d'une plaque rectangulaire de 2m de long, de 1m de large et 0,06m d'épaisseur, raidie à l'aide de 6 raidisseurs de 0,01 m d'épaisseur. La plaque supérieure (uniquement) repose simplement sur les quatre cotés et est uniformément chargée. Pour des raisons de symétrie on ne maille que le quart de la structure.
Objectif	Déplacement vertical au milieu de la plaque au point PC (0 0 0) et d'autre part le déplacement minimal (négatif). $U_z(PC) = -4,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ (Précision relative de 5%) $\min(U_z) = -1,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 26 : Informations sur le cas test stru1.dgibi

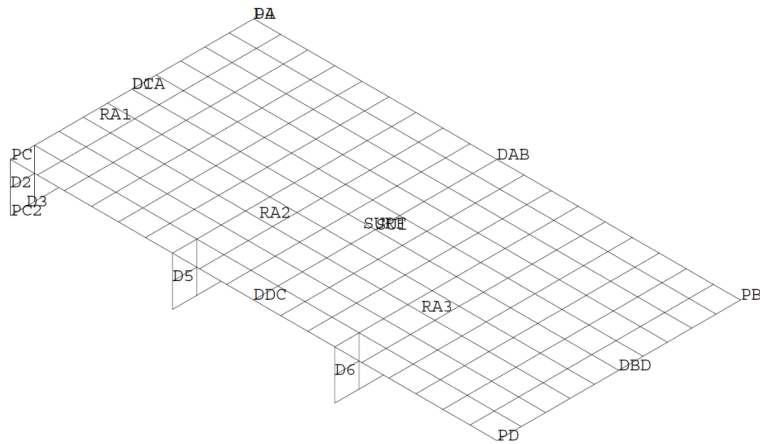


Figure 38 : Maillage du cas-test orth6.dgibi en 2D

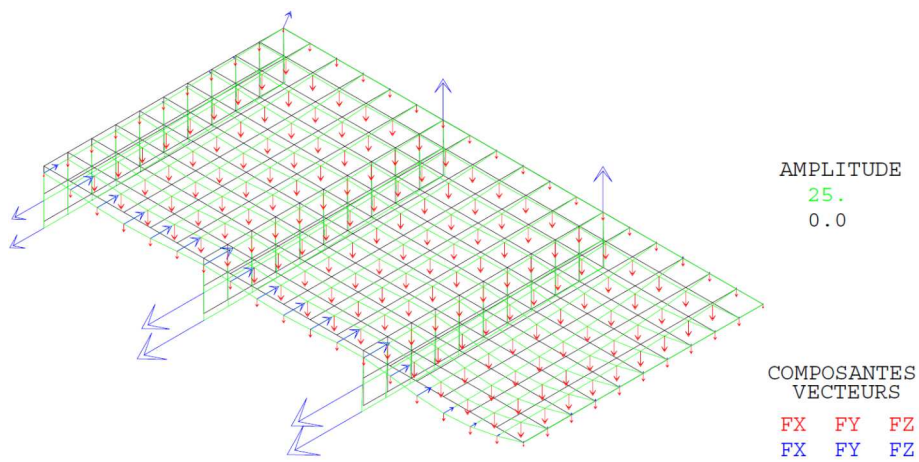


Figure 39 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x25) associé aux efforts dus au chargement (flèches rouges) et aux forces de réaction (flèche bleue)

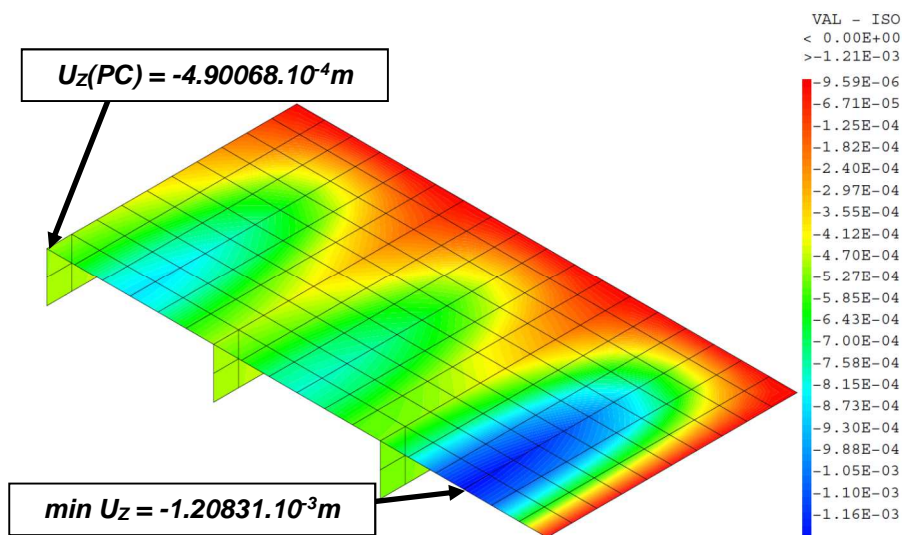


Figure 40 : Champ de déplacement (nodal) U_z

Jeu de données :

```

* fichier : strul.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
* CAS TEST DU 91/06/13      PROVENANCE : TEST
SAUT PAGE;

*****
*
* TEST STRUL
*
* PLAQUE RAIDIE SUR APPUIS SIMPLES, SOUS CHARGE UNIFORMEMENT
* REPARTIE
*
* La plaque rectangulaire de 2 metre de long, de 1 metre de
* large et 0.06 metre d'epaisseur est raidie a l'aide de 6
* raidisseurs de 0.01 metre d'epaisseur.
*
* La plaque superieure (uniquement) repose simplement sur les
* quatre cotes et est uniformement chargee.
*
* Pour des raisons de symetrie on ne maille que le quart de la
* structure.
*
* On se propose de chercher :
* - d'une part le deplacement vertical du milieu de la plaque,
* - d'autre part le deplacement vertical maximal.
*
* Ref. : JL. BATOZ, J. CHATELAIN, JP. JAMEUX
* ETUDE D UNE PLAQUE RAIDIE
*
* BULLETIN DU CLUB S.A.P - VOLUME VIII, N1
*
*****

GRAPH = 'N';

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*
OPTION DIME 3;
OPTION ELEM QUA4;

*
* QUELQUES DONNEES
*
OEIL = 10000 -10000 10000;
*
*****
*
* GEOMETRIE
*
*
* PLAQUE SUPERIEURE
*
PA = 0 .5 0; PB = 1. .5 0; PD = 1. 0 0; PC = 0 0 0;
PF = .6667 0 0; PE = .3333 0 0;
*
DAB = PA DROIT 18 PB; DEB = PB DROIT 10 PD;
DDC = PD DROIT 18 PC; DCA = PC DROIT 10 PA;
SU1 = DALLER DAB DEB DDC DCA PLAN;
*
* RAIDISSEUR CENTRAL
*
PA2 = 0 .5 -.1; PC2 = 0 0 -.1;
D1 = PA DROIT 10 PC;
D3 = PC2 DROIT 10 PA2;
D2 = PC DROIT 2 PC2;
D4 = PA2 DROIT 2 PA;
RA1 = DALL D1 D2 D3 D4 PLAN;
*
* SEGMENTS DE DROITES POUR CONDITIONS DE SYMETRIE
D5 = D2 PLUS (.33333 0. 0.);
D6 = D2 PLUS (.66667 0. 0.);
*
* RAIDISSEURS 2 ET 3
*
RA2 = RA1 PLUS (.33333 0 0) ;
RA3 = RA1 PLUS (.66667 0 0) ;
*
SURF = SU1 ET RA1 ET RA2 ET RA3;
*
ELIM SURF .0001;
ELIM (SURF ET D1 ET D2 ET D3 ET D4 ET D5 ET D6) .001;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTTR ' TEST STRUL : MAILLAGE';
  TRAC CACH OEIL QUAL SURF;
FINSI;

```

```

*
*+++++*
*      MODELE
*+++++*
*
MODL1 = MODE RA1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ4;
MODL2 = MODE RA2 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ4;
MODL3 = MODE RA3 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ4;
MODL4 = MODE SU1 MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE COQ4;
MODL5 = MODL1 ET MODL2 ET MODL3 ET MODL4;
*
*+++++*
*      MATERIAUX - CARACTERISTIQUES
*+++++*
*
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 2.E11 NU 0.3 EPAI 0.005 EXCEN 0.0025;
MATR2 = MATE MODL2 YOUN 2.E11 NU 0.3 EPAI 0.01 EXCEN 0.0;
MATR3 = MATE MODL3 YOUN 2.E11 NU 0.3 EPAI 0.01 EXCEN 0.0;
MATR4 = MATE MODL4 YOUN 2.E11 NU 0.3 EPAI 0.006 EXCEN 0.0;
MATR5 = MATR1 ET MATR2 ET MATR3 ET MATR4;
*
*+++++*
*      CONDITIONS AUX LIMITES
*+++++*
*
CL1 = BLOQUE DAB UZ;
CL2 = BLOQUE DAB RY;
CL3 = BLOQUE DEB UZ;
CL4 = BLOQUE DEB RX;
CL5 = SYMT DEPL ROTA (0 0 0) (0 1 0) (0 0 1) SURF 0.0001;
CL6 = SYMT DEPL ROTA (0 0 0) (1 0 0) (0 0 1) SURF 0.0001;
CL = CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5 ET CL6;
*
*+++++*
*      CHARGEMENT
*+++++*
*
MOP = 'MODE' SU1 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ4' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' 5E4 'EPAI' 0.006 ;
CHARG = 'PRES' MOP MAP ;
*
*+++++*
*      RESOLUTION - CALCUL ELASTIQUE
*+++++*
*
RIG = RIGI MODL5 MATR5;
RIG = RIG ET CL;
*
DEP = RESO RIG CHARG;
*
*+++++*
*      RESULTATS
*+++++*
*
NOSURF = NENO SURF ;
ELSURF = NEBEL SURF ;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  AMPL1 = 1.E-5;
  REAL = REAC DEP RIG;
  VE = VECT REAL AMPL1 FX FY FZ BLEU ;
  VF = VECT CHARG (AMPL1 * 20) FX FY FZ ROUGE;
  VV = VE ET VF;
  DEFO = DEFO SURF DEP 0.;
  DEF1 = DEFO SURF DEP 25. VV VERT;
  TTTR ' STRUL : DEFORMEE, CHARGEMENT, REACTIONS' ;
  TRACE OEIL (DEFO ET DEF1);

  TTTR 'STRUL : Deplacements UZ';
  TRAC CACH SURF (EXCO DEP UZ);

  DEF1 = DEFO SURF DEP 25. ROUGE;
  OEIL = 0.25 -1.E6 0.;
  TTTR ' STRUL : DEFORMEE';
  TRACE OEIL (DEFO ET DEF1);
FINSI;
*
UZC = EXTR DEP UZ PC ;
UZC1 = -0.475E-3;
ERG1 = ABS ((UZC - UZC1) / UZC1) * 100 ;
*
DZ = EXCO DEP UZ;
ZMIN = MAXI (ABS (DZ)); ZMIN = -1. * ZMIN;
ZMIN1 = -0.126E-2;
ERG2 = ABS ((ZMIN - ZMIN1) / ZMIN1) * 100 ;
*
SAUT PAGE ;
SAUT 2 LIGN;
*
MESS ' RESULTATS ' ;
MESS ' ----- ' ;
*
SAUT 2 LIGN ;
MESS ' DEPLACEMENT THEORIQUE AU POINT PC : ' UZC1 'METRES';
MESS ' DEPLACEMENT CALCULE AU POINT PC : ' UZC 'METRES';

```

```
MESS '      SOIT UN ECART DE          : ' ERG1 '%' ;
*
SAUT 2 LIGN ;
MESS ' DEPLACEMENT THEORIQUE MAXIMUM (ABS) : ' ZMIN1 'METRES';
MESS ' DEPLACEMENT CALCULE MAXIMUM (ABS)   : ' ZMIN 'METRES';
MESS '      SOIT UN ECART DE          : ' ERG2 '%' ;
*
*SAUT 1 LIGNE;
*MESS ' ABSICE DU POINT OU SE TROUVE LE MAXIMUM : ' ;
*MESS '      - ABSICE THEORIQUE : ' XXI 'METRES';
*MESS '      - ABSICE CALCULEE  : ' XX  'METRES';
*MESS '      SOIT UN ECART DE      : ' ERG3 '%' ;
*
SAUT 1 LIGNE;
MESS ' Nombre de noeuds : ' NOSURF ;
MESS ' Nombre d elements : ' ELSURF ;
MESS ' Soit ' (NOSURF * 6) 'd.d.l.';
SAUT 1 LIGNE;
*
*+++++*
*          CODE FONCTIONNEMENT          *
*+++++*
*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG1 ERG2);
*
* Il y a erreur si un des pourcentages ERG* est suprieur 5%
*
SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0 ;
SINO;
  ERRE 5 ;
FINSI;
*
SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;
```

5.3 FLAMBAGE

5.3.1 flam1.dgibi

Nom du fichier	flam1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Flambement 2D Contraintes Planes
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Solution analytique
Description	VOILE EN FLAMBAGE La structure est un voile encastré au point P1 (50 0) sur lequel est appliquée une force parallèlement à sa fibre neutre initialement au point P2 (50 10) et dirigée vers le bas
Objectif	Multiplicateur du chargement pour obtenir le premier mode de flambage $M_c = 41,123$ (Précision relative de $1.10^{-3}\%$)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 27 : Informations sur le cas test flam1.dgibi

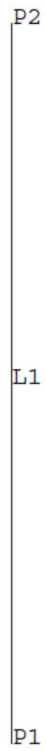


Figure 41 : Maillage du cas-test flam1.dgibi en 2D

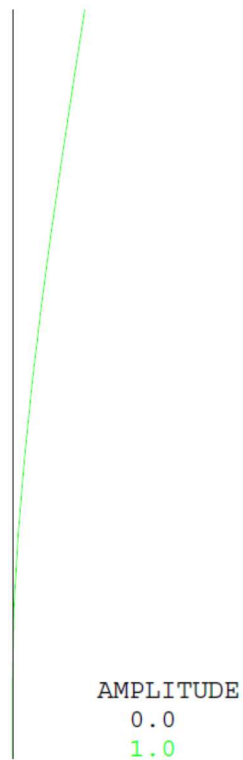


Figure 42 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x1)

Jeu de données :

```

* fichier : flaml.dgibi
*****
* Section : Mecanique Flambage
*****
*          Test Flaml.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
* TEST FLAML
*
*          FLAMBAGE EULERIEN D'UNE POUTRE
*          ENCASTREE A UNE EXTREMITE
*
* Dans cet exemple on se propose d'étudier le flambage
* d'une poutre encastrée à une de ses extrémités et
* soumise à une force parallèle à la poutre et
* appliquée à l'extrémité libre de la poutre.
*
* Le flambage est visualisé en fin de calcul et le
* multiplicateur de chargement calculé est comparé à
* celui obtenu par la théorie (41.123).
*****

GRAPH = 'N';

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

TITRE ' FLAMBAGE D UNE POUTRE ENCASTREE ' ;
OPTI DIME 2 ELEM SEG2 MODE PLAN CONT ;
OPTI EPSI LINEAIRE;

TEMPS ;
*
*----- DEFINITION DU MAILLAGE -----
*
DENSITE 1. ;
P1 = 50. 0. ;
P2 = 50. 10. ;
L1 = P1 D P2 ;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' L1 ;
FINSI;
*
*----- CREATION DU MODELE ET DE MMODEL -----
*
MOD1 = MODE L1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ2;
*
* ----- DEFINITION DES CARACTERISTIQUES -----
* ----- MATERIELLES ET GEOMETRIQUES -----
*
MAT1 = MATE MOD1 YOUN 20000. NU 0.3 ;
CAR1 = CARA MOD1 EPAI 1. ;
MAT1=MAT1 ET CAR1;
*
*----- CALCUL DES RIGIDITES ELEMENTAIRES -----
*----- ET DEFINITIONS DES BLOCAGES -----
*
RIG1 = RIGI MOD1 MAT1 ;
BL1 = BLOQUE DEPL ROTA P1 ;
RIG11 = RIG1 ET BL1;
*
*----- DEFINITION DU CHARGEMENT -----
*
FEL = FORC ( 0 -1. ) P2 ;
*
*----- RESOLUTION ET CALCUL DES CONTRAINTES -----
*
DEP1 = RESO RIG11 FEL ;
SIG1 = SIGM 'LINE' MOD1 MAT1 DEP1 ;
*
*--- CALCUL DE LA MATRICE DES CONTRAINTES INITIALES ---
*
KSII = KSIGMA MOD1 SIG1 CAR1 'FLAM' ;
*
*----- INITIALISATION DE LA TABLE -----
*----- EN ENTREE DE LA PROCEDURE FLAMBAGE -----
*
ETAB = TABLE ;
ETAB.'CLIM' = BL1 ;
ETAB.'SIG1' = SIG1;
ETAB.'MATE' = MAT1;
ETAB.'LAML' = 0.001 ;
ETAB.'LAM2' = 100. ;

```

```

ETAB.'NMOD' = 1 ;
ETAB.'OBJM' = MOD1;
*
*----- APPEL A LA PROCEDURE DE FLAMBAGE -----
*
SAUT PAGE ;
STAB = FLAMBAGE ETAB ;
*
*----- RECUPERATION DES RESULTATS -----
*
LAI = STAB . 1 . LAMB ;
SAUT PAGE ;
*
*----- DESSIN DU MODE DE FLAMBAGE -----
*
MM1 = STAB . 1 . DEPL ;
DE = DEFO MM1 L1 1. VERT ;
DA = DEFO MM1 L1 0. NOIR ;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC ( DE ET DA ) ;
FINSI;

LREF = 41.123;
ERR=100*(ABS(LREF - LA1)/LREF);
*
MESS ' ' ;
MESS ' ' ;
MESS ' MULTIPLICATEUR DU CHARGEMENT ' ;
MESS ' ' ;
MESS ' SOLUTION ANALYTIQUE : ' LREF;
MESS ' SOLUTION CALCULEE : ' LA1 ;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' ERR '%';

TEMPS ;

*----- CODE DE BON FONCTIONNEMENT -----
SI (ERR < 1e-3);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;

```

5.3.2 four1.dgibi

Nom du fichier	four1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Flambement Fourier 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	COQ2
Référence	Solution analytique
Description	<p>CYLINDRE INFINI SOUMIS A UNE PRESSION EXTERNE</p> <p>La structure est un cylindre infini soumis à une pression externe unitaire.</p> <p>Une analyse de flambage permet de déterminer la charge critique associée au deuxième mode de Fourier (Pincement) de la structure ($u = u^{\circ} \cos(2 \cdot \text{Teta})$)</p> <p>Le calcul est fait deux fois en tenant compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des précontraintes dues à la pression externe • des précontraintes dues à la pression externe et des forces suiveuses (Evolution des efforts de pression avec le déplacement de la structure)
Objectif	<p>Multiplicateur du chargement pour les deux calculs de charge critique</p> $\begin{cases} M_{c1} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-5} & (\text{Précision relative de } 2 \cdot 10^{-5}\%) \\ M_{c2} = 5 \cdot 10^{-5} \end{cases}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 28 : Informations sur le cas test four1.dgibi

PB

4

3

CYL

2

1

PA

Figure 43 : Maillage éclaté du cas-test four1.dgibi en 2D-axisymétrique

Jeu de données :

```

* fichier : four1.dgibi
*****
* Section : Mecanique Fourier
*****
*          Test Four1.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test four1.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST FOUR1
*
* CYLINDRE INFINI SOUS PRESSION EXTERNE(NU=0)
*
* Soit un cylindre infini soumis à une pression externe
*
* Une analyse de flambage permet de déterminer la charge critique
* associée au deuxième mode de Fourier de la structure :
* (u = u0*cos(2*Teta) )
*
* Le calcul est fait deux fois
* 1- Avec les précontraintes dues à la pression externe
* 2- Avec en plus la prise en compte des forces suivieuses (Evolution
* des efforts de pression avec le déplacement de la structure)
*
*****
TITRE 'CYLINDRE INFINI SOUS PRESSION EXTERNE';
OPTI DIME 2 ELEM SEG2 MODE FOUR 0;
OPTI EPSI LINEAIRE;

TEMPS ;

*
*----- CONSTRUCTION DE LA GEOMETRIE -----
*
PA=1000. 0.;PB=1000. 100.;PO1=0. 0.;PO2=0. 100.;
CYL = PA D 4 PB;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' ECLA ELEM CYL;
FINSI;
*
MOD1 = MODE CYL MECANIQUE ELASTIQUE COQ2;
*
*--- DECLARATION DE FOURIER NOHARM POUR LES OBJETS ---
*----- QUI SERONT UTILISES POUR PLUSIEURS -----
*----- NUMEROS D'HARMONIQUE -----
*
OPTI MODE FOUR NOHARM;
*
*----- CONDITIONS AUX LIMITES SYMETRIQUES -----
*
SYMB = SYMT CYL DEPL ROTA PA PO1 0.5;
SYMH = SYMT CYL DEPL ROTA PB PO2 0.5;
CDL = SYMB ET SYMH;
*
*----- MATERIAU ET CARACTERISTIQUES -----
*
MAT = MATE MOD1 YOUN 20000. NU 0.;
CAR = CARA MOD1 EPAI 1.;
MAT = MAT ET CAR ;
*
*----- DECLARATION DE FOURIER MODE 0 -----
*----- POUR LE CALCUL DES CONTRAINTES -----
*
OPTI MODE FOUR 0;
MOP = 'MODE' CYL 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'COQ2' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' 1. ;
MOD1 = MOD1 ET MOP ; MAT = MAT ET MAP ;
FP = 'PRES' MOP MAP ;
*
RIG = RIGI MOD1 MAT;

RIGADD = RIGI UT 1.E-4 PA ;

```

```

AAA = RIG ET CDL ET RIGADD ;
U = RESO AAA FP ;
SIG=SIGMA U MOD1 MAT;
*
*----- DECLARATION DE FOURIER MODE 2 -----
*----- POUR L'ANALYSE DE FLAMBAGE -----
*
OPTI MODE FOUR 2;

PP = MANU CHPO CYL 1 P 1. ;
*
MKSI= KSIGMA MOD1 MAT (SIG * -1.) FLAM;
RIG = RIGI MOD1 MAT ;
*
*----- RECHERCHE DE LA 1ERE FREQUENCE PROPRE -----
*
MODF = VIBR PROC (PROG 0.) (RIG ET CDL) MKSI;
LAMBDA1=((TIRE MODF FREQ RANG 1) * PI * 2) ** 2;
ERR1 = 100*(ABS((2E-5/3) - LAMBDA1)/(2E-5/3));

MKP = KP PP MOP FLAM ;
MODF = VIBR PROC (PROG 0.) (RIG ET CDL) (MKSI ET MKP);
LAMBDA2= ((TIRE MODF FREQ RANG 1) * 2 * PI) ** 2;
ERR2 = 100*(ABS(5E-6 - LAMBDA2)/5E-6 );

SAUT PAGE ;
SAUT 5 LIGN ;
MESS 'K(SIG) SEUL : ON DOIT TROUVER LAMBDA= 6.66E-6' ;
MESS ' LE CALCUL DONNE LAMBDA=' LAMBDA1 ;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' ERR1 '%' ;
SAUT 2 LIGN ;

MESS 'K(SIG)+K(P) : ON DOIT TROUVER LAMBDA= 5E-6' ;
MESS ' LE CALCUL DONNE LAMBDA=' LAMBDA2 ;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' ERR2 '%' ;
SAUT 2 LIGN ;

TEMPS ;
*----- CODE DE FONCTIONNEMENT -----

ERRMAX=MAXI (PROG ERR1 ERR2);

SI (ERRMAX < 2e-5 ) ;
  ERRE 0;
SINON ;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;

```

5.3.3 four2.dgibi

Nom du fichier	four2.dgibi
Type de calcul	Mécanique Flambement Fourier 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Solution analytique
Description	CYLINDRE INFINI SOUMIS A UNE PRESSION EXTERNE La structure est un cylindre infini soumis à une pression externe unitaire. Une analyse de flambage permet de déterminer la charge critique associée au 10 premiers modes de Fourier de la structure ($u = u^{\circ} \cdot \cos(n \cdot \text{Teta})$)
Objectif	Multiplicateur du chargement pour les deux calculs de charge critique $\left\{ \begin{array}{l} M_{C2} = \frac{4}{6} \cdot 10^{-5} \\ M_{C3} = \frac{9}{6} \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} M_{C4} = \frac{16}{6} \cdot 10^{-5} \\ M_{C5} = \frac{25}{6} \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} M_{C6} = \frac{36}{6} \cdot 10^{-5} \\ M_{C7} = \frac{49}{6} \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} M_{C8} = \frac{64}{6} \cdot 10^{-5} \\ M_{C9} = \frac{81}{6} \cdot 10^{-5} \end{array} \right\} \left\{ M_{C10} = \frac{100}{6} \cdot 10^{-5} \right.$ (Précision relative de 1%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 29 : Informations sur le cas test four2.dgibi

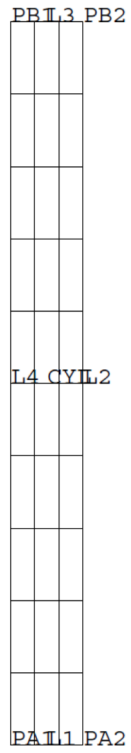


Figure 44 : Maillage éclaté du cas-test four2.dgibi en 2D-axisymétrique

Jeu de données :

```

* fichier : four2.dgibi
*****
* Section : Mecanique Fourier
*****
*          Test Four2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****
*          Test four2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST FOUR2
*
* CYLINDRE INFINI SOUS PRESSION EXTERNE(NU=0)
*
* Soit un cylindre infini soumis a une pression externe.
*
* Une analyse de flambage permet de determiner la charge critique
* associée aux 10 premiers modes de Fourier de la structure :
* (u = u*cos(2*Teta) )
* (u = u*cos(3*Teta) )
* (u = u*cos(4*Teta) )
* (u = u*cos(5*Teta) )
* ...
* Les éléments utilisés sont des éléments massifs.
*
* Comparaison a une solution analytique
*****
TTIRE 'CYLINDRE INFINI SOUS PRESSION EXTERNE';
OPTI DIME 2 ELEM qua8 MODE FOUR 0;
OPTI EPSI LINEAIRE;
*
*----- CONSTRUCTION DE LA GEOMETRIE -----*
*
PA1=999.5 0.;PB1=999.5 10.;PO1=0. 0.;PO2=0. 10.;
PA2=1000.5 0.;PB2=1000.5 10.;
L1 = PA1 DROI 5 PA2;
L2 = PA2 DROI 19 PB2;
L3 = PB2 DROI 5 PB1;
L4 = PB1 DROI 19 PA1;

CYL = DALLER L1 L2 L3 L4 PLAN;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC 'QUAL' CYL;
FINSI;

MOD1=MODE CYL MECANIQUE ELASTIQUE qua8;

*
*--- DECLARATION DE FOURIER NOHARM POUR LES OBJETS QUI SERONT UTILISES ---
*----- POUR PLUSIEURS NUMEROS D'HARMONIQUE -----*
*
OPTI MODE FOUR NOHARM;
*
*
*----- CONDITIONS AUX LIMITES SYMETRIQUES -----*
*
SYMB=SYMT CYL DEPL PA1 PO1 0.05;
SYMH=SYMT CYL DEPL PB1 PO2 0.05;
CDL=SYMB ET SYMH;
*
*----- MATERIAU ET CARACTERISTIQUES -----*
*
MAT =MATE MOD1 YOUN 20000. NU 0.;
*
*----- DECLARATION DE FOURIER MODE 0 POUR LE CALCUL DES CONTRAINIES ----*
*
OPTI MODE FOUR 0;

FP=PRES MASS MOD1 1. L2 ;
RIG=RIGI MOD1 MAT;
*
*
AAA = RIG ET CDL et (bloq PA1 UT);
U = RESO AAA FP ;
SIG = SIGMA U MOD1 MAT;

```

```

I = 1;
ERRMAX = 0.;
REPE BOUCL 9;
  I = I + 1;
*
*----- DECLARATION DE FOURIER MODE I POUR L'ANALYSE DE FLAMBAGE -----*
*
OPTI MODE FOUR I;
MKSI = KSIGMA MOD1 MAT (SIG * -1.) FLAM;
RIG = RIGI MOD1 MAT ;
*
*----- RECHERCHE DE LA 1ERE FREQUENCE PROPRE -----*
*
MODF=VIBR PROC (PROG 0.01) (RIG ET CDL) MKSI;
LAMBDA1=((TIRE MODF FREQ RANG 1) * 6.28) ** 2;
LDUM = (20000./(1. - 0.))*(1./1000.）**3)/12.;
LTH1 = LDUM*I*I;
ERR1 = (LTH1 - LAMBDA1)/LTH1*100;

SAUT 1 LIGN ;
MESS 'Mode : ' I;
SAUT 1 LIGN ;
MESS ' K(SIG) SEUL : ON DOIT TROUVER LAMBDA=' LTH1;
MESS ' LE CALCUL DONNE LAMBDA=' LAMBDA1;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' ERR1 '%';
SAUT 1 LIGN ;

ERRMAX = MAXI ABS (PROG ERRMAX ERR1);
FIN BOUCL;

mess ' errmax vaut ' errmax '%';
SI (ERRMAX < 1.1D0 ) ;
  ERRE 0;
SINON ;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;

```

5.4 PLASTICITÉ

5.4.1 plas1.dgibi

Nom du fichier	plas1.dgibi
Type de calcul	Mécanique Plastique 2D Contraintes Planes
Type d'Éléments Finis	QUA4
Référence	Solution Analytique
Description	<p>STRUCTURE PLANE AVEC RAIDISSEURS</p> <p>Une plaque rectangulaire est soumise à une flexion pure. La flexion est imposée par le déplacement des extrémités de la plaque en fonction du temps. Le point A est déplacé selon UX de 1.10^{-3}m et le point B selon UX de -1.10^{-3}m.</p> <p>Au premier pas de temps ($t=0,02875$) la structure se trouve dans le domaine élastique et au deuxième pas de temps ($t=0,05$) dans le domaine plastique.</p>
Objectif	<p>Moments fléchissants calculés à partir des forces de réaction aux 2 pas de temps :</p> $M_{z1} = 805 \text{ kNm}$ $M_{z2} = 1074 \text{ kNm}$ <p>(Précision relative de 1,5%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 30 : Informations sur le cas test plas1.dgibi

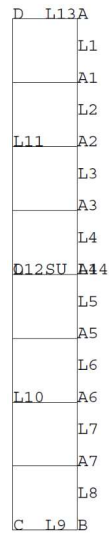


Figure 45 : Maillage du cas-test plas1.dgibi en 2D

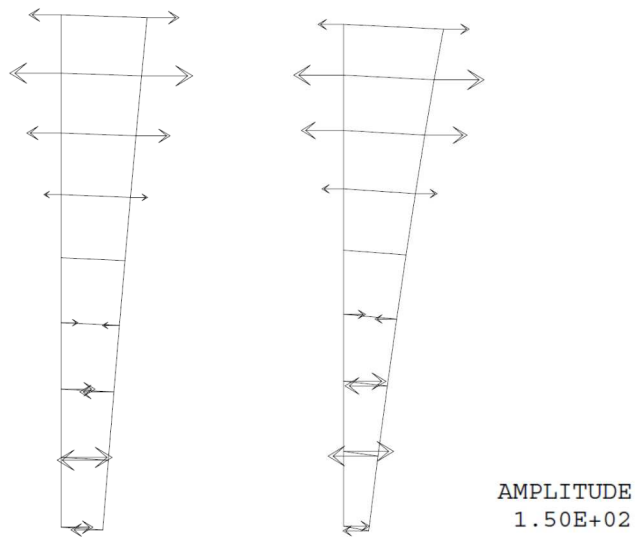


Figure 46 : Tracé du maillage déformé ($\times 105$) au pas de temps 1 ($t=0,02875$ à gauche) et au pas de temps 2 ($t=0,05$ à droite). Les forces de réaction (flèche noires) sont également représentées

Jeu de données :

```

* fichier : plas1.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
*          Test Plas1.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
* CAS TEST DU 91/10/24   PROVENANCE : MILL
* CAS TEST DU 91/10/15   PROVENANCE : STRU
*****
*          Test plas1.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;
* GRAPH = 'O' ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST PLAS1
*
* Sortie du domaine élastique et phase plastique
* (comportement élasto-plastique parfait)
*
* Une plaque rectangulaire est soumise à une flexion
* pure. La flexion est imposée par le déplacement des
* extrémités de la plaque (voir schéma ci-dessous) en
* fonction du temps.
*
* Au premier pas de temps (0.02875) on se trouve dans
* le domaine élastique et au deuxième pas de temps
* (0.05) on se trouve dans le domaine plastique. Au
* deux pas de temps, les moments fléchissants calculés
* à partir des forces de réaction sont comparés avec
* les résultats théoriques.
*****
*
*      D .----- A  ----> D1
*      |
*      |----- A1
*      |
*      |----- A2
*      |
*      |----- A3
*      |
*      O .----- A4
*      |
*      |----- A5
*      |
*      |----- A6
*      |
*      |----- A7
*      |
*      C .----- B  <---- D2
*
*-----
* LES POINTS A1 A A7 SERVIRONT A FAIRE VARIER LE
* DEPLACEMENT IMPOSE LINEAIREMENT DE A (D1) A B (D2)
*-----
*****
TITRE 'PLAQUE RECTANGULAIRE EN FLEXION PURE' ;
OPTION ECHO 1 ;
OPTION DIME 2 ELEM QUA4 MODE PLAN CONT ;
TEMPS ;
*
*----- Définition de la geometrie -----
*
O = 0 0 ;
A = 12.5E-3 50E-3 ;
B = 12.5E-3 -50E-3 ;
C = 0 -50E-3 ;
D = 0 50E-3 ;
*
A1 = 12.5E-3 37.5E-3 ;
A2 = 12.5E-3 25E-3 ;
A3 = 12.5E-3 12.5E-3 ;
A4 = 12.5E-3 0 ;
A5 = 12.5E-3 -12.5E-3 ;
A6 = 12.5E-3 -25E-3 ;

```

```

A7 = 12.5E-3 -37.5E-3 ;
*
L1 = A DROIT 1 A1 ;
L2 = A1 DROIT 1 A2 ;
L3 = A2 DROIT 1 A3 ;
L4 = A3 DROIT 1 A4 ;
L5 = A4 DROIT 1 A5 ;
L6 = A5 DROIT 1 A6 ;
L7 = A6 DROIT 1 A7 ;
L8 = A7 DROIT 1 B ;

L14 = L1 ET L2 ET L3 ET L4 ET L5 ET L6 ET L7 ET L8 ;

L9 = B DROIT 1 C ;
L10 = C DROIT 4 O ;
L11 = O DROIT 4 D ;
L12 = L10 ET L11 ;
L13 = D DROIT 1 A ;
*
SU = L14 L9 L12 L13 DALL PLAN ;
ELIM 0.01 SU ;
SI(NEG GRAPH 'N');
TRACE 'QUAL' SU ;
FINSI;

*----- Définition des conditions aux limites -----
*----- et des déplacements imposés -----
*
CL1 = BLOQ L12 UX ;
CL1B = BLOQ O UY ;
CL2 = BLOQ A UX ;
CL3 = BLOQ B UX ;
CL = CL1 ET CL1B ET CL2 ET CL3 ;
*
D1 = DEPI CL2 1E-3 ;
D2 = DEPI CL3 -1E-3 ;
DEP = D1 ET D2 ;

*-----
* Exemple : EN A1 , D = 7/8 D1 + 1/8 D2
*-----
*
*----- Les déplacements en chaque noeud -----
*----- est une relation linéaire des -----
*----- déplacements des extrémités -----
*----- Création de la rigidité correspondante -----
*
R1 = RELA 8 UX A1 - 7 UX A - 1 UX B ;
R2 = RELA 8 UX A2 - 6 UX A - 2 UX B ;
R3 = RELA 8 UX A3 - 5 UX A - 3 UX B ;
R4 = RELA 8 UX A4 - 4 UX A - 4 UX B ;
R5 = RELA 8 UX A5 - 3 UX A - 5 UX B ;
R6 = RELA 8 UX A6 - 2 UX A - 6 UX B ;
R7 = RELA 8 UX A7 - 1 UX A - 7 UX B ;
R = R1 ET R2 ET R3 ET R4 ET R5 ET R6 ET R7 ;
*
*----- Utilisation de la procédure PASAPAS -----
*-- Les objets utilisés par la procédure PASAPAS sont -
*----- définis dans les lignes qui suivent -----
*
MO= MODE SU MECANIQUE ELASTIQUE PLASTIQUE PARFAIT QUA4;
*
*----- Définition du matériau et de la rigidité -----
*----- SIGY est la limite élastique -----
*
MAT1 = MATE MO YOUN 2.1E11 SIGY 483E6 NU 0.3 ;
RI1 = RIGI MO MAT1 ;
RIG1 = RI1 ET CL ET R ;
*
*----- Création d'une relation linéaire entre -----
*----- le déplacement et le temps -----
*
LI1 = PROG 0. 1. ;
LI2 = PROG 0. 1. ;
EV = EVOL MANU T LI1 F(T) LI2 ;
*
* Remarque : au temps T, le déplacement vaut F(T)*D .
*-----
*
CHA1 = CHAR 'DIMP' DEP EV ;
*
*----- Création de la liste des pas de calcul -----
*----- 0.02875 est le dernier incrément élastique -----
*-- 0.05 est un incrément plastique (calcul analytique)
*
LIS1 = PROG 0.02875 0.05 ;
*
*----- Calcul par la procédure PASAPAS -----
*
TAB1 = TABLE 'PASAPAS' ;
TAB1.'BLOCAGES_MECANIQUE' = CL 'ET' R ;
TAB1.'MODELE' = MO;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHA1;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT1;

```



```

TABL.'TEMPS_CALCULES' = LISI;

PASAPAS TABL ;

*... Test de la procedure EXPLORER ...

* ..en interactif
SI (NEG GRAPH 'N');
  EXPLORER TABL;
FINSI;

* ..en ps
opti trac PSC;
* par default -> contrainte sur maillage deformee d'amplification auto
EXPLORER TABL;
* reaction puis contrainte sur maillage deformee d'amplification x200
toto = tabl;
toto . 'AMPL' = 200.;
EXPLORER TABL (mots 'DEPL' 'REAC' 'VAR') toto;
EXPLORER TABL (mots 'DEPL' 'CONT' 'VAR') toto;
* evolution avec le temps de UX en A
toto . 'EVOL' = tabl;
toto . 'EVOL' . 'TYPE' = mot 'TEMP';
toto . 'EVOL' . 'COMP' = mot 'UX';
toto . 'EVOL' . 'POIN' = A;
EXPLORER TABL (mots 'DEPL' 'EVOL') toto;
* evolution avec le temps de FY en 0
toto . 'EVOL' . 'COMP' = mot 'FY';
toto . 'EVOL' . 'POIN' = 0;
EXPLORER TABL (mots 'REAC' 'EVOL') toto;
* evolution avec le temps de SMXX (zone 1, elem 1, ptg 1)
toto . 'EVOL' . 'COMP' = mot 'SMXX';
EXPLORER TABL (mots 'CONT' 'EVOL') toto;
* evolution spatiale de FX le long de L14 (ligne A vers B)
toto . 'EVOL' . 'TYPE' = mot 'ESPA';
toto . 'EVOL' . 'COMP' = mot 'FX';
toto . 'EVOL' . 'LIGN' = L14;
EXPLORER TABL (mots 'REAC' 'EVOL') toto;

*
*----- calcul et impression des résultats -----
*
REAL = REAC RIG1 (TABL.DEPLACEMENTS.1) ;
REA2 = REAC RIG1 (TABL.DEPLACEMENTS.2) ;

R11 = EXTR REAL FX A ;
R21 = EXTR REA2 FX A ;
R12 = EXTR REAL FX A1 ;
R22 = EXTR REA2 FX A1 ;
R13 = EXTR REAL FX A2 ;
R23 = EXTR REA2 FX A2 ;
R14 = EXTR REAL FX A3 ;
R24 = EXTR REA2 FX A3 ;
*
* Pour obtenir les moments fléchissants, les réactions
* - obtenues sont multipliées par leur bras de levier -
*
M1 = (2.E-3)*((0.050*R11)+(0.0375*R12)+(0.025*R13)
+(0.0125*R14)) ;
M2 = (2.E-3)*((0.050*R21)+(0.0375*R22)+(0.025*R23)
+(0.0125*R24)) ;

MR1=805. ;
MR2=1074. ;

RESI1=100. * (ABS((M1-MR1)/MR1));
RESI2=100. * (ABS((M2-MR2)/MR2));

SAUT PAGE ; SAUT 2 LIGN ;

SAUT 1 LIGN ;
MESS 'INCREMENT ELASTIQUE Theorique : M1= 805 KN ' ;
MESS 'INCREMENT ELASTIQUE Calcule : M1= 'M1 'KN' ;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' RESI1 '%' ;
SAUT 1 LIGN ;
MESS 'INCREMENT PLASTIQUE Theorique : M2= 1074 KN ' ;
MESS 'INCREMENT PLASTIQUE Calcule : M2= 'M2 'KN' ;
MESS ' SOIT UN ECART DE : ' RESI2 '%' ;
*
TEMPS ;
* CODE FONCTIONNEMENT
SI((RESI1 <EG 1.5) ET (RESI2 <EG 1.5));
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN ;

```

5.4.2 plas2.dgibi

Nom du fichier	plas2.dgibi
Type de calcul	Mécanique Plastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA4
Référence	Solution Analytique
Description	<p>SPHERE CREUSE SOUMISE A UNE PRESSION INTERNE</p> <p>La structure est une sphère creuse de 1mm de rayon intérieur et 2mm de rayon extérieur. Elle est soumise à une pression interne variable</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100MPa à $t_1=0s$ • 358,9MPa à $t_2=1000s$ <p>Cette évolution de la pression entraîne un comportement plastique jusqu'en $r=1,5mm$.</p>
Objectif	<p>Déplacement radial sur la peau interne de la sphère aux deux instants</p> $\begin{cases} U_r(t_0) = 0,4\mu m \\ U_r(t_1) = 2,83\mu m \end{cases} \text{ (Précision relative de 3,5\%)} $
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 31 : Informations sur le cas test plas2.dgibi

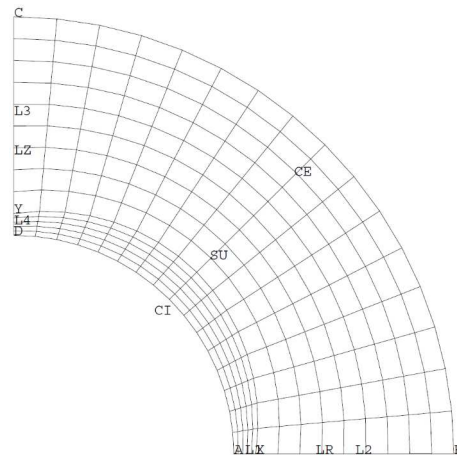


Figure 47 : Maillage du cas-test plas2.dgibi en 2D-axisymétrique

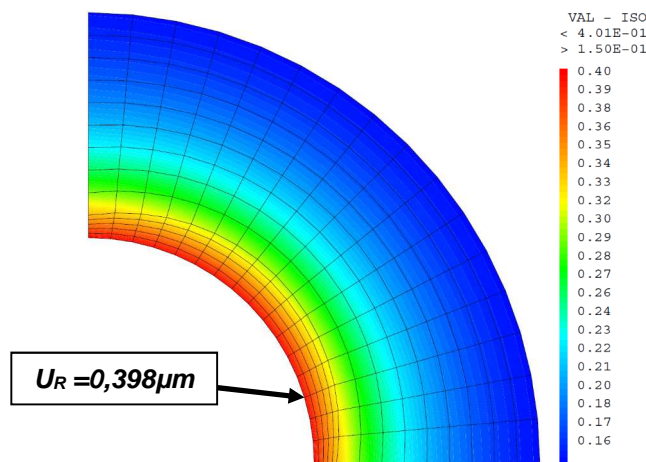


Figure 48 : Tracé du champ de déplacement radial au temps t_1

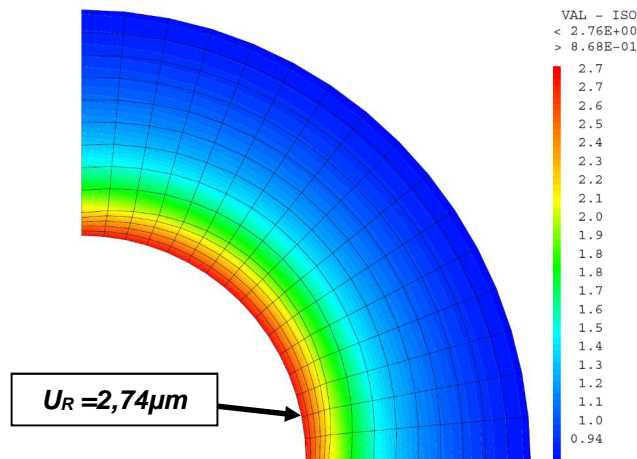


Figure 49 : Tracé du champ de déplacement radial au temps t_2

Jeu de données :

```
* fichier : plas2.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
*          Test Plas2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****
*          Test plas2.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST PLAS2
*
* Sortie du domaine élastique et phase plastique
* (comportement élasto-plastique parfait)
* Calcul axisymétrique avec prise en compte des
* symétries.
*
* Une sphère de rayon extérieur égal à 2 mm et de rayon
* intérieur égal à 1 mm (centre O et contour ABCD) est
* soumise à une pression interne.
*
* La pression évolue en fonction du temps de 100 MPa à
* 0 s jusqu'à 358.9 MPa à 1000 s.
*
* Cette évolution de la pression entraine un
* comportement plastique jusqu'en R=1.5 mm.
*
* Les déplacements radiaux à 0 s et à 1000 s
* sont comparés aux valeurs théoriques (0.4 microns
* et 2.83 microns)
*
*****
TITRE 'PLAS2 - SPHERE SOUS PRESSION INTERNE';
OPTION DIME 2 ELEM QUA4 MODE AXIS ;
TEMPS ;
*
*----- Définition de la géométrie -----*
O = 0 0 ;
A = 1E-3 0 ;
B = 2E-3 0 ;
C = 0 2E-3 ;
D = 0 1E-3 ;
*
*-----*
* La peau interne est maillée de façon plus fine pour
* un meilleur calcul des contraintes radiales, les
* points X et Y sont introduits à cet effet.
*-----*
X = 1.1E-3 0 ;
Y = 0 1.1E-3 ;
*
L1 = A DROI 5 X ;
L2 = X DROI 9 B ;
LR = L1 ET L2 ;
CE = CERC 16 B O C ;
L3 = C DROI 9 Y ;
L4 = Y DROI 5 D ;
LZ = L3 ET L4 ;
CI = CERC 16 D O A ;
*
SU = LR CE LZ CI DALL PLAN ;
*
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC 'QUAL' SU ;
FINSI ;
*
*----- Définition des conditions aux limites -----*
*----- (conditions de symétrie) -----*
CL1 = BLOQ LR UZ ;
CL2 = BLOQ LZ UR ;
CL = CL1 ET CL2 ;
*
*----- Utilisation de la procedure PASAPAS -----
```

```
*-- Les objets utilisés par la procédure PASAPAS sont -
*----- définis dans les lignes qui suivent -----*
MO= MODE SU MECANIQUE ELASTIQUE PLASTIQUE PARFAIT QUA4;
*
*-----*
* SIGY est la limite élastique
*-----*
*
*----- Définition du matériau -----*
MAT1 = MATE MO YOUN 2E11 SIGY 300E6 NU 0.3;
*
*----- Définition en Pa de la pression unitaire -----*
FO = PRES MASS MO 1E6 CI ;
*
*----- au pas de temps T, la pression vaut F(T)*FO
*
LI1 = PROG 0. 1000. ;
LI2 = PROG 0. 1000. ;
EV = EVOL MANU T LI1 F(T) LI2 ;
CHAL = CHAR MECA FO EV ;
*
*-- Liste des pas de calcul, 100. MPa est la pression -
*-- de début de plastification, 358.9 MPa engendre --
*-- un comportement plastique jusqu'en R=1.5 mm ----*
LIS1 = PROG 100. 358.9 ;
TAB1 = TABLE ;
TAB1.'BLOCAGES_MECANIQUES' = CL;
TAB1.'MODELE' = MO;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT1;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHAL;
TAB1.'TEMPS_CALCULES' = LIS1;

PASAPAS TAB1 ;
*
*----- Calcul et impression des résultats -----*
RE1 = (TAB1.DEPLACEMENTS.1) ;
RE2 = (TAB1.DEPLACEMENTS.2) ;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
* Premier Increment
TITR 'Déplacement Radial apres le premier increment' ;
DEPR = EXCO RE1 'UR' ;
DEPZ = EXCO RE1 'UZ' ;
DEPRAD = (((DEPR**2) + (DEPZ**2))**0.5) * 1.e6;
TRAC SU DEPRAD;

TITR 'Déplacement Radial apres le deuxieme increment' ;
DEPR = EXCO RE2 'UR' ;
DEPZ = EXCO RE2 'UZ' ;
DEPRAD = (((DEPR**2) + (DEPZ**2))**0.5) * 1.e6;
TRAC SU DEPRAD;
FINSI;

*
V1 = EXTR RE1 UR A ;
V1 = 1E6*V1 ;
V2 = EXTR RE2 UR A ;
V2 = 1E6*V2 ;

ERR1 = 100*(ABS(0.4 - V1)/0.4) ;
ERR2 = 100*(ABS(2.83 - V2)/2.83);

SAUT PAGE ; SAUT 2 LIGN ;

MESS 'EN R=1MM : DEPLACEMENT THEORIQUE ET CALCULE' ;
SAUT 2 LIGN ;
MESS 'INCREMENT ELASTIQUE THEORIQUE UR= 0.40 MICRONS' ;
MESS 'INCREMENT ELASTIQUE CALCULE UR= 'V1 'MICRONS' ;
MESS ' SOIT UN ECART DE ' ERR1 '%' ;
MESS 'INCREMENT PLASTIQUE THEORIQUE UR= 2.83 MICRONS' ;
MESS 'INCREMENT PLASTIQUE CALCULE UR= 'V2 'MICRONS' ;
MESS ' SOIT UN ECART DE ' ERR2 '%' ;
TEMPS ;
*----- Code de fonctionnement -----*

LIST1=PROG ERR1 ERR2;

ERRMAX=MAXI (PROG ERR1 ERR2);

SI (ERRMAX < 3.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;
```



5.4.3 plas4.dgibi

Nom du fichier	plas4.dgibi																				
Type de calcul	Mécanique Plastique 3D																				
Type d'Éléments Finis	CUB8																				
Référence	Solution Analytique																				
Description	CUBE DE 2 ELEMENTS EN TRACTION UNIAXIALE La structure est un cube constitué de 2 éléments soumis à une traction uniaxiale : <ul style="list-style-type: none"> • blocage des déplacements suivant Y et Z • déplacements imposés suivant X sur les surfaces SU1 et SU2 																				
Objectif	Contraintes SM_{xx} , SM_{yy} et SM_{zz} aux 4 instants de calcul pour le premier point de Gauss du premier élément. <table border="1" data-bbox="411 792 916 925"> <thead> <tr> <th></th> <th>T1</th> <th>T2</th> <th>T3</th> <th>T4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SM_{xx}</td> <td>7,5</td> <td>11,66</td> <td>4,16</td> <td>-3,33</td> </tr> <tr> <td>SM_{yy}</td> <td>2,5</td> <td>6,66</td> <td>4,16</td> <td>1,66</td> </tr> <tr> <td>SM_{zz}</td> <td>2,5</td> <td>6,66</td> <td>4,16</td> <td>1,66</td> </tr> </tbody> </table> Contraintes en MPa (Précision relative de 0,5%)		T1	T2	T3	T4	SM_{xx}	7,5	11,66	4,16	-3,33	SM_{yy}	2,5	6,66	4,16	1,66	SM_{zz}	2,5	6,66	4,16	1,66
	T1	T2	T3	T4																	
SM_{xx}	7,5	11,66	4,16	-3,33																	
SM_{yy}	2,5	6,66	4,16	1,66																	
SM_{zz}	2,5	6,66	4,16	1,66																	
Version de Cast3M	Du jour																				
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																				

Tableau 32 : Informations sur le cas test plas4.dgibi

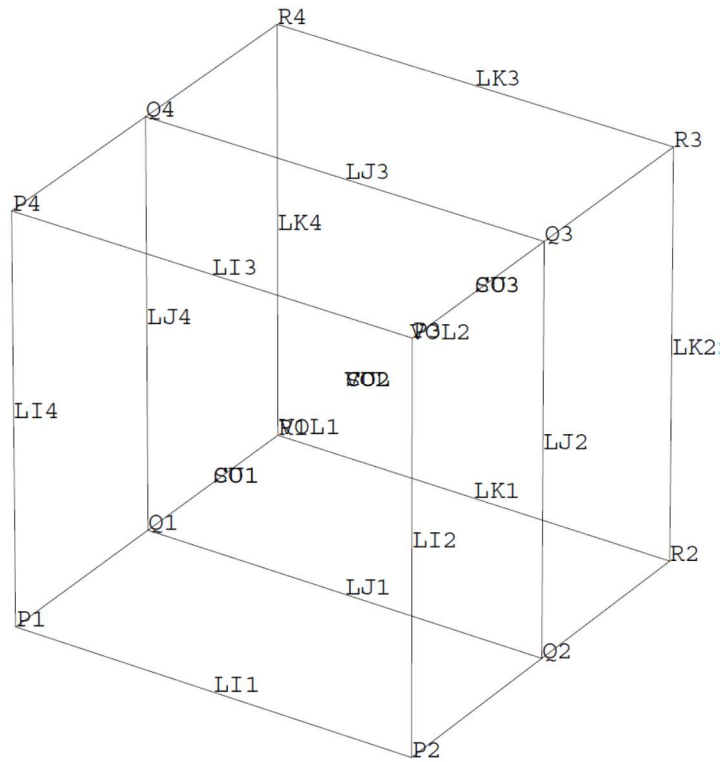


Figure 50 : Maillage du cas-test plas4.dgibi en 3D

Jeu de données :

```
* fichier : plas4.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
*          Test Plas4.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test plas4.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          CUBE EN TRACTION UNIAXIALE
*
*          TEST ELEMENTAIRE DU GROUPE DE TRAVAIL
*          'STATIQUE NON LINEAIRE' COMMISSION VPCS
*
*          LE CALCUL MARCHE ET DONNE EXACTEMENT LES
*          RESULTATS THEORIQUES LE 05/05/90
*
*          Un cube constitué de 2 éléments CUB8 est soumis à
*          une traction uniaxiale (blocages des déplacements
*          suivant Y et Z et déplacement imposé suivant X
*          aux deux extrémités (surfaces SU1 et SU2))
*
*          Les contraintes obtenues sont comparées aux
*          résultats théoriques et donnent les résultats
*          précisés plus bas.
*
*****

SAUT PAGE;
TITRE 'CUBE EN TRACTION UNIAXIALE';
OPTION DIME 3 ECHO 0;
TEMPS ;
DENS 1;
*-----
**** DEFINITION DE LA GEOMETRIE
*-----
A = 1.;
A1 = -1.;
A2 = .5;
B = 1.;
C = 1.;
P1 = A 0 0; Q1 = A2 0 0; R1 = 0 0 0;
P2 = A B 0; Q2 = A2 B 0; R2 = 0 B 0;
P3 = A B C; Q3 = A2 B C; R3 = 0 B C;
P4 = A 0 C; Q4 = A2 0 C; R4 = 0 0 C;
TR = A1 0 0;
OPTION ELEM SEG2;
LI1 = P1 DROIT 1 P2;
LI2 = P2 DROIT 1 P3;
LI3 = P3 DROIT 1 P4;
LI4 = P4 DROIT 1 P1;
CO1 = LI1 ET LI2 ET LI3 ET LI4;
LJ1 = Q1 DROIT 1 Q2;
LJ2 = Q2 DROIT 1 Q3;
LJ3 = Q3 DROIT 1 Q4;
LJ4 = Q4 DROIT 1 Q1;
CO2 = LJ1 ET LJ2 ET LJ3 ET LJ4;
LK1 = R1 DROIT 1 R2;
LK2 = R2 DROIT 1 R3;
LK3 = R3 DROIT 1 R4;
LK4 = R4 DROIT 1 R1;
CO3 = LK1 ET LK2 ET LK3 ET LK4;
OPTION ELEM QUA4;
SU1 = SURFACE CO1 PLANE;
SU2 = SURFACE CO2 PLANE;
SU3 = SURFACE CO3 PLANE;
OPTION ELEM CUB8;
VOL1 = SU1 VOLU 1 SU2;
VOL2 = SU2 VOLU 1 SU3;
VOL = VOL1 ET VOL2;
ELIM .001 VOL;
*-----
**** TRACE
*-----
```

```
OEIL = (30 20 20);
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC OEIL 'QUAL' VOL;
FINSI;
*-----
**** CONDITIONS AUX LIMITES
*-----
CL1 = BLOQUE SU3 UX;
CL2 = BLOQUE VOL UY UZ;
CL3 = BLOQUE SU2 UX;
CL4 = BLOQ SU1 UX;
CL = CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4;
*-----
* VALEURS IMPOSEES DES DEPLACEMENTS
*-----
EPS0 = .25E-4;
COEF1 = A * EPS0 * .5;
COEF2 = A * EPS0;
D1 = DEPI CL3 COEF1;
D2 = DEPI CL4 COEF2;
DEP = D1 ET D2;
*-----
**** CALCUL MODELE CARACTERISTIQUES
*-----
MO=MODE VOL MECANIQUE ELASTIQUE PLASTIQUE PARFAIT CUB8;
MAT1 = MATE MO YOUN 2.5E11 SIGY 5.0E6 NU .25;
*-----
**** CHAMPS RELATIFS A L'OPERATEUR NONLIN
*-----
LP1 = PROG 0. 1. 2. 3. 4.;
LP2 = PROG 0. 1. 2. 1. 0.;
EV = EVOL MANU T LP1 F(T) LP2;
CHAL = CHAR DIMP DEP EV;
LIS1 = PROG 1. 2. 3. 4.;
*-----
**** CALCUL NON LINEAIRE
*-----
TAB1 = TABLE;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT1;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHAL;
TAB1.'MODELE' = MO;
TAB1.'TEMPS_CALCULES' = LIS1;
TAB1.'BLOCAGES_MECANIQUES' = CL;
PASAPAS TAB1;
*-----
**** EXTRACTION DES RESULTATS
*-----
SI1 = TAB1.CONTRAINTE.1;
SI2 = TAB1.CONTRAINTE.2;
SI3 = TAB1.CONTRAINTE.3;
SI4 = TAB1.CONTRAINTE.4;
SXX1 = EXTR SI1 SMXX 1 1 1;
SYY1 = EXTR SI1 SMYY 1 1 1;
SZZ1 = EXTR SI1 SMZZ 1 1 1;
SXX2 = EXTR SI2 SMXX 1 1 1;
SYY2 = EXTR SI2 SMYY 1 1 1;
SZZ2 = EXTR SI2 SMZZ 1 1 1;
SXX3 = EXTR SI3 SMXX 1 1 1;
SYY3 = EXTR SI3 SMYY 1 1 1;
SZZ3 = EXTR SI3 SMZZ 1 1 1;
SXX4 = EXTR SI4 SMXX 1 1 1;
SYY4 = EXTR SI4 SMYY 1 1 1;
SZZ4 = EXTR SI4 SMZZ 1 1 1;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'Contrainte SMYY increment 4 en MPa';
  TRAC OEIL ((EXCO SMYY SI4)/1e6) MO;
FINSI;
*-----
**** AFFICHAGE DES RESULTATS
*-----
SAUT PAGE;
*////////// PARAMETRE D'EVOLUTION T : 1 ////////////;
*-----
MESS '          T = 1 ';
MESS ' RESULTATS THEORIQUES : SIGMAXX = 7.5 E6 ' ;
MESS '          SIGMAYY = 2.5 E6 ' ;
MESS '          SIGMAZZ = 2.5 E6 ' ;
MESS '          ' ;
MESS ' RESULTATS CALCULES : SIGMAXX = 'SXX1 ' ;
MESS '          SIGMAYY = 'SYY1 ' ;
MESS '          SIGMAZZ = 'SZZ1 ' ;
SAUT 1 LIGNE ;

RESX1 = 100 * (ABS((SXX1-7.5e6)/7.5e6));
RESY1 = 100 * (ABS((SYY1-2.5e6)/2.5e6));
RESZ1 = 100 * (ABS((SZZ1-2.5e6)/2.5e6));
*
*////////// PARAMETRE D'EVOLUTION T : 2 ////////////;
*-----
MESS '          T = 2 ';
MESS ' RESULTATS THEORIQUES : SIGMAXX = 11.66 E6 ' ;
MESS '          SIGMAYY = 6.66 E6 ' ;
MESS '          SIGMAZZ = 6.66 E6 ' ;
```



```

MESS '                                     ' ;
MESS ' RESULTATS CALCULES   : SIGMAXX = 'SXX2 ;
MESS '                               SIGMAYY = 'SYY2 ;
MESS '                               SIGMAZZ = 'SZZ2 ;
SAUT 1 LIGNE ;
RESX2 = 100 * (ABS((SXX2-11.66e6)/11.66e6));
RESY2 = 100 * (ABS((SYY2-6.66e6) /6.66e6 ));
RESZ2 = 100 * (ABS((SZZ2-6.66e6) /6.66e6 ));
*
*////////// PARAMETRE D'EVOLUTION T : 3 ////////////';
*-----
MESS '                               T = 3 ' ;
MESS ' RESULTATS THEORIQUES : SIGMAXX = 4.16 E6' ;
MESS '                               SIGMAYY = 4.16 E6' ;
MESS '                               SIGMAZZ = 4.16 E6' ;
MESS '                                     ' ;
MESS ' RESULTATS CALCULES   : SIGMAXX = 'SXX3 ;
MESS '                               SIGMAYY = 'SYY3 ;
MESS '                               SIGMAZZ = 'SZZ3 ;
SAUT 1 LIGNE ;
RESX3 = 100 * (ABS((SXX3-4.16e6) /4.16e6));
RESY3 = 100 * (ABS((SYY3-4.16e6) /4.16e6 ));
RESZ3 = 100 * (ABS((SZZ3-4.16e6) /4.16e6 ));
*
*////////// PARAMETRE D'EVOLUTION T : 4 ////////////';
*-----
MESS '                               T = 4 ' ;
MESS ' RESULTATS THEORIQUES : SIGMAXX = -3.33 E6' ;
MESS '                               SIGMAYY = 1.66 E6' ;
MESS '                               SIGMAZZ = 1.66 E6' ;
MESS '                                     ' ;
MESS ' RESULTATS CALCULES   : SIGMAXX = 'SXX4 ;
MESS '                               SIGMAYY = 'SYY4 ;
MESS '                               SIGMAZZ = 'SZZ4 ;
SAUT 1 LIGNE ;
TEMPS ;
RESX4 = 100 * (ABS((SXX4+3.33e6) /-3.33e6 ));
RESY4 = 100 * (ABS((SYY4-1.66e6) / 1.66e6 ));
RESZ4 = 100 * (ABS((SZZ4-1.66e6) / 1.66e6 ));
*-----
*                               CODE DE FONCTIONNEMENT
*-----
RESID=MAXI (PROG RESX1 RESX2 RESX3 RESY1 RESY2 RESY3 RESZ1 RESZ2 RESZ3);

SI(RESID <EG 0.5);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;

```

5.4.4 plas5.dgibi

Nom du fichier	plas5.dgibi
Type de calcul	Mécanique Plastique 2D Contraintes Planes
Type d'Éléments Finis	QUA4
Référence	Solution Analytique
Description	PLAQUE CARREE EN DEPLACEMENT IMPOSE La structure est une plaque carrée de 1 élément soumise à un déplacement imposé de deux de ces bords (L2 et L3) et encastrée sur les deux autres (L1 et L4) Le modèle élasto-plastique de DRUCKER-PRAGER est testé
Objectif	Contraintes SM_{xx} , et SM_{yy} du premier point de Gauss du premier élément $\sigma = 1,8717 U_{cc}$ (Précision relative de 1.10^{-10} %)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 33 : Informations sur le cas test plas5.dgibi

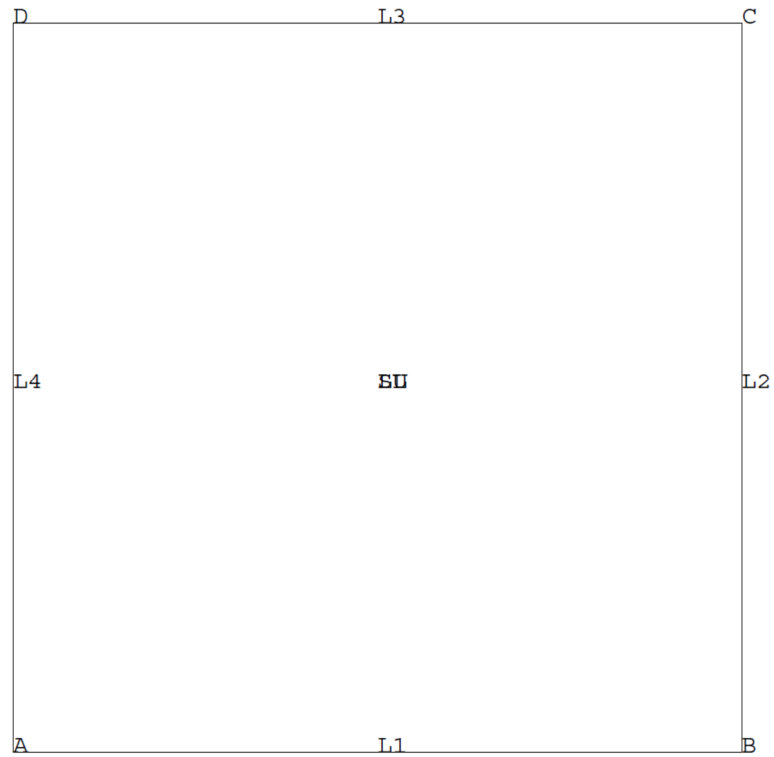


Figure 51 : Maillage du cas-test plas5.dgibi en 2D

Jeu de données :

```
* fichier : plas5.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
*      Test Plas5.dgibi: Jeux de données      *
*      -----*
*
*****
*      Test plas5.dgibi: Jeux de données      *
*      -----*
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST PLAS5
*
* Sortie du domaine élastique et phase plastique
* (comportement élasto-plastique modèle DRUCKER-PRAGER)
*
* Une plaque carrée est soumise à un déplacement imposé
* sur deux de ses bords et fixée sur les deux autres.
* On compare les contraintes à la solution exacte.
*
*****
*
*      ^      ^
*      |      | d(t)
*      |      |
*      D .----. C ----> d(t)
*      |      |
*      A .----. B ----> d(t)
*
*****

TITRE 'PLAQUE CARRE EN BI-TRACTION PURE ' ;
OPTION ECHO 0 ;
OPTION DIME 2 ELEM QUA4 MODE PLAN CONT ;
TEMPS ;
*-----
*      DEFINITION DE LA GEOMETRIE
*-----
A = 0. 0. ;
B = 1.5 0. ;
C = 1.5 1.5 ;
D = 0. 1.5 ;
*
L1 = A DROIT 1 B ;
L2 = B DROIT 1 C ;
L3 = C DROIT 1 D ;
L4 = D DROIT 1 A ;
LL = L1 ET L2 ET L3 ET L4 ;
SU = SURF LL PLAN ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRACE QUAL SU ;
FINSI ;
*-----
*      DEFINITION DES CONDITIONS AUX LIMITES
*      ET DES DEPLACEMENTS IMPOSES
*-----
CL4 = BLOQ L4 UX ;
CL2 = BLOQ L2 UX ;
CL3 = BLOQ L3 UY ;
CL1 = BLOQ L1 UY ;
CL = CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ;
*
D3 = DEPI CL3 1.5E-4 ;
D2 = DEPI CL2 1.5E-4 ;
DEP = D2 ET D3 ;
*
*----- Utilisation de la procedure PASAPAS -----
*-- Les objets utilisés par la procédure PASAPAS sont --
*----- définis dans les lignes qui suivent -----
*
MO = MODE SU MECANIQUE ELASTIQUE PLASTIQUE
  DRUCKER_PRAGER QUA4 ;

KLL= 3.56 ;
```

```
ETT= 0.441;
MUU= 1.02 ;
MAT1 = MATE MO YOUN 40000 NU 0.21
ALFA 0.441 BETA 1.02 K 4.1 GAMM 0.441 DELT 1.02 ETA
ETT MU MUU KLL H 0. ;
*
*----- Création d'une relation linéaire entre -----
*----- le déplacement et le temps -----
* Remarque : au temps T, le déplacement vaut F(T)*D .
*
LI1 = PROG 0. 1. 2. 3. 4. 5. ;
LI2 = PROG 0. 1. 2. 3. 4. 5. ;
EV = EVOL MANU T LI1 F(T) LI2 ;
CHAL = CHAR DIMP DEP EV ;
*
*----- Création de la liste des pas de calcul -----
*
LIS1 = PROG 0. 1. 2. ;
TAB1 = TABLE ;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT1;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHAL;
TAB1.'MODELE' = MO;
TAB1.'TEMPS_CALCULES' = LIS1;
TAB1.'BLOCAGES_MECAINIQUES' = CL;
*
*----- Calcul par la procedure PASAPAS -----
*
PASAPAS TAB1;
*
* recherche des contraintes resultats
* par la procedure PECHE
*
SIG1 = PECHE TAB1 CONTRAINTES 1.;
SIG2 = PECHE TAB1 CONTRAINTES 2.;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TITR 'Contrainte SMYI increment 2 en MPa';
  TRAC (EXCO SMYI SIG2) MO;
FINSI ;

*
* extraction d'une valeur d'une composante
* en un point de gauss
*
SXX = EXTR SIG2 'SMXX' 1 1 1 ;
SYY = EXTR SIG2 'SMYY' 1 1 1 ;
*
* calcul de la valeur th{orique
*
VALTH = KLL / ( ( 2. * ETT ) + MUU ) ;
RESI1=100 * (ABS((SXX-VALTH)/VALTH));
RESI2=100 * (ABS((SYY-VALTH)/VALTH));
SAUT PAGE ; SAUT 2 LIGN ;
*
MESS '      CONTRAINTE THEORIQUE
      CONTRAINTES CALCULEES ' ;
SAUT 1 LIGN ;
MESS '      SIG = ' VALTH '
      SMXX=' SXX ' SMYY=' SYY ;
MESS ' SOIT UN ECART DE ' RESI1 '% SUR SMXX' ;
MESS ' SOIT UN ECART DE ' RESI2 '% SUR SMYY' ;
*
TEMPS ;
*      CODE FONCTIONNEMENT

SI((RESI1 <EG 1e-10) ET (RESI2 <EG 1e-10));
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI ;

FIN;
```

5.4.5 plas6.dgibi

Nom du fichier	plas6.dgibi																				
Type de calcul	Mécanique Plastique 2D Contraintes Planes																				
Type d'Éléments Finis	QUA4																				
Référence	Test VPCS numéro SSNPI I/89 R.Hill, Mathematical theory of plasticity Oxford Clarendon Press 1950 RECTANGLE EN FLEXION PURE																				
Description	La structure est un rectangle en flexion pure soumis à un déplacement imposé variant linéairement de U_A à U_B entre les points PA et PB. La ligne D3 est bloquée suivant X et le point O est bloqué suivant Y.																				
Objectif	Moment de flexion le long de la ligne D1 dû aux contraintes SM_{xx} pour les 9 incréments de déplacement calculés <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>U_A [mm]</th> <th>2,8.10⁻²</th> <th>5.10⁻²</th> <th>0,1</th> <th>0,15</th> <th>0,2</th> <th>0,3</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M_f [Nm]</td> <td>805</td> <td>1074</td> <td>1174</td> <td>1193</td> <td>1199</td> <td>1204</td> <td>1205</td> <td>1206</td> <td>1207,5</td> </tr> </tbody> </table> (Précision relative de 0,5%)	U_A [mm]	2,8.10 ⁻²	5.10 ⁻²	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	1	M_f [Nm]	805	1074	1174	1193	1199	1204	1205	1206	1207,5
U_A [mm]	2,8.10 ⁻²	5.10 ⁻²	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	1												
M_f [Nm]	805	1074	1174	1193	1199	1204	1205	1206	1207,5												
Version de Cast3M	Du jour																				
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																				

Tableau 34 : Informations sur le cas test plas6.dgibi

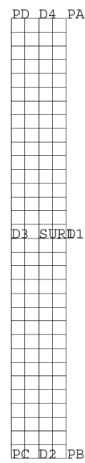


Figure 52 : Maillage du cas-test plas6.dgibi en 2D

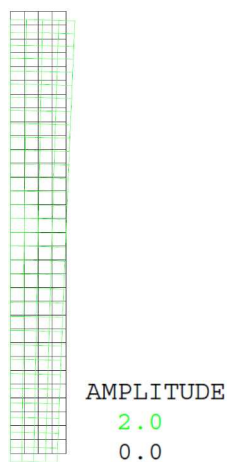


Figure 53 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) à l'incrément n°9

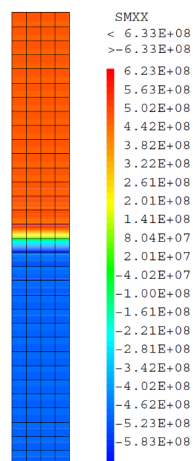


Figure 54 : Champ de contraintes SM_{xx} à l'incrément n°9

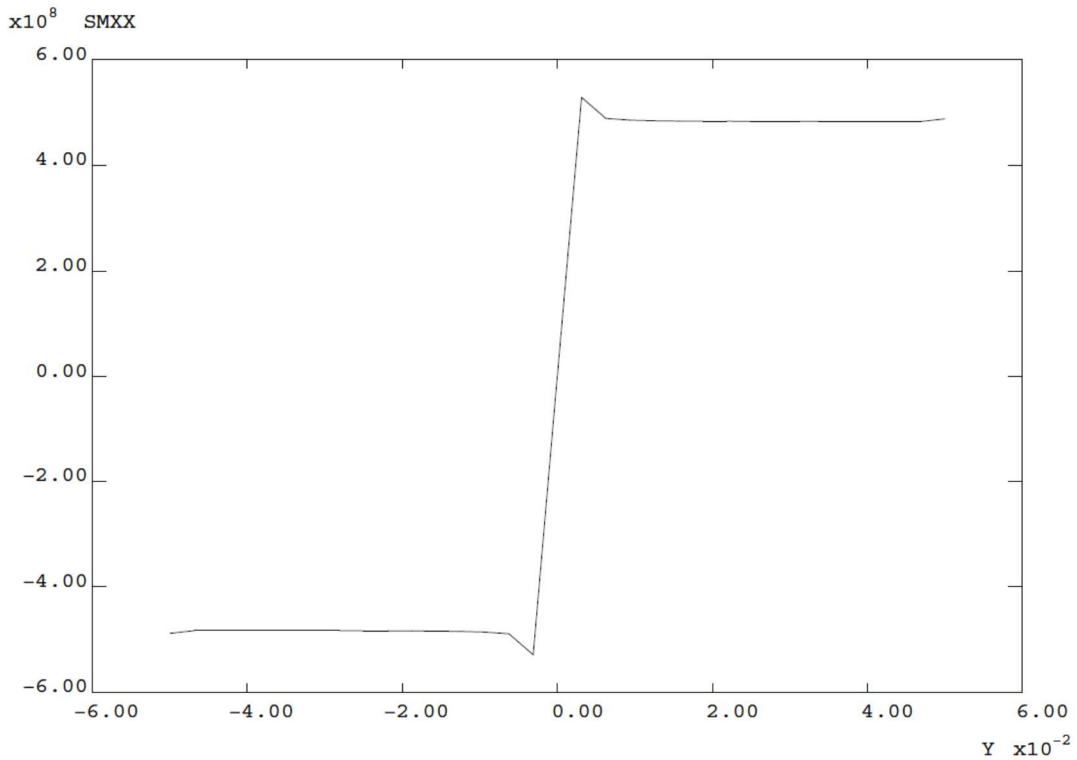


Figure 55 : Evolution de la contrainte SM_{xx} sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément n°9

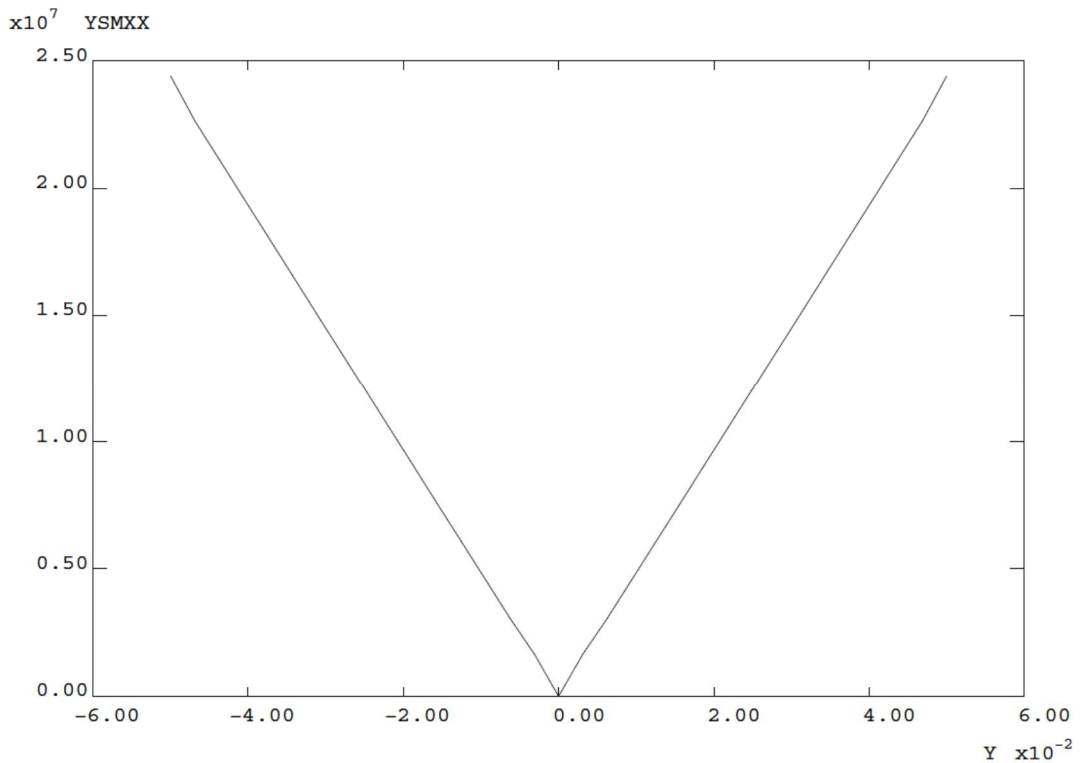


Figure 56 : Evolution du produit de la contrainte SM_{xx} par la coordonnée Y sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément n°9


```

FINSI;

*      Trace facultatif de la deformee
*      (verification du chargement)
SI (I EGA 9);
  SI (NEG GRAPH2 'N');
    TTIR 'PLAS6 : DEFORMEE';
    DEFO = DEFO SUR1 DEPL1 0.;
    DEF1 = DEFO SUR1 DEPL1 2. VERT;
    TRAC SUR1 (DEFO ET DEF1);
  FINSI;
FINSI;

*      Calcul du moment de flexion du aux contraintes
*      smxx s'exercant le long de AB.
LIST2 = PROG;
J = 0;
NB = NBL + 1;
REPETER BLOC4 NB;
  J = J + 1;
  D = EXTR LISD2 J;
  POI1 = SUR1 POIN PROC (12.5E-3 D);
  SM = EXTR CHP010 SMXX POI1;
  LIST2 = LIST2 ET (PROG SM);
FIN BLOC4;

LIST3 = LIST2 * LISD2;
TTIR 'CONTRAINTES SMXX';
ESMXX = EVOL MANU Y LISD2 SMXX LIST2;
TTIR 'PRODUIT Y * SMXX';
EYSMXX = EVOL MANU Y LISD2 YSMXX LIST3;

SI (I EGA 9);
  SI (NEG GRAPH2 'N');
    DESS ESMXX;
    DESS EYSMXX;
  FINSI;
FINSI;
MOM1.I = INTG EYSMXX;
MOM1.I = EXTR MOM1.I 1;

MOM1.I = -1.E-3 * MOM1.I;
ERG.I = 100. * (ABS ((MOM1.I - MOM2.I) / MOM2.I));

FIN BLOC1;

*****
*      affichage des resultats      *
*****
MESS 'RESULTATS : PLAS6';
MESS '-----';
SAUT LIGN;

MESS 'Moment de flexion du aux contraintes SMXX
le long de AB.';
MESS '-----';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.02875 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.1 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.1 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.1 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.05 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.2 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.2 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.2 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.1 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.3 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.3 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.3 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.15 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.4 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.4 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.4 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.2 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.5 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.5 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.5 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.3 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.6 'N.m';

```

```

MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.6 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.6 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.4 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.7 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.7 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.7 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.5 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.8 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.8 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.8 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 1.0 mm :';
MESS ' -----';
MESS '   Moment theorique : ' MOM1.9 'N.m';
MESS '   Moment calcule   : ' MOM2.9 'N.m';
MESS '   Soit un ecart de : ' ERG.9 '%';
SAUT LIGN;

MESS 'Donnees sur le maillage';
MESS '-----';
MESS '   Nombre d elements : ' NBEL1 'QUA4';
MESS '   Nombre de noeuds  : ' NBN01 ;
SAUT LIGN;

*****
*      code fonctionnement      *
*****
ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 ERG.3 ERG.4 ERG.5 ERG.6
ERG.7 ERG.8 ERG.9);

SI (ERGMAX <EG 0.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
SAUT LIGN;

TEMPS;
FIN;

```

5.4.6 plas7.dgibi

Nom du fichier	plas7.dgibi																						
Type de calcul	Mécanique Plastique 2D Déformations Planes																						
Type d'Éléments Finis	QUA4																						
Référence	Test VPCS numéro SSNPI I/89 R.Hill, Mathematical theory of plasticity Oxford Clarendon Press 1950 RECTANGLE EN FLEXION PURE																						
Description	C'est le même calcul que plas6.dgibi mais en déformations planes. La structure est un rectangle en flexion pure soumis à un déplacement imposé variant linéairement de U_A à U_B entre les points PA et PB. La ligne D3 est bloquée suivant X et le point O est bloqué suivant Y.																						
Objectif	Moment de flexion le long de la ligne D1 dû aux contraintes SM_{xx} pour les 7 incréments de déplacement calculés Contrainte SM_{xx} au point PA pour le premier et le dernier incrément <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>U_A [mm]</td> <td>$2,94 \cdot 10^{-2}$</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>M_f [kNm]</td> <td>90,57</td> <td>135,2</td> <td>138,4</td> <td>139</td> <td>139,2</td> <td>139,3</td> <td>139,4</td> </tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>U_A [mm]</td> <td>$2,94 \cdot 10^{-2}$</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>SM_{xx} [MPa]</td> <td>543,4</td> <td>557,7</td> </tr> </table> (Précision relative de 5%)	U_A [mm]	$2,94 \cdot 10^{-2}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	M_f [kNm]	90,57	135,2	138,4	139	139,2	139,3	139,4	U_A [mm]	$2,94 \cdot 10^{-2}$	1	SM_{xx} [MPa]	543,4	557,7
U_A [mm]	$2,94 \cdot 10^{-2}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1																
M_f [kNm]	90,57	135,2	138,4	139	139,2	139,3	139,4																
U_A [mm]	$2,94 \cdot 10^{-2}$	1																					
SM_{xx} [MPa]	543,4	557,7																					
Version de Cast3M	Du jour																						
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																						

Tableau 35 : Informations sur le cas test plas7.dgibi

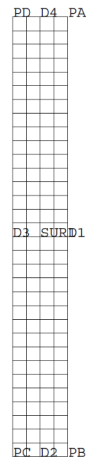


Figure 57 : Maillage du cas-test plas7.dgibi en 2D

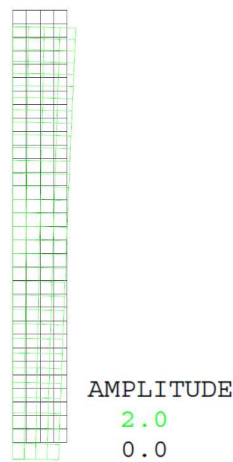


Figure 58 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x2) à l'incrément n°7

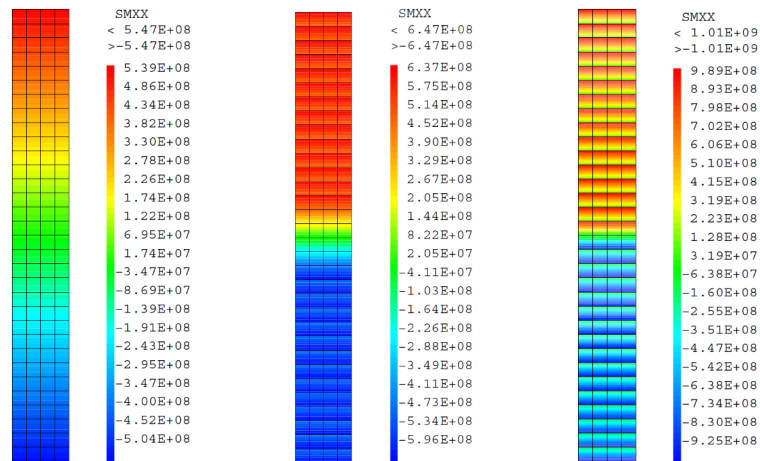


Figure 59 : Champ de contraintes SM_{xx} à l'incrément n°1 (à gauche) à l'incrément 3 (au milieu) et à l'incrément 7 (à droite)

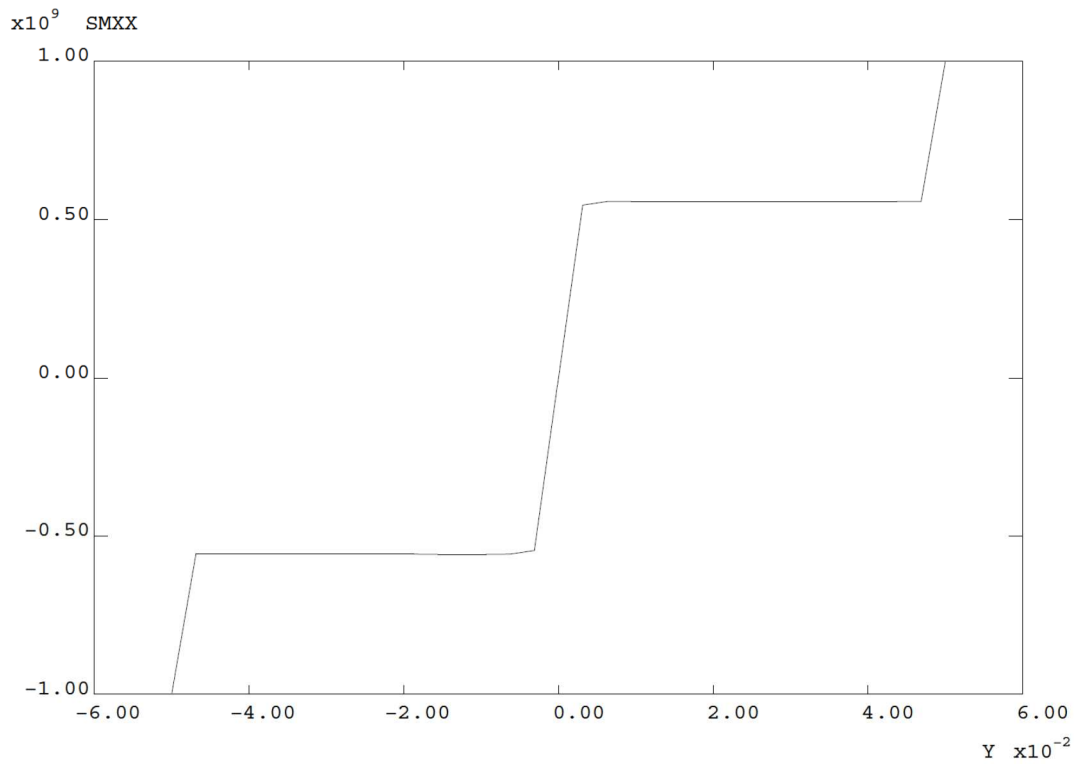


Figure 60 : Evolution de la contrainte SM_{xx} sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément 7

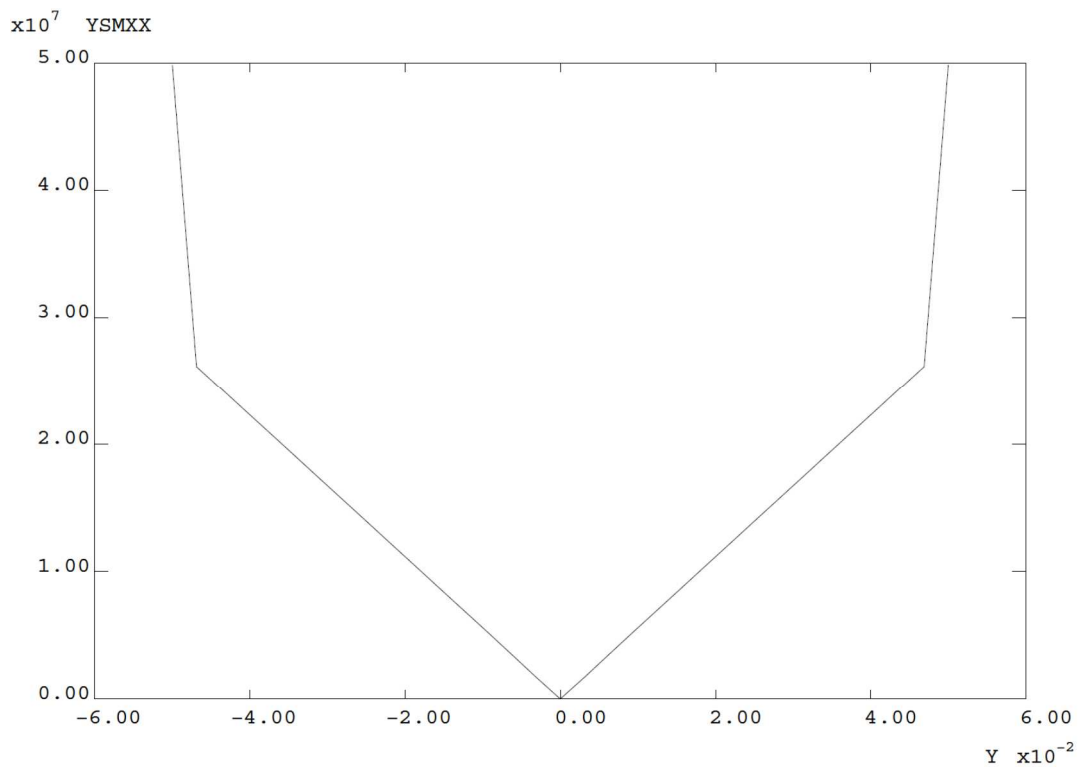


Figure 61 : Evolution du produit de la contrainte SM_{xx} par la coordonnée Y sur la ligne D1 reliant PA à PB en fonction de la coordonnée Y à l'incrément 7


```

*Boucle pour chaque pas de chargement : fonction de UA.
I = 0;
REPETER BLOC1 7;
  I = I + 1;
  CONT1 = TAB1.CONTRAINTE.S.I;
  DEPL1 = TAB1.DEPLACEMENTS.I;
  CHPO10 = CHAN CHPO MOD1 CONT1;

*          Trace facultatif de la deformee
*          (verification du chargement)
SI (I EGA 7);
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'PLAS7 : DEFORMEE Increment : ' I;
  DEFO = DEFO SUR1 DEPL1 0.;
  DEF1 = DEFO SUR1 DEPL1 2. VERT;
  TRAC SUR1 (DEFO ET DEF1);
  FINSI;
FINSI;

*          Calcul du moment de flexion du aux contraintes
* smxx s'exercant le long de AB.
LIST2 = PROG;
J = 0;
NB = NB1 + 1;
REPETER BLOC4 NB;
  J = J + 1;
  D = EXTR LISD2 J;
  POI1 = SUR1 POIN PROC (12.5E-3 D);
  SM = EXTRA CHPO10 SMXX POI1;
  LIST2 = LIST2 ET (PROG SM);
  FIN BLOC4;

  LIST3 = LIST2 * LISD2;
  TTIR 'CONTRAINTE SMXX Increment : ' I;
  ESMXX = EVOL MANU Y LISD2 SMXX LIST2;
  TTIR 'PRODUIT Y * SMXX Increment : ' I;
  EYSMXX = EVOL MANU Y LISD2 YSMXX LIST3;

SI (I EGA 7);
SI (NEG GRAPH 'N');
  DESS ESMXX;
  DESS EYSMXX;
  FINSI;
FINSI;

  MOM1.I = INTG EYSMXX;
  MOM1.I = EXTR MOM1.I 1;
  MOM1.I = -1.E-4 * MOM1.I;

* Calcul de l'ecart entre theorie et calcul.
ERG.I = 100. * (ABS ((MOM1.I - MOM2.I) / MOM2.I));

*          Extraction de la contrainte maximale SMXX
*          pour les pas 1 et 7.
SI (I EGA 1);
  MOM1.8 = EXTR CHPO10 SMXX PA;
  MOM1.8 = MOM1.8 / 1.E6;
  ERG.8 = 100. * (ABS ((MOM1.8 - MOM2.8) / MOM2.8));
FINSI;

SI (I EGA 7);
  MOM1.9 = EXTR CHPO10 SMXX (D1 POIN 2);
  MOM1.9 = MOM1.9 / 1.E6;
  ERG.9 = 100. * (ABS ((MOM1.9 - MOM2.9) / MOM2.9));
FINSI;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'SMXX Increment : ' I;
  TRAC MOD1 (EXCO CONT1 SMXX);
  FINSI;

FIN BLOC1;

*+++++
*          affichage des resultats
*+++++
MESS 'RESULTATS : PLAS7';
MESS '-----';
SAUT LIGN;

MESS 'Moment de flexion du aux contraintes SMXX
le long de AB.';
MESS '-----';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.029435 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.1 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.1 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.1 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.1 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.2 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.2 'kN.m';

```

```

MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.2 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.2 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.3 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.3 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.3 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.3 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.4 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.4 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.4 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.4 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.5 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.5 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.5 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 0.5 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.6 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.6 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.6 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 1.0 mm :';
MESS ' -----';
MESS ' Moment theorique : ' MOM2.7 'kN.m';
MESS ' Moment calcule   : ' MOM1.7 'kN.m';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.7 '%';
SAUT LIGN;

MESS 'Contrainte maximale smxx :';
MESS '----- :';
SAUT LIGN;
MESS ' UAmx = 0.029435 mm';
MESS ' -----';
MESS ' Valeur theorique : ' MOM2.8 'MPa';
MESS ' Valeur calculee : ' MOM1.8 'MPa';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.8 '%';
SAUT LIGN;

MESS ' UAmx = 1.0 mm';
MESS ' -----';
MESS ' Valeur theorique : ' MOM2.9 'MPa';
MESS ' Valeur calculee : ' MOM1.9 'MPa';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.9 '%';
SAUT LIGN;

MESS 'Donnees sur le maillage';
MESS '-----';
MESS ' Nombre d elements : ' NBEL1 'QUA4';
MESS ' Nombre de noeuds  : ' NBN01 ;
SAUT LIGN;

*+++++
*          code fonctionnement
*+++++
ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 ERG.3 ERG.4 ERG.5 ERG.6
ERG.7 ERG.8 ERG.9);

SI (ERGMAX <EG 5.0);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
SAUT LIGN;

TEMPS;

FIN;

```

5.4.7 plas8.dgibi

Nom du fichier	plas8.dgibi
Type de calcul	Mécanique Plastique 3D
Type d'Éléments Finis	DKT
Référence	Solution analytique
Description	<p>CONSOLE EN DEPLACEMENT IMPOSE</p> <p>Un déplacement vertical (flèche contrôlée) est appliqué sur l'extrémité libre d'une console. L'autre extrémité est encastée.</p> <p>L'étude porte sur l'évolution de la force de réaction en fonction de la flèche appliquée. La force doit tendre vers une valeur asymptotique donnée par une expression analytique.</p>
Objectif	<p>Valeur de la force asymptotique lorsque la flèche augmente :</p> $\lim F = \frac{\sigma_y h^2}{4L}$ <p>σ_y Contrainte limite élastique</p> <p>h Epaisseur de la poutre</p> <p>L Longueur de la poutre</p> <p>(Précision relative de 8,5%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 36 : Informations sur le cas test plas8.dgibi

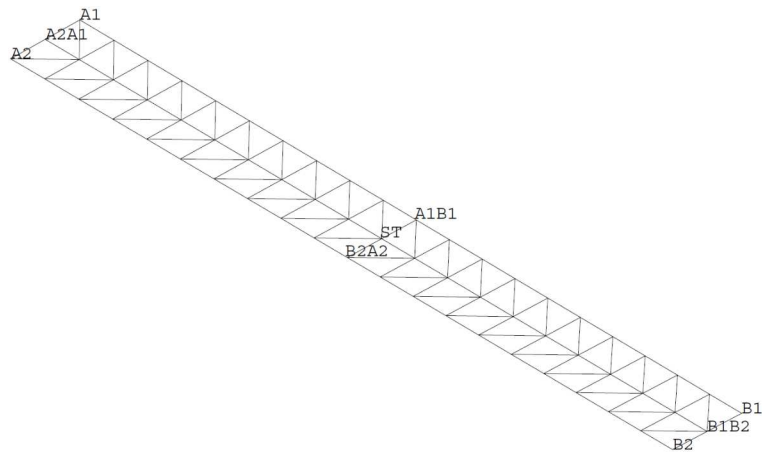


Figure 62 : Maillage du cas-test plas8.dgibi en 2D

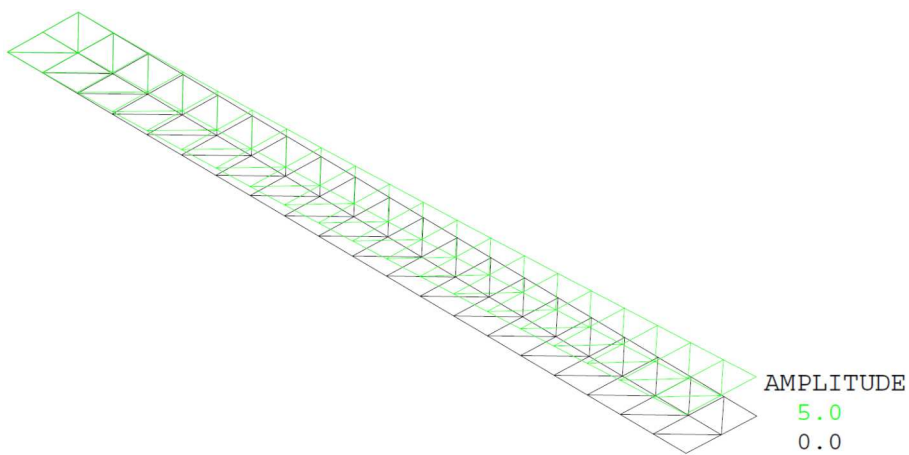


Figure 63 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (vert, x5) au dernier incrément

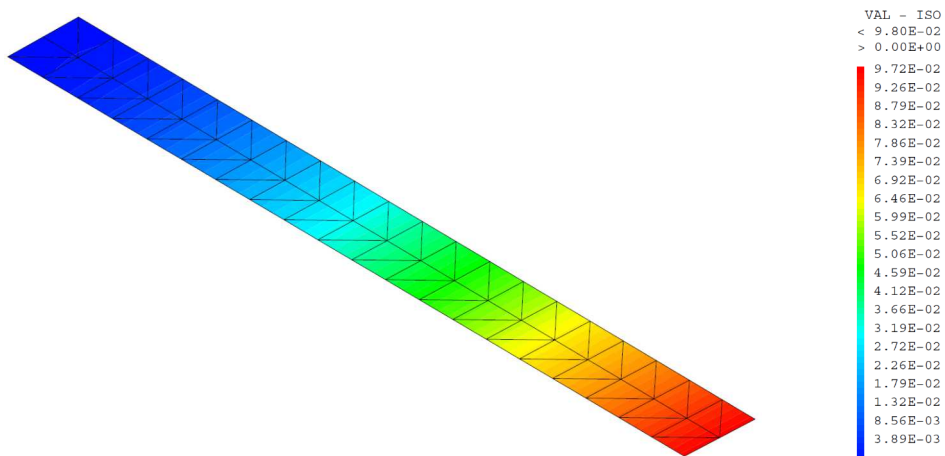


Figure 64 : Champ de déplacement UZ au dernier 'incrément

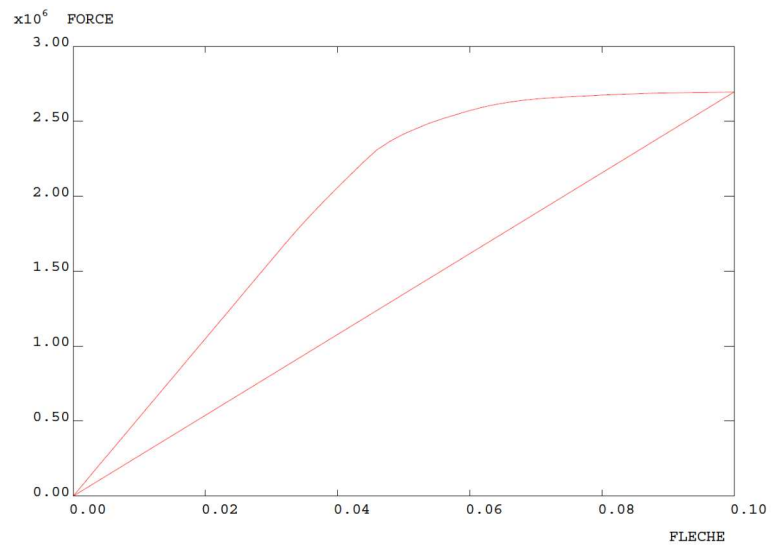


Figure 65 : Evolution de la force en fonction de la flèche au cours des différents incréments de déplacement imposé

Jeu de données :

```
* fichier : plas8.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
*          Test Plas8.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test plas8.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****

* POUR CALCUL COMPLET METTRE COMPLET A : VRAI;

complet = vrai;

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
* TEST PLAS8
*
* CONSOLE SOUS CHARGE CONCENTREE
*
* On impose un déplacement vertical (une fleche) sur
* l'extremite libre d'une console. On etudie
* l'evolution de la force de reaction fonction de la
* fleche.La force doit tendre vers une valeur
* asymptotique donnee par l'expression suivante
* (si on considere la loi elastoplastique parfaite):
*
*  $FU = (SIGY * H ** 2) / (4 * L)$ 
* ou SIGY = contrainte limite elastique
* H = l'epaisseur de la poutre
* L = longueur de poutre
*
*****
OPTI DIME 3 ELEM TRI3 DEN3 0.5 ;

*
-----
* GEOMETRIE
*
-----
B = 1. ;
L = 10. ;
nel = 20;

A1 = 0. 0. 0. ;
A2 = 0. B 0. ;
B1 = L 0. 0. ;
B2 = L B 0. ;

A2A1 = DROI 2 A2 A1 ;
A1B1 = DROI nel A1 B1 ;
B1B2 = DROI 2 B1 B2 ;
B2A2 = DROI nel B2 A2 ;
ST = DALL A2A1 A1B1 B1B2 B2A2 PLAN ;
OEIL = -100 -100 -100 ;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC OEIL 'QUAL' ST ;
FINSI ;

*
-----
* INITIALISATION
*
-----
XABS = PROG ;
FONCL = PROG ;
EP = L/10 ;

*
-----
* MODELE
*
-----
MOD1 = MODE ST MECANIQUE ELASTIQUE PLASTIQUE PARFAIT DKT 'INTEGRE' 7 ;

*
-----
* MATERIAUX
*
-----
E = 2.1E11 ;
SY = 100.E6;
MAT1 = MATE MOD1 YOUN E NU 0. SIGY SY EPAI EP CALF 1. ;
*
-----
```

```
* CONDITIONS AUX LIMITES ET RIGIDITE
*
-----
R11 = RIGI MOD1 MAT1 ;
CL1 = BLOQ UX UY UZ RY RZ A2A1 ;
CLDEP = BLOQ UZ B1B2 ;
CL = CL1 ET CLDEP ;
RIT1 = R11 ET CL;

*
-----
* DEPLACEMENT IMPOSE
*
-----
FDEP = DEPI CLDEP 0.2;

*
-----
* PREPARATION POUR PASAPAS
*
-----
LI1 = PROG 0. 1. ;
LI2 = PROG 0. 1. ;
EV = EVOL MANU T LI1 F(T) LI2 ;
CHAL = CHAR DIMP FDEP EV ;
*
si complet;
  LIS1 = PROG 0. PAS 0.01 0.5;
sinon;
  LIS1 = PROG PAS 0.03333 0.1 PAS 0.02 0.16 ;
finsi;

TAB1 = TABL ;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT1;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHAL;
TAB1.'MODELE' = MOD1;
TAB1.'TEMPS_CALCULES' = LIS1;
TAB1.'BLOCAGES_MECANIQUES' = CL ;
TAB1.'PROCESSEURS' = 'MOT' 'COMPORTEMENT';

*
-----
* CALCUL
*
PASAPAS TAB1;

TEMPS ;

*
-----
* POST-TRAITEMENT
*
-----
NB = DIME LIS1 ;
XABS = INSER XABS 1 (0.0) ;
FONCL = INSER FONCL 1 (0.0) ;

REPE BOUCL NB ;
  ITER1 = &BOUCL ;
  TT = EXIR LIS1 ITER1 ;
  DEP = PECH TAB1 'DEPLACEMENTS' TT ;
  FLECH = EXIR DEP UZ B1 ;
  FF = REAC DEP RIT1 ;
  FFF = RESU(REDU FF B1B2) ;
  FORC = EXIR FFF 'FZ' B1 ;
  XABS = INSER XABS ITER1 FLECH ;
  FONCL = INSER FONCL ITER1 FORC ;

SI (ITER1 EGA (NB-1));
  LIST TAB1.'DEPLACEMENTS' ;
  DEFO = DEFO 0. DEP ST ;
  DEFL = DEFO 5. DEP ST VERT ;
  SI (NEG GRAPH 'N') ;
    TTIR 'DEPLACEMENT UZ';
    TRAC 'CACH' (EXCO DEP UZ) ST ;
    TTIR 'DEFORMEE';
    TRAC 'CACH' (DEFO ET DEFL) ST ;
  FINSI;
FINSI;
FIN BOUCL ;

*
-----
* ON TRACE LA COURBE FORCE-FLECHE
*
-----
TTIR 'FORCE PONCTUELLE FONCTION DE LA FLECHE ' ;
EV1 = EVOL ROUGE MANU 'FLECHE' XABS 'FORCE' FONCL ;

*
-----
* CALCUL ANALYTIQUE DE LA VALEUR ASYMPTOTIQUE
*
-----
si complet;
  FU = (SY * (EP**2))/(4*L) ;
  ERRMAX = 8.5 ;
sinon;
  FU = 1.679E+06;
  ERRMAX = 0.06;
finsi;

SI (NEG GRAPH 'N');
  DESS EV1 ;
FINSI ;

*
-----
```



```
*          CODE FONCTIONNEMENT
*
FC = RESU(REDU FF B1B2) ;
FCC = EXTR FC 'FZ' B1 ;

RESI= 100 * (ABS((FCC-FU)/FU)) ;

MESS '   Force theorique  : ' FU 'N' ;
MESS '   Force calcule   : ' FCC 'N' ;
MESS '   Soit un ecart de : ' RESI '%' ;

SI (RESI <EG ERRMAX) ;
  ERRE 0 ;
SINO ;
  ERRE 5 ;
FINSI ;

TEMPS ;
FIN ;
```

5.4.8 vpla3.dgibi

Nom du fichier	vpla3.dgibi
Type de calcul	Mécanique Viscoplastique 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Résultat Expérimental RAPPORT DMT/93-434 COMPOTEMENT VISCO-PLASTIQUE, MODELE GUIONNET
Description	La structure est un cylindre creux soumis à pression constante avec une déformation axiale cyclique variant de -0,35% à +0,35%
Objectif	Comparaison de l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation obtenue par le calcul à celle mesurée expérimentalement Comparaison de l'évolution de la déformation circonférentielle progressive en fonction du nombre de cycles à celle mesurée expérimentalement (Précision Relative de 18%)
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 37 : Informations sur le cas test vpla3.dgibi

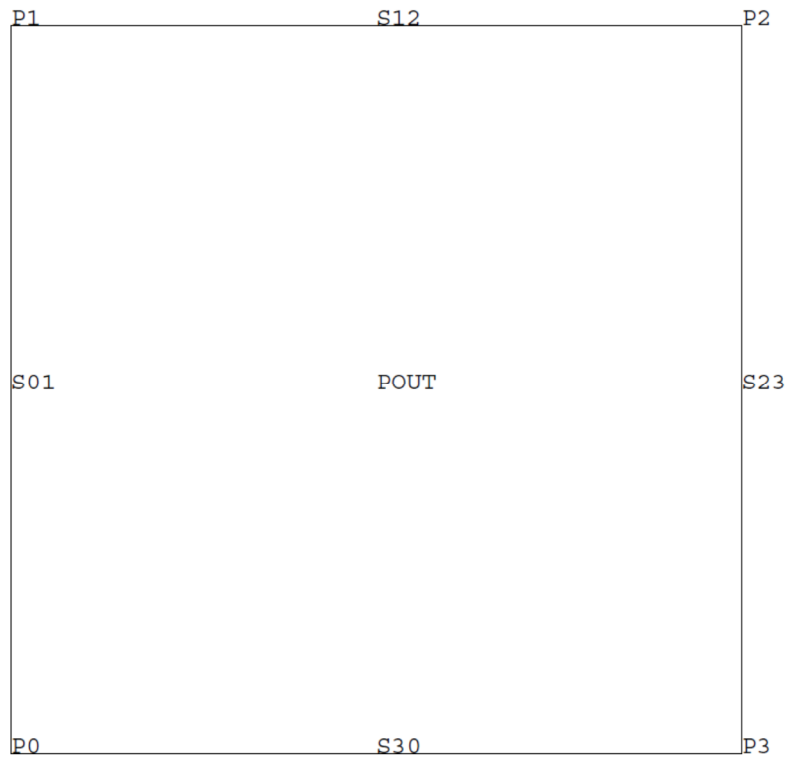


Figure 66 : Maillage du cas-test vpla3.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : vpla3.dgibi
*****
* Section : Mecanique Viscoplastique
*****
*          Test vpla3.dgibi: jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test vpla3.dgibi: jeux de données
*          -----
*
*****

* POUR CALCUL COMPLET METTRE COMPLET A : VRAI;

COMPLET = VRAI;

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC X ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----
*          TEST VPLA3
*
* SORTIE DU DOMAINE ELASTIQUE ET PHASE VISCO-PLASTIQUE
* COMPORTEMENT VISCO-PLASTIQUE - MODELE GUIONNET - CAS AXISYMETRIQUE
* CYLINDRE CREUX SOUMIS A PRESSION INTERNE CONSTANTE ET
*          DEFORMATION AXIALE IMPOSEE CYCLIQUE VARIANT DE
*          0.35% A -0.35%
* COMPARAISON DES BOUCLES SIGMA AXIALE FONCTION DE DEFORMATION AXIALE
* AVEC RESULTATS EXPERIMENTAUX (RAPPORT DMT/93-434)
* COMPARAISON DE LA DEFORMATION CIRCONFERENCE PROGRESSIVE EN
* FONCTION DU NOMBRE DE CYCLES AVEC RESULTATS EXPERIMENTAUX
*-----
OPTI DIME 2 ELEM QUA8 MODE AXISYMETRIQUE ;

* -----DEFINITION DE LA GEOMETRIE
RAY = 8. ;
EP = 2. ;
LONG = EP ;

P0 = RAY 0. ;
P1 = RAY LONG ;
P2 = (RAY+EP) LONG ;
P3 = (RAY+EP) 0. ;
*
S01 = P0 DROIT 1 P1 ;
S12 = P1 DROIT 1 P2 ;
S23 = P2 DROIT 1 P3 ;
S30 = P3 DROIT 1 P0 ;
POUT= DALL S01 S12 S23 S30 'PLAN' ;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC 'QUAL' POUT ;
FINSI ;

* -----DEFINITION DES CONDITIONS AUX LIMITES-----
* ----- ET DES DEPLACEMENTS IMPOSES -----
CL1 = BLOQ UZ S12 ;
CL2 = BLOQ UZ S30 ;
CL = CL1 ET CL2 ;

DELTAL=LONG * 0.35E-2;
FL1 = DEPI CL1 DELTAL ;

MO = MODE POUT 'MECANIQUE' 'ELASTIQUE' 'VISCOPLASTIQUE' 'GUIONNET' ;
MA = MATE MO 'YOUN' 192500. 'NU' 0.3 'N' 24 'K' 200.
'CK' 0. 'R0' 25. 'CD' 0. 'M' 0.8
'A' 24000. 'A1' 3.3E5 'C' 180. 'C1' 40.
'G' 0. 'R' 0. 'NN' 0.005 'C2' 40.
'Q' 1.466 'G1' 0. 'R1' 0. 'BETA' 1.1
'CO' 180. 'E1M0' 0.00333 ;

* -----CHARGEMENT EN TRACTION/COMPRESSION

*          MONTÉE EN CHARGE ET 1ER CYCLE
L1 = PROG 0. 1. 3. 5. ;
L2 = PROG 0. 1. -1. 1. ;

*          AU TOTAL 10 CYCLES
SI COMPLET;
  REPETER STRU1 9;
  NL1 = DIME L1 ;
```

```
X = EXTR L1 NL1 ;
L1 = L1 ET (PROG (X+2.) (X+4.)) ;
L2 = L2 ET (PROG -1 1) ;
FIN STRU1 ;
FINSI;

EV = EVOL MANU 'T' L1 'FT' L2 ;
CHAL = CHAR 'DIMP' FL1 EV ;

* -----CHARGEMENT EN PRESSION
MOP = 'MODE' S01 'CHARGEMENT' 'PRESSION' ;
MAP = 'MATE' MOP 'PRES' -21.5 ;
MOTOT = MO 'ET' MOP ;
MATOT = MA ET MAP ;
*
EVPRE = 'EVOL' 'MANU' 'TEMP' ('PROG' 0. 1. 100000.)
'PRES' ('PROG' 0. 1. 1.) ;
VALP = 'CHAN' 'TYPE' ('EXCO' MAP 'PRES') 'CONTRAINTES' ;
CHA2 = 'CHAR' 'PRES' VALP EVPRE ;

* -----MISE EN CHARGE
LIS0 = PROG .2 .3 .4 PAS .05 .6 PAS .02 .8 PAS .01 1 ;
SI COMPLET;

* -----PREMIER CYCLE
LIS1 = PROG 1.01 1.02 PAS 0.02 1.1 PAS 0.05 2.9 PAS 0.02 2.98 2.99 3.
3.01 3.02 PAS 0.02 3.1 PAS 0.05 4.9 PAS 0.02 4.98 4.99 5.;

* -----CYCLE 2 A 10
NLIS = DIME LIS1 ;
LISCTE4=PROG NLIS * 4.;
LIS2 = LIS1 + LISCTE4 ;
LIS3 = LIS2 + LISCTE4 ;
LIS4 = LIS3 + LISCTE4 ;
LIS5 = LIS4 + LISCTE4 ;
LIS6 = LIS5 + LISCTE4 ;
LIS7 = LIS6 + LISCTE4 ;
LIS8 = LIS7 + LISCTE4 ;
LIS9 = LIS8 + LISCTE4 ;
LIS10= LIS9 + LISCTE4 ;

LIS = LIS0 ET LIS1 ET LIS2 ET LIS3 ET LIS4 ET LIS5 ET LIS6 ET LIS7
ET LIS8 ET LIS9 ET LIS10;

SINON;
  LIS = LIS0;
FINSI;

TAB = TABL ;
TAB.'PRECISION' = 1E-3;
TAB.'BLOCAGES_MECAIQUES' = CL ;
TAB.'CARACTERISTIQUES' = MATOT ;
TAB.'CHARGEMENT' = CHAL 'ET' CHA2 ;
TAB.'TEMPS_CALCULES' = LIS ;
TAB.'MODELE' = MOTOT ;
PASAPAS TAB ;

*****
* COMPARAISON DES RESULTATS AVEC RESULTATS EXPERIMENTAUX
*          RAPPORT DMT/93-434
*****
J = 0;
PROGSIG = PROG;
PROGEPS = PROG;
SI COMPLET;
  LECTI = LECT 37 85 133 181 229 277 325 469 517 949 997;
SINON;
  LECTI = LECT 37;
FINSI;

*****
* CONTRAINTE AXIALE EN FIN DE MONTÉE EN CHARGE
*          EN MILIEU ET FIN DES CYCLES 1 2 ET 3
*****
SI COMPLET;
  NFOIS = (DIME LECTI) - 4 ;
SINON;
  NFOIS = 1;
FINSI;
REPETER STRU1 NFOIS;
  J = J + 1;
  I = EXTR LECTI J;
  SIG = TAB.CONTRAINTES.I;
  SIG11 = EXTR SIG SMZZ 1 1 9;
  PROGSIG = PROGSIG ET (PROG SIG11);
FIN STRU1;

*****
* DEFORMATION CIRCONFERENCE MOYENNE (EN %) POUR CYCLES 5 ET 10
*****
SI COMPLET;
  REPETER STRU2 2;
  J = J + 1;
  I1 = EXTR LECTI J ;
  I2 = EXTR LECTI (J+1);
  EPS_1 = EPSI MOTOT (TAB.DEPLACEMENTS.I1);
```

```

EPS_2 = EPSI MOTOT (TAB.DEPLACEMENTS.I2);
EPS22_1 = ( (EXTR EPS_1 EPIT 1 1 9) + (EXTR EPS_1 EPIT 1 1 6) +
  (EXTR EPS_1 EPIT 1 1 3) ) / 3.;
EPS22_2 = ( (EXTR EPS_2 EPIT 1 1 9) + (EXTR EPS_2 EPIT 1 1 6) +
  (EXTR EPS_2 EPIT 1 1 3) ) / 3.;
EPS22 = (EPS22_1 + EPS22_2) / 2. ;
PROGEPS = PROGEPS ET (PROG EPS22);
J = J + 1;
FIN STRU2;

PROGEPS = 100. * PROGEPS;
FINSI;

*+++++
*          RESULTATS EXPERIMENTAUX
*          RAPPORT DMT/93-434
*+++++
SI COMPLET;
  PROGSX = PROG 300 -300 330.3 -309.8 345.9 -312.8 351.9 ;
  PROGEX = PROG 0.22 0.2675 ;
SINON;
  PROGSX = PROG 300 ;
FINSI;

*+++++
*          COMPARAISON
*+++++
ERR_SIG = ABS ( (PROGSIG - PROGSX) / PROGSX ) ;
ERR_SIG = MAXI ERR_SIG ;
MESS 'Erreur sur les Contraintes : ' ERR_SIG ;

SI COMPLET ;
  ERRADM = 0.18 ;

  ERR_EPS = ABS ( (PROGEPS - PROGEX) / PROGEX ) ;
  ERR_EPS = MAXI ERR_EPS ;
  MESS 'Erreur sur les Deformations : ' ERR_EPS ;
  SI (ERR_EPS <EG 0.18);
    ERRE 0;
  SINON;
    ERRE 5;
  FINSI;
SINON;

  ERRADM=0.03;
  SI (ERR_SIG <EG ERRADM);
    ERRE 0;
  SINON;
    ERRE 5;
  FINSI;
FINSI;

FIN;

```

5.5 DYNAMIQUE

5.5.1 dyna6.dgibi

Nom du fichier	dyna6.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D
Type d'Éléments Finis	POUT
Référence	Solution Analytique (Timoshenko)
Description	<p>MODES DE FLEXION D'UNE POUTRE</p> <p>Cet exemple permet de tester les trois options suivantes de l'opérateur VIBR :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Méthode par intervalle (INTERVALLE) : Séparation des modes par dichotomie sur un intervalle donné • Méthode par proximité (PROCHE) : Recherche des modes proches de valeurs données • Méthode de Lanczos (SIMULTANE) : projection sur un sous-espace <p>Le problème consiste à trouver les fréquences pour le premier et le deuxième mode, d'une poutre encastree à une extrémité et libre à l'autre.</p> <p>Les valeurs obtenues par les trois méthodes sont comparées aux valeurs théoriques.</p>
Objectif	<p>Fréquences des premier et deuxième modes propres de la poutre :</p> $f_1 = 17,71 \text{ Hz}$ $f_2 = 110,98 \text{ Hz}$ <p>(Précision relative de 1%)</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 38 : Informations sur le cas test dyna6.dgibi

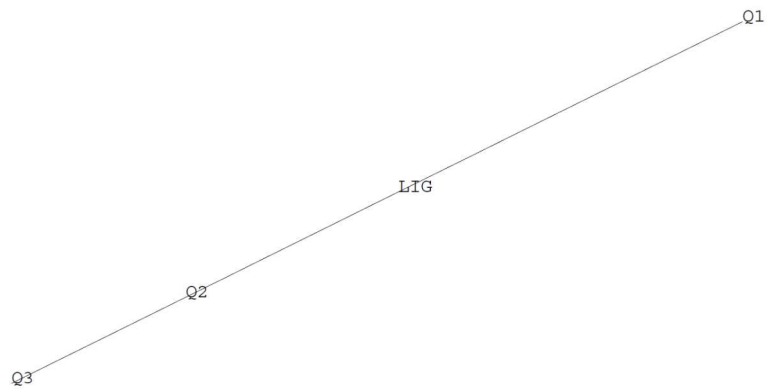


Figure 67 : Maillage du cas-test dyna6.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : dyna6.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test Dyna6.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test dyna6.dgibi: jeux de données
*          -----
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC X ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          DYN6
*
*          CAS TEST OPERATEUR VIBRATION
*          MODES DE FLEXION D'UNE POUTRE
*          ENCASTREE-LIBRE
*
* Cet exemple permet de tester les trois options
* de l'opérateur VIBR :
*
* - par intervalle (INTERVALLE) o° on sépare les
*   modes par dichotomie sur un intervalle donné
* - par proximité (PROCHE) o° on recherche les
*   modes proches de valeurs données
* - par la méthode de Lanczos (SIMULTANE) o° on
*   projette sur un sous-espace
*
* Le problème consiste à trouver les fréquences pour
* le premier et le deuxième mode, d'une poutre
* encastrée à une extrémité et libre à l'autre.
*
* Les valeurs obtenues par les trois méthodes sont
* comparées aux valeurs théoriques.
*****
TITR 'FLEXION D UNE POUTRE ENCASTREE-LIBRE';
OPTI DIME 3 ELEM SEG2 MODE TRID IMPI 0;
OPTI EPSI LINEAIRE;
TEMPS ;
DENSITE 0.1;

*----- MAILLAGE -----
*----- Q2 EST UN NOEUD POUR LE MODE NUMERO 2 ----
Q1 = 0. 0. 0.;Q2 = (2.*0.783) 0. 0. ;Q3 = 2. 0. 0. ;
LIG= Q1 D Q2 D Q3 ;
OEILL1 = 5 5 5 ;

SI(NEG GRAPH 'N');
  TRAC OEILL1 LIG ;
FINSI;

STAN= MODE LIG MECANIQUE POUT ;

*----- MATERIAU ET CARACTERISTIQUES -----
MATPL1=MATE STAN YOUNG 2.E11 NU 0.3 RHO 7800;
CARPL1=CARA STAN SECT 0.01 INRY 6.25E-6 INRZ 1.E-3
TORS 1.E-2;
MATPL1=MATPL1 ET CARPL1;

*----- RIGIDITE ET MASSE -----
RIGPL1 =RIGI STAN MATPL1;
MASPL1=MASS STAN MATPL1 ;

*----- ON BLOQUE Q1 -----
BLOQ1 =BLOQ DEPL ROTA Q1 ;
RIGPLA1=RIGPL1 ET BLOQ1 ;

*
*          PREMIERE OPTION (INTERVALLE)
*          ON SEPRE LES MODES PAR DICHOTOMIE
*          PUIS ON LANCE LES ITERATIONS INVERSES
*
MODPLA1=VIBR INTE 10. 120. RIGPLA1 MASPLA1 ;

*
*          DEUXIEME OPTION (PROCHE)
```

```
*          ON LANCE LES ITERATIONS INVERSES
*          A PARTIR DES FREQUENCES CONTENUES
*          DANS LE LISTREEL
*
-----
PR=PROG 17. 110.;
MODPLA2=VIBR PROC PR RIGPLA1 MASPLA1 ;

*
*          TROISIEME OPTION (SIMULTANE)
*          ON UTILISE LA METHODE DE LANCZOS
*          (PROJECTION SUR UN SOUS-ESPACE)
*
-----
MODPLA3=VIBR SIMU 1. 2 RIGPLA1 MASPLA1 ;
*
*----- R{sultats -----
*
OPTI ECHO 0;
SAUTER PAGE;
F1=TIRE MODPLA1 FREQ RANG 1;
G1=TIRE MODPLA1 FREQ RANG 2;
F2=TIRE MODPLA2 FREQ RANG 1;
G2=TIRE MODPLA2 FREQ RANG 2;
F3=TIRE MODPLA3 FREQ RANG 1;
G3=TIRE MODPLA3 FREQ RANG 2;
*
MESS '*';
MESS '***** ON VERIFIE LES FREQUENCES';
MESS '*';
MESS
'          ANALYTIQUE * INTERVALLE * PROCHE
*          SIMULTANE';
MESS
'          -----*-----
*-----';
MESS 'MODE 1 17.71 * ' F1 '*' F2 '*' ' F3;
MESS 'MODE 2 110.98 * ' G1 '*' G2 '*' ' G3;
MESS '*';
MESS '*';
MESS '*';
MESS '*';
MESS '***** ON VERIFIE LA DEFORMEE DU DEUXIEME MODE';
MESS '*';
MESS '*';
X1=EXTR (TIRE MODPLA1 DEPL RANG 2) UZ Q2;
X2=EXTR (TIRE MODPLA2 DEPL RANG 2) UZ Q2;
X3=EXTR (TIRE MODPLA3 DEPL RANG 2) UZ Q2;
MESS
'          ANALYTIQUE * INTERVALLE * PROCHE
*          SIMULTANE';
MESS
'          -----*-----
*-----';
MESS 'MODE 2 0.00 * ' X1 '*' X2 '*' ' X3;
TEMPS ;
*          CODE FONCTIONNEMENT
FREF=17.71;
GREF=110.98;

RESI1=100 * (ABS((F1-FREF)/FREF));
RESI2=100 * (ABS((G1-GREF)/GREF));

SI((RESI1 <EG 1.) ET (RESI2 <EG 1.));
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;
```

5.5.2 dyna7.dgibi

Nom du fichier	dyna7.dgibi											
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier											
Type d'Éléments Finis	LQU4, LSU2											
Référence	Solution Analytique											
Description	<p>MODES DE BALOTTEMENT D'UNE LAME MINCE FLUIDE</p> <p>Cet exemple permet de tester les trois options de l'opérateur VIBR :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Méthode par intervalle (INTERVALLE) : Séparation des modes par dichotomie sur un intervalle donné • Méthode par proximité (PROCHE) : Recherche des modes proches de valeurs données • Méthode de Lanczos (SIMULTANE) : projection sur un sous-espace <p>Le problème consiste à trouver les modes de ballotement d'une lame mince de fluide dans un espace annulaire pour les modes de Fourier 1 et 3</p> <p>La cavité est supposée indéformable, la gravité est prise en compte.</p>											
Objectif	<p>Fréquences en mode de Fourier 1 et 3 :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Mode Fourier 1</th> <th style="text-align: center;">Mode Fourier 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">$f_1 = 1 \text{ Hz}$</td> <td style="text-align: center;">$f_1 = 1 \text{ Hz}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$f_2 = 1,81 \text{ Hz}$</td> <td style="text-align: center;">$f_2 = 18,31 \text{ Hz}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$f_3 = 3,76 \text{ Hz}$</td> <td style="text-align: center;">$f_3 = 201,72 \text{ Hz}$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">(Précision relative de 1%)</td> <td style="text-align: center;">(Précision relative de 1%)</td> </tr> </tbody> </table>		Mode Fourier 1	Mode Fourier 3	$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$f_2 = 1,81 \text{ Hz}$	$f_2 = 18,31 \text{ Hz}$	$f_3 = 3,76 \text{ Hz}$	$f_3 = 201,72 \text{ Hz}$	(Précision relative de 1%)	(Précision relative de 1%)
Mode Fourier 1	Mode Fourier 3											
$f_1 = 1 \text{ Hz}$	$f_1 = 1 \text{ Hz}$											
$f_2 = 1,81 \text{ Hz}$	$f_2 = 18,31 \text{ Hz}$											
$f_3 = 3,76 \text{ Hz}$	$f_3 = 201,72 \text{ Hz}$											
(Précision relative de 1%)	(Précision relative de 1%)											
Version de Cast3M	Du jour											
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits											

Tableau 39 : Informations sur le cas test dyna7.dgibi

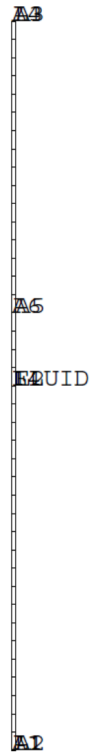


Figure 68 : Maillage du cas-test dyna7.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : dyna7.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test Dyna7.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test dyna7.dgibi: jeux de données
*          -----
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC X ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          DYNA7
*          CAS TEST OPERATEUR VIBRATION
*
* Cet exemple permet de tester les trois options de
* l'opérateur VIBR
*
* On calcule les modes de ballotement d'une lame mince
* de fluide dans un espace annulaire en mode de
* Fourier 1 et 3.
*
* On suppose la cavité indéformable. L'effet de la
* gravité est pris en compte.
*
*****
TITR 'MODES DE BALLOTEMENT D UNE LAME MINCE DE FLUIDE';
OPTI DIME 2 ELEM QUA4;
OPTI EPSI LINEAIRE;
TEMPS ;

*----- MALLAGE -----
*----- ON NE MAILLE QUE LE FLUIDE -----
*
A1=0.995 0.;A2=1.005 0.;A3=1.005 2.;A4=0.995 2.;
A5=1.005 1.2;A6=0.995 1.2;
L1=D 1 A1 A2;
L2=A2 D 24 A5 D 16 A3;
L3=D 1 A3 A4;
L4=A4 D 16 A6 D 24 A1;
FLUID=DALL L1 L2 L3 L4;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' FLUID ;
FINSI;
*
OPTI ELEM SEG2;
SURFA=D 1 A3 A4;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' SURFA ;
FINSI;
*
MAIL=FLUID ET SURFA;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' MAIL;
FINSI;
*
*----- DEFINITION DE QUELQUES CONSTANTES -----
*
ROREF=1.;CEREF=1.;LCARA=1.;
R00=1000.;CS=1200.;GRA=9.8;
*
*-- MODELE ET OBJET AFFECTE FLUIDE ET SURFACE LIBRE ---
*----- POUR L'HARMONIQUE DE FOURIER 1 -----
*
OPTI MODE FOUR 1;
MODLIQ1=MODE FLUID LIQUIDE LQU4;
MODLIQ2=MODE SURFA LIQUIDE LSU2;
MODLIQ=MODLIQ1 ET MODLIQ2;
*
*----- MATERIAU LIQUIDE -----
*
MAT=MATE MODLIQ RHO R00 RORF ROREF CSON CS CREF CEREF
LCAR LCARA G GRA;
```

```
*----- RIGIDITE ET MASSE -----
*
RAI=RIGI MODLIQ MAT;
MAS=MASS MODLIQ MAT;
*
*
* ON CALCULE LE PREMIER MODE AVEC L'OPTION INTERVALLE
* DE VIBR. ON RENORMALISE LE CHAMP DE DEPLACEMENT
* (ET DE PRESSION) DE MANIERE A CE QUE LA PRESSION SOIT
* EGALE A 1 A L'ALTITUDE 0 ET ON EXTRAIT LES PRESSIONS
* AUX POINTS A2, A5 ET A3
*
MOD1=VIBR INTE 0. 1. RAI MAS;
F1=TIRE MOD1 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD1 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
X1=EXTR PP P A2;Y1=EXTR PP P A5;Z1=EXTR PP P A3;
*
*
* ON CALCULE LE PREMIER MODE AVEC L'OPTION
* PROCHE DE VIBR
*
MOD2=VIBR PROC (PROG 0.5) RAI MAS;
F2=TIRE MOD2 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD2 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
X2=EXTR PP P A2;Y2=EXTR PP P A5;Z2=EXTR PP P A3;
*
*
* ON CALCULE LE PREMIER MODE AVEC L'OPTION SIMULTANE
* DE VIBR
*
MOD3=VIBR SIMU 0.5 1 RAI MAS;
F3=TIRE MOD3 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD2 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
X3=EXTR PP P A2;Y3=EXTR PP P A5;Z3=EXTR PP P A3;
*
*
* ON RECOMMENCE LES OPERATIONS CETTE FOIS
* AVEC L'HARMONIQUE 3
*
OPTI MODE FOUR 3;
MODLIQ1=MODE FLUID LIQUIDE LQU4;
MODLIQ2=MODE SURFA LIQUIDE LSU2;
*
MODLIQ=MODLIQ1 ET MODLIQ2;
*
MAT=MATE MODLIQ RHO R00 RORF ROREF CSON CS CREF CEREF
LCAR LCARA G GRA;
*
RAI=RIGI MODLIQ MAT;
MAS=MASS MODLIQ MAT;
*
MOD1=VIBR INTE 0. 1. RAI MAS;
*-----
G1=TIRE MOD1 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD1 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
T1=EXTR PP P A2;U1=EXTR PP P A5;V1=EXTR PP P A3;
*-----
MOD2=VIBR PROC (PROG 0.9) RAI MAS;
*
G2=TIRE MOD2 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD2 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
T2=EXTR PP P A2;U2=EXTR PP P A5;V2=EXTR PP P A3;
*-----
MOD3=VIBR SIMU 0.9 1 RAI MAS;
G3=TIRE MOD3 FREQ RANG 1;
PRE=TIRE MOD3 DEPL RANG 1;
PBAS=EXTR PRE P A2;
PP=PRE/PBAS;
T3=EXTR PP P A2;U3=EXTR PP P A5;V3=EXTR PP P A3;
*-----
SAUT PAGE; SAUT 2 LIGNE ;
MESS '*';
MESS '***** ON VERIFIE LES FREQUENCES';
MESS '*';
MESS ' ';
MESS
'
* ANALYTIQUE * INTERVALLE * PROCHE
* SIMULTANE';
MESS
'
*-----*-----*-----'
```

```

-----*-----';
MESS ' HARM 1 0.489 * ' F1 '*' F2 '* ' F3;
MESS ' HARM 3 0.863 * ' G1 '*' G2 '* ' G3;
MESS ' ';
MESS '*';
MESS
'***** ON VERIFIE LE CHAMP DE PRESSION AUX POINTS
A1,A5 ET A3';
MESS '*';
MESS ' ';
MESS
' ANALYTIQUE * INTERVALLE * PROCHE
* SIMULTANE';
MESS
' -----*-----
-----*-----';
MESS 'HARM 1 1.00 * ' X1 '*' X2 '* ' X3 ;
MESS 'HARM 1 1.81 * ' Y1 '*' Y2 '* ' Y3 ;
MESS 'HARM 1 3.76 * ' Z1 '*' Z2 '* ' Z3 ;
MESS 'HARM 3 1.00 * ' T1 '*' T2 '* ' T3 ;
MESS 'HARM 3 18.31 * ' U1 '*' U2 '* ' U3 ;
MESS 'HARM 3 201.72 * ' V1 '*' V2 '* ' V3 ;
TEMPS ;

*----- code de bon fonctionnement -----*
SAUT 1 PAGE;
ERR = TABL;
ERR.1 = 100 * (ABS(0.489 -F1)/0.489);
ERR.2 = 100 * (ABS(0.489-F2)/0.489);
ERR.3 = 100 * (ABS(0.489 -F3)/0.489);
ERR.4 = 100 * (ABS(0.863 -G1)/0.863);
ERR.5 = 100 * (ABS(0.863 -G2)/0.863);
ERR.6 = 100 * (ABS(0.863 -G3)/0.863);
ERR.7 = 100 * (ABS(1-X1)/1);
ERR.8 = 100 * (ABS(1-X2)/1);
ERR.9 = 100 * (ABS(1-X3)/1);
ERR.10= 100 * (ABS(1.81 -Y1)/1.81);
ERR.11= 100 * (ABS(1.81 -Y2)/1.81);
ERR.12= 100 * (ABS(1.81 -Y3)/1.81);
ERR.13= 100 * (ABS(3.76 -Z1)/3.76);
ERR.14= 100 * (ABS(3.76 -Z2)/3.76);
ERR.15= 100 * (ABS(3.76 -Z3)/3.76);
ERR.16= 100 * (ABS(1-T1));
ERR.17= 100 * (ABS(1-T2));
ERR.18= 100 * (ABS(1-T3));
ERR.19= 100 * (ABS(18.31 -U1)/18.31);
ERR.20= 100 * (ABS(18.31 -U2)/18.31);
ERR.21= 100 * (ABS(18.31 -U3)/18.31);
ERR.22= 100 * (ABS(201.72-V1)/201.72);
ERR.23= 100 * (ABS(201.72-V2)/201.72);
ERR.24= 100 * (ABS(201.72-V3)/201.72);

I=0;
REPETER BOUC1 24;
I=I+1;
SI (ERR.I <EG 1);
SAUT 1 LIGN;
ERRE 0;
SINON;
MESS 'erreur valeur ' I ' du tableau : ' ERR.I;
ERRE 5;
FINSI;
FIN BOUC1;

FIN;

```

5.5.3 dyna8.dgibi

Nom du fichier	dyna8.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D
Type d'Éléments Finis	CU20
Référence	Solution Analytique (Timoshenko)
Description	FREQUENCES PROPRES D'UNE POUTRE-CONSOLE Le problème consiste à trouver les modes propres d'une poutre encastree à une extrémité (Surface ST) et libre de l'autre Ce test est similaire au test dyna6.dgibi mais les éléments sont des CU20 au lieu de POUT.
Objectif	6 premières fréquences propres : $f_1 = 9,39 \text{ Hz}$ $f_2 = 16,78 \text{ Hz}$ $f_3 = 52,52 \text{ Hz}$ (Précision relative de 1%) $f_4 = 59,75 \text{ Hz}$ $f_5 = 105,0 \text{ Hz}$ $f_6 = 129,6 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 40 : Informations sur le cas test dyna8.dgibi

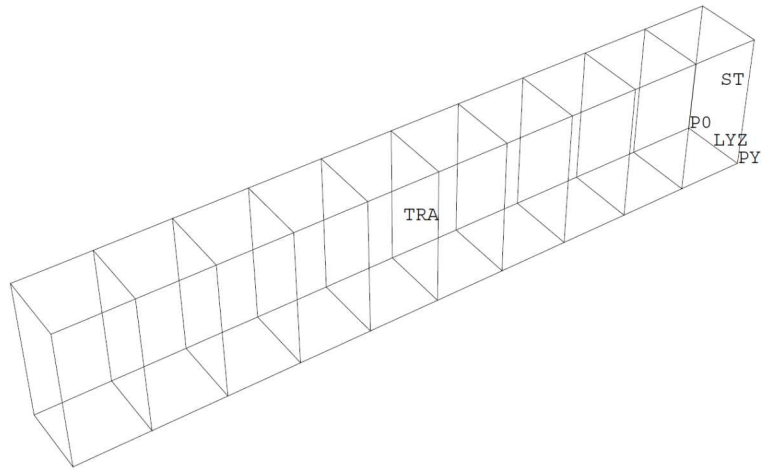


Figure 69 : Maillage du cas-test dyna8.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : dyna8.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test Dyna8.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****
*          Test dyna8.dgibi: jeux de données          *
*          -----*
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          DYNAB
*
*          CALCUL DES FREQUENCES PROPRES D'UNE POUTRE-CONSOLE
*          (COMPARAISON AVEC TIMOSHENKO)
*
* On recherche les frequences propres d'une poutre encastree a une
* extremite (surface ST) et libre a l'autre extremite.
*
* Ce test est similaire au test DYNAB6, mais au lieu d'utiliser des
* elements POUT on utilise ici des elements massifs CU20.
*
* Les resultats sont compares aux resultats obtenus par methode analyti-
* que et cites dans l'ouvrage de Timoshenko.
*
*****
TIIR 'FREQUENCES PROPRES D UNE POUTRE-CONSOLE' ;
OPTI DIME 3 ELEM CU20 ;
OPTI EPSI LINEAIRE;
TEMPS;
*
*----- GEOMETRIE -----*
*
P0 = 0 0 0 ;
P10 = 10 0 0 ;
PY = 0 1 0 ;
PZ = 0 0 2 ;
LYZ = P0 DROI 1 PY ;
ST = LYZ TRAN 1 PZ ;
TRA = ST VOLU 10 TRAN P10 ;
*
OEIL1 = 15 15 15 ;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' OEIL1 TRA ;
FINSI;
*
*----- MATERIAU -----*
*
MM = MODE TRA MECANIQUE CU20 ;

MA = MATE MM YOUN 2.1E11 NU 0.3 RHO 7800 ;
*
*----- CONDITIONS AUX LIMITES, RIGIDITE ET MASSE -----*
*
INC = BLOQ DEPL ROTA ST ;
K = RIGI MM MA ;
KT = K ET INC ;
MT = MASS MM MA ;
*
*----- CALCUL DES FREQUENCES PAR INTERVALLE -----*
*
* Cette methode de recherche en trois intervalles est plus rapide que
* la recherche en une seule fois sur l'intervalle 0-150.
*
AUTO0 = VIER INTERVALLE 0. 50. BASSE 2 KT MT ;
AUTO1 = VIER INTERVALLE 50. 100. BASSE 2 KT MT ;
AUTO2 = VIER INTERVALLE 100. 150. BASSE 2 KT MT ;
*
*----- TRACE ET SORTIES -----*
*
F1 = (TIRE AUTO0 FREQ NUME 1) ;
F2 = (TIRE AUTO0 FREQ NUME 2) ;
F3 = (TIRE AUTO1 FREQ NUME 1) ;
F4 = (TIRE AUTO1 FREQ NUME 2) ;
F5 = (TIRE AUTO2 FREQ NUME 1) ;

```

```

F6 = (TIRE AUTO2 FREQ NUME 2) ;
*
SAUT PAGE ; SAUT 2 LIGNE ;
*
MESS ' MODE 1   FREQUENCE THEORIQUE 8.391   CALCULEE ' F1 ;
MESS ' MODE 2   FREQUENCE THEORIQUE 16.78   CALCULEE ' F2 ;
MESS ' MODE 3   FREQUENCE THEORIQUE 52.52   CALCULEE ' F3 ;
MESS ' MODE 4   FREQUENCE THEORIQUE 59.75   CALCULEE ' F4 ;
MESS ' MODE 5   FREQUENCE THEORIQUE 105.0   CALCULEE ' F5 ;
MESS ' MODE 6   FREQUENCE THEORIQUE 129.6   CALCULEE ' F6 ;
*
*----- CODE DE FONCTIONNEMENT -----*
ERR=TABLE;
ERR.1=100*(ABS(8.391 -F1)/8.391);
ERR.2=100*(ABS(16.78 -F2)/16.78);
ERR.3=100*(ABS(52.52 -F3)/52.52);
ERR.4=100*(ABS(59.75 -F4)/59.75);
ERR.5=100*(ABS(105.0 -F5)/105.0);
ERR.6=100*(ABS(129.6 -F6)/129.6);
I=0;
REPETER BOUC 6;
  I=I+1;
  SI (ERR.I < 1);
    ERRE 0;
  SINON;
    ERRE 5;
  FINSI;
FIN;

TEMPS;

FIN;

```

5.5.4 dyna9.dgibi

Nom du fichier	dyna9.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D
Type d'Éléments Finis	COQ4
Référence	VIBRATIONS OF RECTANGULAR AND SHEAR PLATES JOU. OF APPL. MECH. , VOL.18 , 1951 FREQUENCES PROPRES D'UNE PLAQUE-CONSOLE
Description	Le problème consiste à trouver les modes propres d'une plaque encastree sur le bord L1 et libre sur les 3 autres bords Les solutions calcules sont comparées a celles publiées par M.V. BARTON
Objectif	4 premières fréquences propres : $f_1 = 84,6 \text{ Hz}$ $f_2 = 363,8 \text{ Hz}$ (Précision relative de 1%) $f_3 = 576,6 \text{ Hz}$ $f_4 = 1187 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 41 : Informations sur le cas test dyna9.dgibi

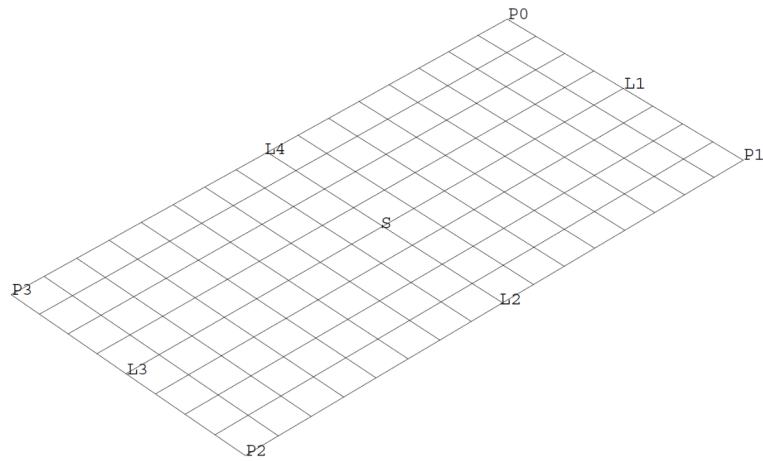


Figure 70 : Maillage du cas-test dyna9.dgibi

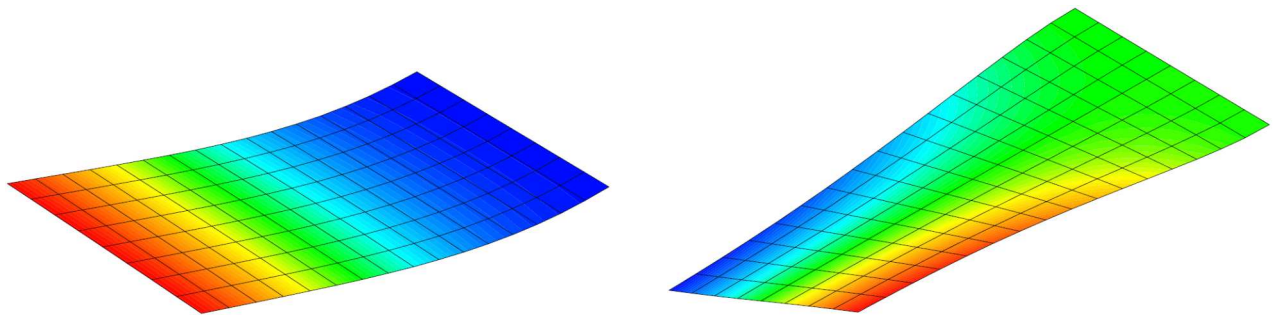


Figure 71 : Déformée modale du mode n° 1 à 83,92Hz (à gauche) et du mode n° 2 à 361,24Hz (à droite)

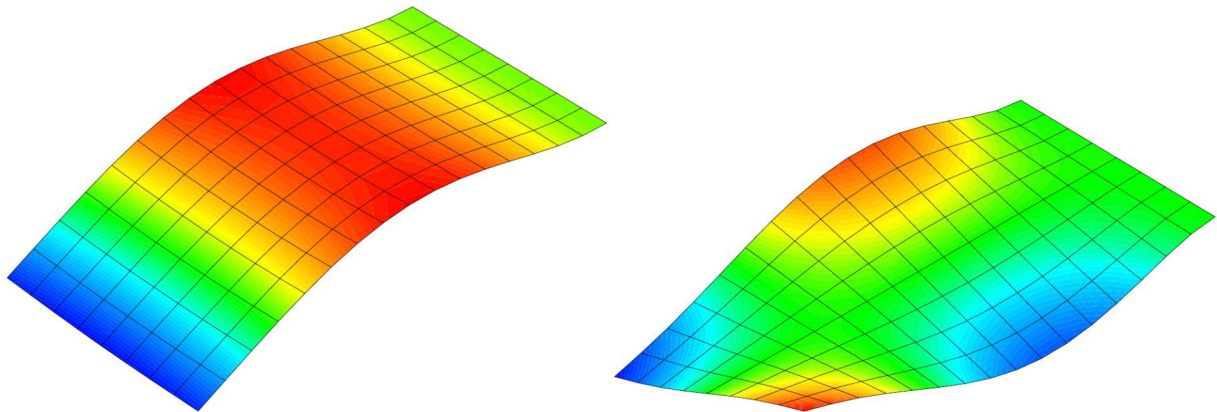


Figure 72 : Déformée modale du mode n° 3 à 527,6Hz (à gauche) et du mode n° 4 à 1184Hz (à droite)

Jeu de données :

```
* fichier : dyna9.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test Dyna9.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****
*          Test dyna9.dgibi: jeux de données          *
*          -----*
*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          DYN9
*
*          CALCUL DES FREQUENCES PROPRES D'UNE PLAQUE-CONSOLE
*
* Dans cet exemple on calcule les frequences propres d'une plaque
* encastree sur un cote et libre sur les trois autres cotes.
*
* Les solutions calcules sont comparees a celles publiees par
* M.V. BARTON dans l'article :
*
*          VIBRATIONS OF RECTANGULAR AND SHEAR PLATES
*          JOU. OF APPL. MECH. , VOL.18 , 1951
*
*****
TTITR 'FREQUENCES PROPRES D UNE PLAQUE CONSOLE' ;

OPTI DIME 3 ELEM QUA4 ;
OPTI EPSI LINEAIRE;

TEMPS ;
*
*----- GEOMETRIE -----*
*
P0 = 0 0 0 ;
P1 = 0 1 0 ;
P2 = 2 1 0 ;
P3 = 2 0 0 ;
L1 = D 8 P0 P1 ;
L2 = D 16 P1 P2 ;
L3 = D 8 P2 P3 ;
L4 = D 16 P3 P0 ;
S = L1 L2 L3 L4 DALL PLAN ;
*
OEILL = 10 10 10 ;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
```

```
TRAC 'QUAL' OEILL S ;
FINSI;
*
*----- MATERIAU -----*
MM = MODE S MECANIQUE COQ4 ;

MA = MATE MM YOUN 30E6 NU 0.3 RHO 7.32E-4 ;
CA = CARA MM EPAI 0.01 ;
MA =MA ET CA;
*
*----- CONDITIONS AUX LIMITES - CALCUL DES MATRICES -----*
*
INC = BLOQ DEPL ROTA L1 ;
K = RIGI MM MA ;
KT = K ET INC ;
M = MASS MM MA;
*
*----- CALCUL -----*
PROGREF = PROG 84.6 363.8 526.6 1187 ;
PROGL = PROG 85. 360. 530. 1200. ;
AUTO = VIBR PROCHE PROGL KT M ;
*
*----- TRACE ET SORTIES -----*
PROGERR = VIDE 'LISTREEL';
REPE SURMOD (DIME AUTO);
  INDICE = &SURMOD ;
  FREQEN = (TIRE AUTO FREQ NUME INDICE) ;
  FREQREF= EXTR PROGREF INDICE;

MESS ' MODE ' INDICE
  'FREQUENCE REF :' (EXTR PROGREF INDICE)
  'FREQUENCE CAL :' FREQEN ;
MESS ' ERREUR RELATIVE : ' ERREUR ;
DEPLA = (TIRE AUTO DEPL NUME INDICE) ;
DEPLZ = EXCO DEPLA 'UZ';
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC OEILL DEPLZ (DEFO 0.5 DEPLA S);
FINSI;
SAUT 1 LIGNE ;

ERREUR = 100 * ((ABS(FREQREF -FREQEN) / FREQREF ));
PROGERR = PROGERR ET (PROG ERREUR);

FIN SURMOD;

*----- CODE DE FONCTIONNEMENT -----*
ERRMAX = MAXI PROGERR;

SI (ERRMAX < 1);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

TEMPS ;
FIN;
```

5.5.5 dyna10.dgibi

Nom du fichier	dyna10.dgibi			
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier			
Type d'Éléments Finis	COQ2			
Référence	S. TIMOSHENKO, D. H. YOUNG AND WEAVER, JR., VIBRATION PROBLEMS IN ENGINEERING, 4TH ED. (NEW YORK : WILEY & SONS, 1974) P. 501			
Description	MODES PROPRES D'UNE PLAQUE CIRCULAIRE, SYMETRIE CYCLIQUE Le problème consiste à trouver les modes propres d'une plaque circulaire libre			
Objectif	2 premières fréquences propres pour les 4 premiers modes de Fourier			
	Mode Fourier 0	Mode Fourier 1	Mode Fourier 2	Mode Fourier 2
	$f_1 = 446,18 \text{ Hz}$ $f_2 = 1893,68 \text{ Hz}$	$f_1 = 1008,78 \text{ Hz}$ $f_2 = 2937,86 \text{ Hz}$	$f_1 = 258,14 \text{ Hz}$ $f_2 = 1732,43 \text{ Hz}$	$f_1 = 601,23 \text{ Hz}$ $f_2 = 2601,11 \text{ Hz}$
	(Précision relative de 2,5%)			
Version de Cast3M	Du jour			
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits			

Tableau 42 : Informations sur le cas test dyna10.dgibi

P1 L1 P2

Figure 73 : Maillage du cas-test dyna10.dgibi

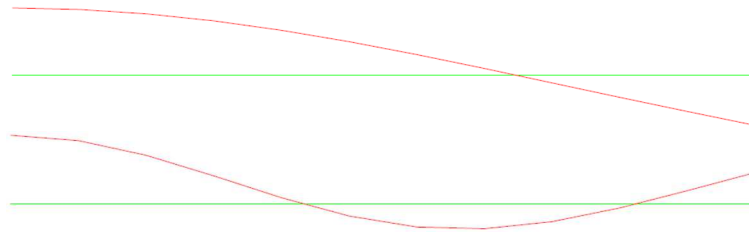


Figure 74 : Mode de Fourier 0 : déformée modale (en vert, x_1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas)

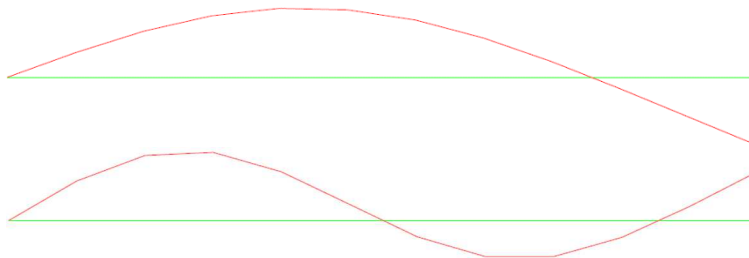


Figure 75 : Mode de Fourier 1 : déformée modale (en vert, x_1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas)

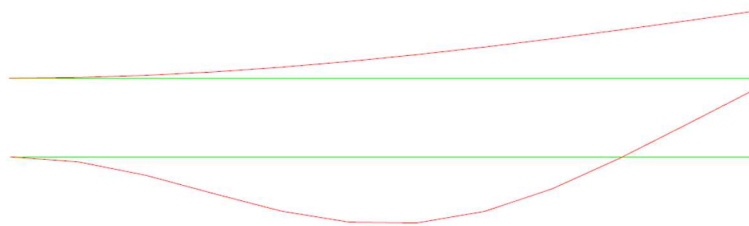


Figure 76 : Mode de Fourier 2 : déformée modale (en vert, x_1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas)

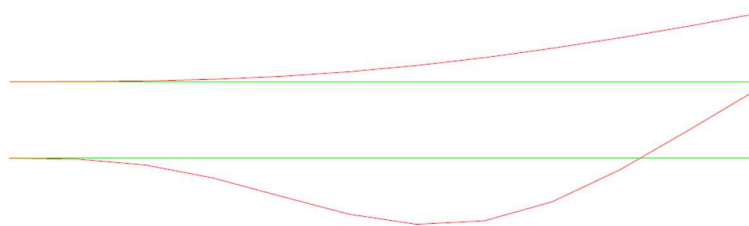


Figure 77 : Mode de Fourier 3 : déformée modale (en vert, x_1) de la fréquence propre n° 1 (en haut) et de la fréquence propre n° 2 (en bas)

Jeu de données :

```

* fichier : dynal0.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*      Test Dynal0.dgibi: Jeux de données
*      -----
*
*
*****
*      Test dynal0.dgibi: jeux de données
*      -----
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*      DYNAL0
*****
*      MODES PROPES D'UNE PLAQUE CIRCULAIRE ,SYMETRIE CYCLIQUE

* DESCRIPTION DU PROBLEME
* -----
* IL S'AGIT DE CALCULER LES FREQUENCES NATURELLES D'UNE PLAQUE
* CIRCULAIRE LIBRE
*
* REFERENCE :
* -----
* S. TIMOSHENKO, D. H. YOUNG AND WEAVER, JR., VIBRATION PROBLEMES IN
* ENGINEERING ,4TH ED. (NEW YORK :WILEY & SONS,1974) P. 501
*****
OPTI DIME 2 ELEM QUA4 ;
OPTI EPSI LINEAIRE;
*
* MAILLAGE
P1 = 0. 0. ; P2 = 11. 0. ;
L1 = D 11 P1 P2 ;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' L1 ;
FINSI;

OPTI MODE FOUR 0 ;
*
* MODELE
MOD1 = MODELE L1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ2 ;
*
* PROPRIETES DE MATERIAUX
MAT1 = MATE MOD1 YOUN 1.E7 NU 0.3 RHO 0.0002588 ;
CAR1 = CARA MOD1 EPAI 0.1 ;
*
* MATRICE DE RIGIDITE
RIG1 = RIGIDITE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
*
* MATRICE DE MASSE
MAS1 = MASSE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
*
* CALCUL DES MODES
TAB1 = VIBR 'INTERVALE' 1. 1000.
      (RIG1 ) MAS1 'TBAS';
*
* COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ANALYTIQUES
TAB2 = TAB1.MODES ;
OMEG1 = (((TAB2.1).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG1TH = 446.18 ;ER01 =((OMEG1 - OMEG1TH) / (ABS OMEG1TH))*100.;
OMEG2 = (((TAB2.2).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG2TH = 1893.68 ;ER02 =((OMEG2 - OMEG2TH) / (ABS OMEG2TH))*100.;
MESS ' PREMIER MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG1TH 'CASTEM 'OMEG1 '%ERREUR ' ER01 ;
MESS ' DEUXIEME MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG2TH 'CASTEM 'OMEG2 '%ERREUR ' ER02 ;
*
* DEFORMEES
DEF1 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF2 = DEFORM (TAB2.2).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF0 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 0. VERT ;
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC (DEF0 ET DEF1) ;
  TRAC (DEF0 ET DEF2) ;
FINSI;
*
* CALCUL DES MODES (MODE FOURIER 1)

```

```

OPTIO MODE FOUR 1 ;
RIG1 = RIGIDITE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
MAS1 = MASSE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
TAB1 = VIBR 'INTERVALE' 1. 1000.
      (RIG1 ) MAS1 'TBAS';
*
* COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ANALYTIQUES
TAB2 = TAB1.MODES ;
OMEG1 = (((TAB2.1).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG1TH = 1008.78 ;ER11 =((OMEG1 - OMEG1TH) / (ABS OMEG1TH))*100 ;
OMEG2 = (((TAB2.2).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG2TH = 2937.86 ;ER12 =((OMEG2 - OMEG2TH) / (ABS OMEG2TH))*100 ;
MESS ' PREMIER MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG1TH 'CASTEM 'OMEG1 '%ERREUR ' ER11 ;
MESS ' DEUXIEME MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG2TH 'CASTEM 'OMEG2 '%ERREUR ' ER12 ;
*
* DEFORMEES
DEF1 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF2 = DEFORM (TAB2.2).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF0 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 0. VERT ;
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC (DEF0 ET DEF1) ;
  TRAC (DEF0 ET DEF2) ;
FINSI;
*
* CALCUL DES MODES (MODE FOURIER 2)
OPTIO MODE FOUR 2 ;
RIG1 = RIGIDITE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
MAS1 = MASSE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
TAB1 = VIBR 'INTERVALE' 1. 1000.
      (RIG1 ) MAS1 'TBAS';
*
* COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ANALYTIQUES
TAB2 = TAB1.MODES ;
OMEG1 = (((TAB2.1).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG1TH = 258.14 ;ER21 =((OMEG1 - OMEG1TH) / (ABS OMEG1TH))*100 ;
OMEG2 = (((TAB2.2).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG2TH = 1732.43 ;ER22 =((OMEG2 - OMEG2TH) / (ABS OMEG2TH))*100 ;
MESS ' PREMIER MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG1TH 'CASTEM 'OMEG1 '%ERREUR ' ER21 ;
MESS ' DEUXIEME MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG2TH 'CASTEM 'OMEG2 '%ERREUR ' ER22 ;
*
* DEFORMEES
DEF1 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF2 = DEFORM (TAB2.2).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF0 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 0. VERT ;
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC (DEF0 ET DEF1) ;
  TRAC (DEF0 ET DEF2) ;
FINSI;
*
* CALCUL DES MODES (MODE FOURIER 3)
OPTIO MODE FOUR 3 ;
RIG1 = RIGIDITE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
MAS1 = MASSE MOD1 (MAT1 ET CAR1) ;
TAB1 = VIBR 'INTERVALE' 1. 1000.
      (RIG1 ) MAS1 'TBAS';
*
* COMPARAISON AVEC LES RESULTATS ANALYTIQUES
TAB2 = TAB1.MODES ;
OMEG1 = (((TAB2.1).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG1TH = 601.23 ;ER31 =((OMEG1 - OMEG1TH) / (ABS OMEG1TH))*100 ;
OMEG2 = (((TAB2.2).FREQUENCE) * 2. ) * PI ;
OMEG2TH = 2601.11 ;ER32 =((OMEG2 - OMEG2TH) / (ABS OMEG2TH))*100 ;
MESS ' PREMIER MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG1TH 'CASTEM 'OMEG1 '%ERREUR ' ER31 ;
MESS ' DEUXIEME MODE ' ;
MESS 'THEORIQUE ' OMEG2TH 'CASTEM 'OMEG2 '%ERREUR ' ER32 ;
*
* DEFORMEES
DEF1 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF2 = DEFORM (TAB2.2).DEFORMEE_MODALA L1 1. ROUG ;
DEF0 = DEFORM (TAB2.1).DEFORMEE_MODALA L1 0. VERT ;
SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC (DEF0 ET DEF1) ;
  TRAC (DEF0 ET DEF2) ;
FINSI;

SI ((MAXI ABS (PROG ER01 ER02 ER11 ER12 ER21 ER22 ER31 ER32)) < 2.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN ;

```

5.5.6 vibr2.dgibi

Nom du fichier	vibr2.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test NAFEMS Numéro FV42 MODES PROPRES ET FREQUENCE D'UNE SHPERE EPAISSE
Description	Calcule des fréquences et modes propres d'une sphère épaisse. Seul les modes de vibration radiales uniformes sont recherchés. Seul un secteur de la sphère est maillé. Pour obtenir les conditions limites correspondantes, on utilise l'opérateur RELA (les nœuds positionnés au même rayon ont le même déplacement radial).
Objectif	5 premières fréquences propres de la sphère $f_1 = 369,91 \text{ Hz}$ $f_2 = 838,03 \text{ Hz}$ $f_3 = 1451,2 \text{ Hz}$ (Précision relative de 2%) $f_4 = 2117,0 \text{ Hz}$ $f_5 = 2795,8 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 43 : Informations sur le cas test vibr2.dgibi

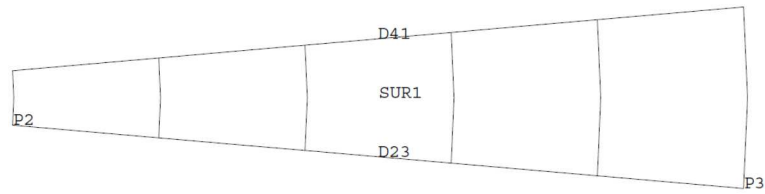


Figure 78 : Maillage du cas-test vibr2.dgibi

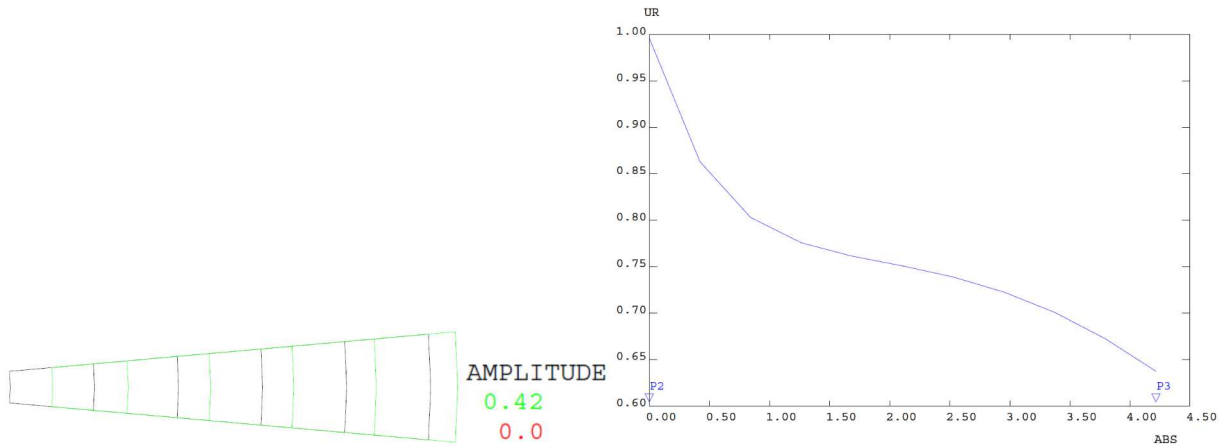


Figure 79 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 1 (368,62Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu)

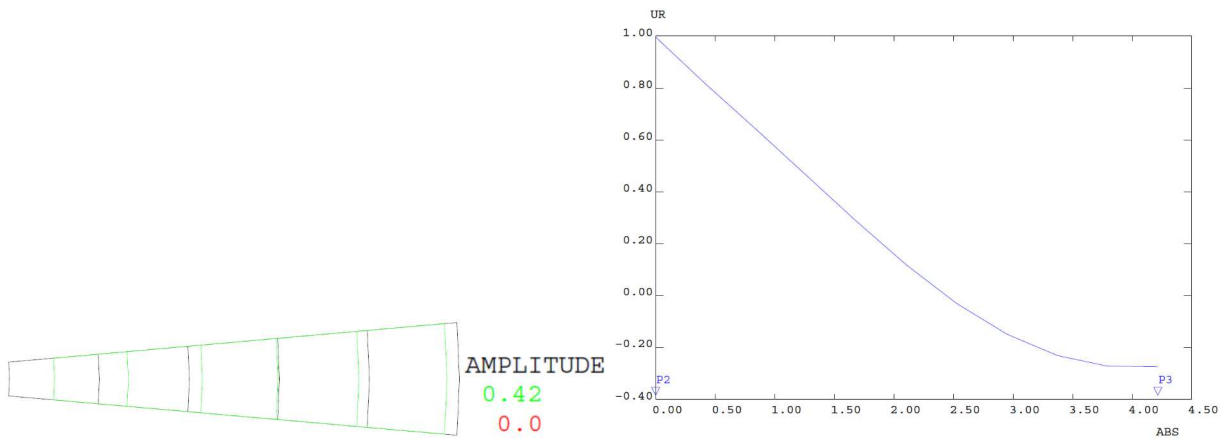


Figure 80 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 2 (834,92Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu)

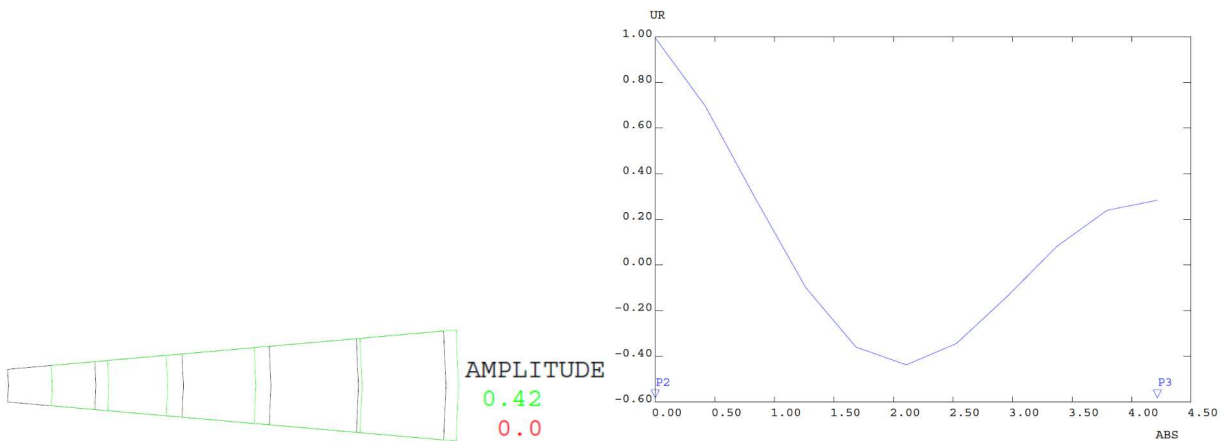


Figure 81 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 3 (1447,5Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu)

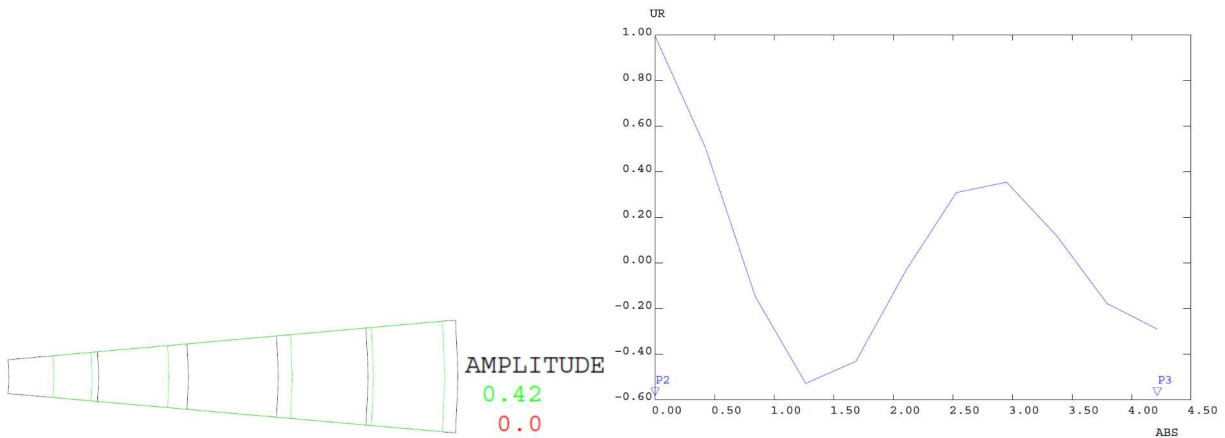


Figure 82 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 4 (2123,6Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu)

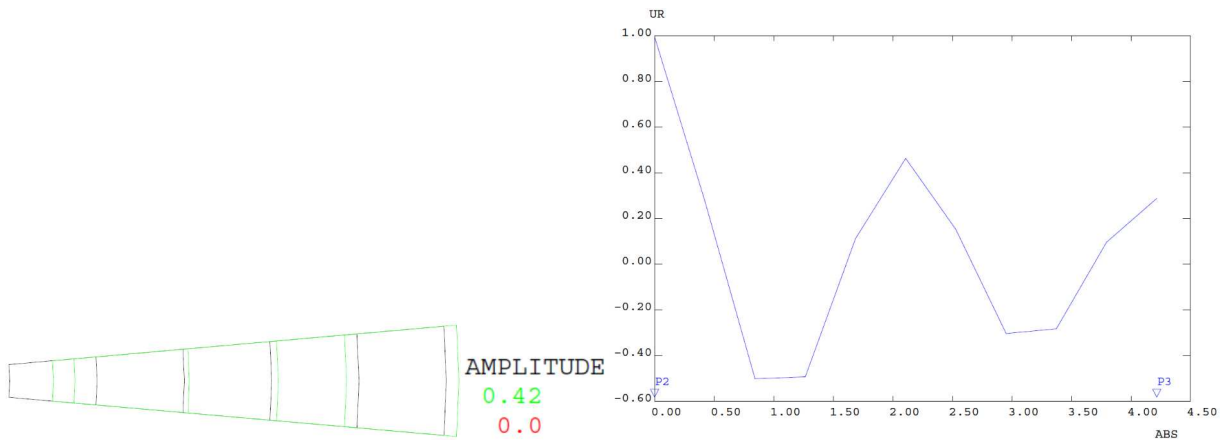


Figure 83 : Déformée modale (en vert, x0,42) de la fréquence propre n° 5 (2841,8Hz) et évolution du déplacement radial (en bleu)

Jeu de données :

```
* fichier : vibr2.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test vibr2.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          Test vibr2.dgibi: jeux de données
*          -----
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          VIBR2
*****
* Mots-clés : Vibrations, calcul modal, axisymetrique
*
* TEST VIBR2
*
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST
*
* SPHERE EPAISSE : VIBRATION RADIALE UNIFORME
*
* Test NAFEMS , test numero fv42
*
* On se propose de calculer les frequences et
* modes propres d'une sphere epaisse. On ne s'intere-
* resse qu'aux modes de vibration radiale uniforme.
*
* On ne maille qu'un secteur de la sphere et l'on
* travaille en mode axisymetrique.
*
* Pour obtenir les conditions aux limites corres-
* pondantes, on utilise l'operateur RELA (les noeuds
* ayant le meme rayon ont le meme deplacement radial)
*
*****

OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM QUA8;
OPTI EPSI LINEAIRE;

*-----*
*          geometrie - maillage
*-----*

ALPHA = 5.; COSALPHA = COS ALPHA; SINALPHA = SIN ALPHA;
*
P0 = 0. 0.;
P1 = 1.8 ( 1.8 * SINALPHA);
P2 = 1.8 (-1.8 * SINALPHA);
P3 = 6.0 (-6.0 * SINALPHA);
P4 = 6.0 ( 6.0 * SINALPHA);
*
D23 = P2 DROI 5 P3;
*
SUR1 = D23 ROTA 1 (2 * ALPHA) P0;
D41 = COTE 3 SUR1;
*
ELIM (SUR1 ET D23 ET D41) 0.001;
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR 'VIBR2 : MAILLAGE';
  TRAC 'QUAL' SUR1;
FINSI;
*
*-----*
*          MODE - materiau - rigidite - masse
*-----*

MOD1 = MODE SUR1 MECANIQUE QUA8;

MAT1 = MATE MOD1 YOUN 2.E11 NU 0.3 RHO 8E3;
RIG1 = RIGI MOD1 MAT1;
MAS1 = MASS MOD1 MAT1;
*
*-----*
```

```
*          conditions aux limites
*-----*
DIR1 = (-1 * SINALPHA) (-1 * COSALPHA);
DIR2 = (-1 * SINALPHA) COSALPHA;
*
CL1 = BLOQ DEPL DIRECTION DIR1 D23;
CL2 = BLOQ DEPL DIRECTION DIR2 D41;
CL11 = CL1 ET CL2;
*
DIR3 = COSALPHA (-1 * SINALPHA);
DIR4 = COSALPHA SINALPHA;
*
LIST1 = LECT 27 22 17 23 18 24 19 25 20 26 21;
LIST2 = LECT 1 6 2 7 3 8 4 9 5 10 11;
*
I = 0;
REPETER BLOC1 11;
  I = I + 1;
  J = EXTR LIST1 I;
  K = EXTR LIST2 I;
  CL3 = RELA 1 DEPL DIRECTION DIR4 (NOEUD J)
        - 1 DEPL DIRECTION DIR3 (NOEUD K);
  CL11 = CL11 ET CL3;
FIN BLOC1;
*
LIST1 = LECT 27 17 18 19 20 21;
LIST2 = LECT 28 12 13 14 15 16;
*
I = 0;
REPETER BLOC2 6;
  I = I + 1;
  J = EXTR LIST1 I;
  K = EXTR LIST2 I;
  CL4 = RELA 1 DEPL DIRECTION DIR4 (NOEUD J)
        - 1 UR (NOEUD K);
  CL11 = CL11 ET CL4;
FIN BLOC2;
*
RIG1 = RIG1 ET CL11;
*
*-----*
*          calcul des frequences propres
*-----*
* Utilisation de l'operateur VIBR.
*
FREL = TABLE;
FREL.1 = 369.91;
FREL.2 = 838.03;
FREL.3 = 1451.2;
FREL.4 = 2117.0;
FREL.5 = 2795.8;
*
LIST1 = PROG FREL.1 FREL.2 FREL.3 FREL.4 FREL.5;
*
RESUL = VIBR PROC LIST1 RIG1 MAS1;
*
*-----*
*          extraction des resultats
*-----*
*
MESS ' RESULTATS FV42.DGIBI';
MESS ' -----';
SAUT 2 LIGN;
MESS ' SPHERE EN VIBRATION RADIALE';
SAUT 2 LIGN;
*
FREL2 = TABLE; ERG = TABLE;
DEP = TABLE; DEF = TABLE; EVO = TABLE;
*
I = 0;
REPETER BLOC3 5;
*
  I = I + 1;
  FREL2.I = TIRE RESUL FREQ RANG I;
  ERG.I = 100 * (ABS ((FREL.I - FREL2.I) / FREL.I));
  MESS ' MODE ' I;
  MESS ' -----';
  MESS ' Frequence propre theorique : ' FREL.I 'Hz';
  MESS ' Frequence propre calculee : ' FREL2.I 'Hz';
  MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.I '%';
  SAUT 1 LIGN;
*
* Trace facultatif des modes propres
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  DEP.I = TIRE RESUL DEPL RANG I;
  DEF0 = DEFO SUR1 DEP.I 0. NOIR;
  DEF.I = DEFO SUR1 DEP.I VERT;
  TTITR ' Mode propre : Deplacement radial';
  TRAC (DEF0 ET DEF.I);
  EVO.I = EVOL BLEU CHPO DEP.I UR D23;
  DESSIN EVO.I;
FINSI;
*
```

```
FIN BLOC3;  
*  
*-----*  
*           code fonctionnement           *  
*-----*  
*  
ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 ERG.3 ERG.4 ERG.5);  
*  
SAUT 2 LIGN;  
SI (ERGMAX <EG 2.);  
  ERRE 0;  
SINON;  
  ERRE 5;  
FINSI;  
*  
SAUT 2 LIGN;  
TEMPS;  
SAUT 2 LIGN;  
*  
FIN;
```

5.5.7 vibr3.dgibi

Nom du fichier	vibr3.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D déformation plane
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test NAFEMS Numéro FV32
Description	VIBRATION D'UNE POUTRE A SECTION VARIABLE La structure est constituée d'une poutre de section variable. Sa longueur est de 10m, sa plus grande largeur est de 5m et sa plus petite largeur est de 1m. Les vibrations dans le plan XOY sont étudiées. La poutre est bloquée le long de l'axe des ordonnées pour les déplacements UX et UY.
Objectif	6 premières fréquences propres de la sphère $f_1 = 44,623 \text{ Hz}$ $f_2 = 130,03 \text{ Hz}$ $f_3 = 162,70 \text{ Hz}$ (Précision relative de 5,5%) $f_4 = 246,05 \text{ Hz}$ $f_5 = 379,90 \text{ Hz}$ $f_6 = 391.44 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 44 : Informations sur le cas test vibr3.dgibi

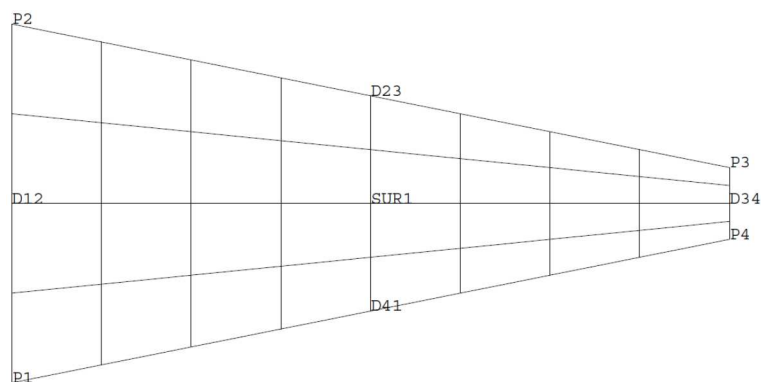


Figure 84 : Maillage du cas-test vibr3.dgibi

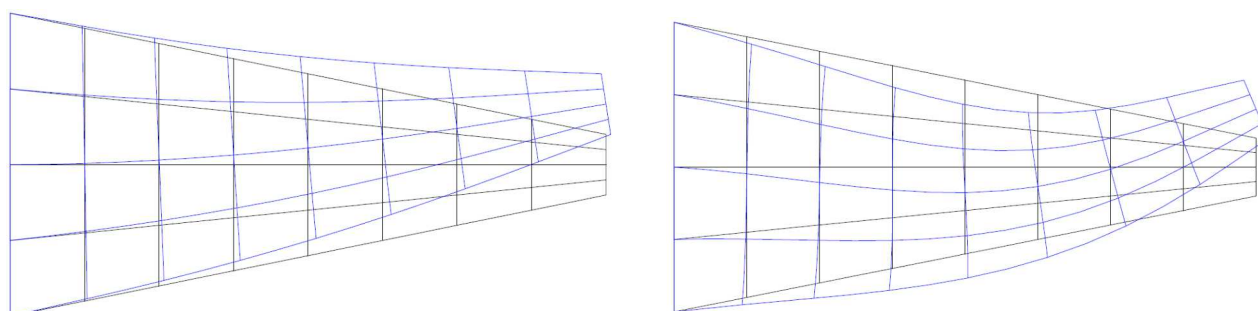


Figure 85 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 1 (à gauche, 46,71Hz) et de la fréquence propre n° 2 (à droite, 134,29Hz)

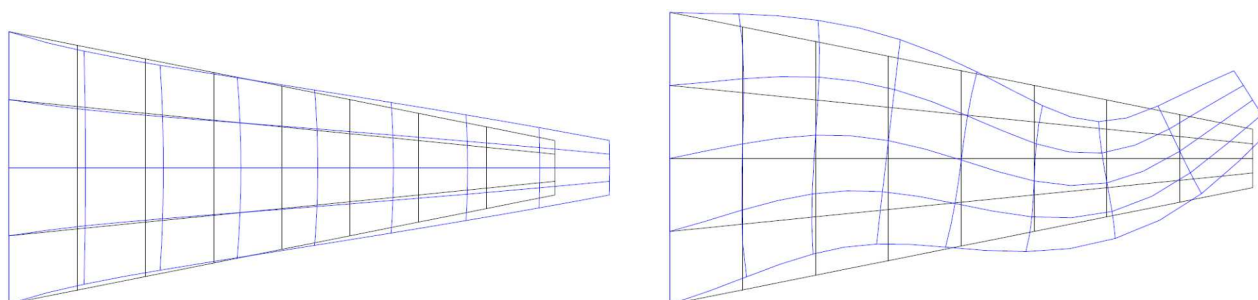


Figure 86 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 3 (à gauche, 171,26Hz) et de la fréquence propre n° 4 (à droite, 253,11Hz)

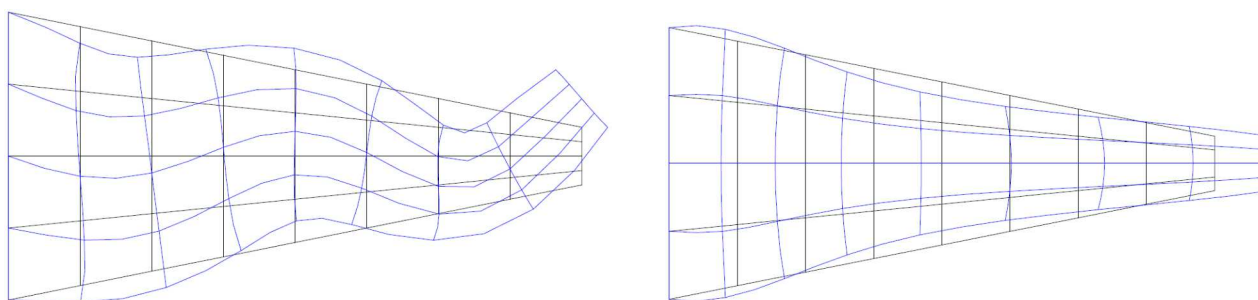


Figure 87 : Déformée modale (en bleu, x1) de la fréquence propre n° 5 (à gauche, 391,33Hz) et de la fréquence propre n° 6 (à droite, 409,57Hz)

Jeu de données :

```

* fichier : vibr3.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****
*          Test vibr3.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*
*****
*          Test vibr3.dgibi: jeux de données          *
*          -----*
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*                               VIBR3
*****
* Mots-clés : Vibrations, calcul modal, 2D
*
* TEST VIBR3
*
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST
*
* POUTRE DE SECTION VARIABLE : VIBRATION DANS LE PLAN
*
* Test NAFEMS numero fv32
*
* La structure est constituee d'une poutre de section
* variable. Sa longueur est de 10.0 m, sa plus grande largeur
* est de 5.0 m et sa plus petite largeur est de 1.0 m.
*
* On s'interesse aux vibrations dans le plan xOy, c'est-a-
* dire que le deplacemnt uz de tous les noeuds est nul. On
* travaille donc en mode plan (dimension 2).
*
* La poutre est bloquee le long de l'axe des ordonnees pour
* les deplacements ux et uy.
*
*****
OPTI DIME 2;
OPTI ELEM QUAS;
OPTI EPSI LINEAIRE;

TEMPS;
*
*-----*
*          geometries et maillages
*-----*
*
* Dimensions en metres
*
* Points
*
P1 = 0.  -2.5;
P2 = 0.   2.5;
P3 = 10.  0.5;
P4 = 10. -0.5;
*
* Droites
*
K = 1 ;
N1 = 4 * K; N2 = 8 * K;
*
D12 = P1 DROI N1 P2;
D23 = P2 DROI N2 P3;
D34 = P3 DROI N1 P4;
D41 = P4 DROI N2 P1;
*
SUR1 = DALL D12 D23 D34 D41 PLAN;
*
* Trace facultatif du maillage
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TTITR ' VIBR3 : MAILLAGE';
  TRAC 'QUAL' SUR1;
FINSI;
*
*-----*
*          modl- materiau - rigidite - masse
*-----*

```

```

*
MOD1 = MODE SUR1 MECANIQUE QUA8;
MAT1 = MATE MOD1 YOUN 2.E11 NU 0.3 RHO 8.E3;
RIG1 = RIGI MOD1 MAT1;
MAS1 = MASS MOD1 MAT1;
*
*-----*
*          conditions aux limites
*-----*
*
CL11 = BLOQ DEPL D12;
RIG1 = RIG1 ET CL11;
*
*-----*
*          calcul des frequences propres
*          et
*          extraction des resultats
*-----*
*
* Utilisation de l'operateur VIBR.
*
FREL = TABLE;
FREL.1 = 44.623;
FREL.2 = 130.03;
FREL.3 = 162.70;
FREL.4 = 246.05;
FREL.5 = 379.90;
FREL.6 = 391.44;
*
RESUL = VIBR INTERVALLE 40 450 BASSE 6 RIG1 MAS1;
*
*-----*
*          affiche des resultats
*-----*
*
MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;
FRE2 = TABLE; MOD = TABLE; DEF = TABLE; ERG = TABLE;
*
I = 0;
REPETER BLOC1 6;
  I = I + 1;
  FRE2.I = TIRE RESUL FREQ RANG I;
  ERG.I = 100 * (ABS ((FREL.I - FRE2.I) / FREL.I));
  MESS ' MODE ' I;
  MESS ' -----';
  MESS ' Frequence theorique : ' FREL.I ' Hz';
  MESS ' Frequence calculee : ' FRE2.I ' Hz';
  MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.I '%';
  SAUT 1 LIGN;
*
* Extraction et trace des modes propres et calcul des deformeés.
* (facultatif)
SI (NEG GRAPH 'N');
  MOD.I = TIRE RESUL DEPL RANG I;
  DEF0 = DEFO SUR1 0. MOD.I;
  DEF.I = DEFO SUR1 MOD.I BLEU;
  TTITR 'VIBR3 : MODES PROPRES';
  TRAC (DEF0 ET DEF.I);
FINSI;
FIN BLOC1;
*
*-----*
*          code fonctionnement
*-----*
*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 ERG.3 ERG.4 ERG.5 ERG.6);

SI (ERGMAX <EG 5.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;

```

5.5.8 vibr4.dgibi

Nom du fichier	vibr4.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D
Type d'Éléments Finis	COQ8
Référence	Test NAFEMS Numéro FV22 VIBRATION D'UNE PLAQUE EPAISSE EN LOSANGE ENCASTREE
Description	<p>La structure est constituée d'une plaque bloquée en forme de losange à 45° de 1m d'épaisseur et 10m de longueur.</p> <p>Les conditions aux limites sont les suivantes :</p> $u_x = u_y = r_z = 0 \text{ sur tous les nœuds de la plaque}$ $r_x = r_y = u_z = 0 \text{ sur tous les bords libres de la plaque}$ <p>Les vibrations suivant UZ sont étudiées.</p>
Objectif	<p>6 premières fréquences propres de la plaque</p> $f_1 = 133,95 \text{ Hz}$ $f_2 = 201,41 \text{ Hz}$ $f_3 = 265,81 \text{ Hz} \text{ (Précision relative de 4,5\%)}$ $f_4 = 282,74 \text{ Hz}$ $f_5 = 334,45 \text{ Hz}$ $f_6 = 386,62 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 45 : Informations sur le cas test vibr4.dgibi

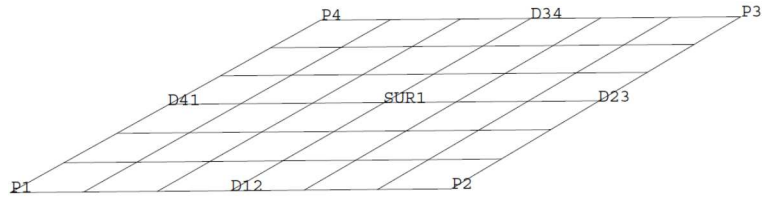


Figure 88 : Maillage du cas-test vibr4.dgibi

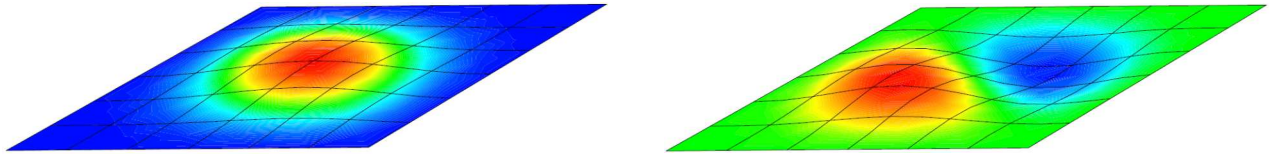


Figure 89 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 1 (à gauche, 133,93Hz) et de la fréquence propre n° 2 (à droite, 203,76Hz)

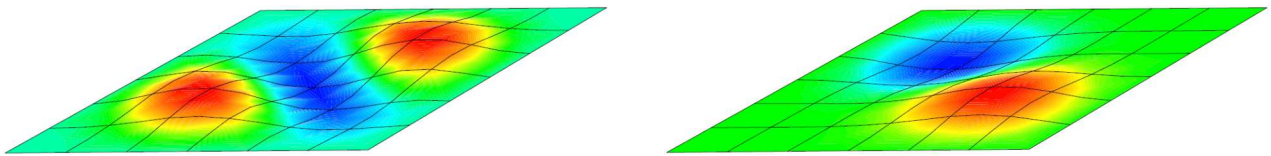


Figure 90 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 3 (à gauche, 272,61Hz) et de la fréquence propre n° 4 (à droite, 284,20Hz)

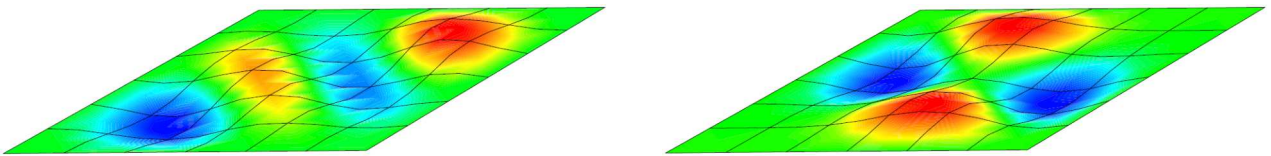


Figure 91 : Déformée modale (x0,5) de la fréquence propre n° 5 (à gauche, 348,47Hz) et de la fréquence propre n° 6 (à droite, 389,00Hz)


```

FRE3 = TABLE; ERG3 = TABLE;
FRE2 = TABLE; ERG2 = TABLE;
DEP = TABLE; DEF = TABLE;

OPTI ECHO 0;
MESS ' RESULTATS ';
MESS ' -----';
MESS '          |   Frequence propre en Hz (erreur relative en %) ';
MESS ' Mode | Theorie |   VIBR PROCH   |   VIBR IRAM   ';
MESS ' -----';
I = 0;
REPETER BLOC1 6;
  I = I + 1;
  FRE2.I = TIRE RESUL2 FREQ RANG I;
  ERG2.I = 100 * (ABS ((FRE2.I - FRE1.I) / FRE1.I));
  FRE3.I = TIRE RESUL3 FREQ RANG I;
  ERG3.I = 100 * (ABS ((FRE3.I - FRE1.I) / FRE1.I));
  chacha = chai I *5 ' |' FORMAT '(F9.3)' FRE1.I
            ' |' FORMAT '(F9.3)' FRE2.I ' (' FORMAT '(F5.3)' ERG2.I '%' )'
            ' |' FORMAT '(F9.3)' FRE3.I ' (' FORMAT '(F5.3)' ERG3.I '%' )';
  MESS chacha;
  SI (NEG GRAPH 'N');
    DEP.I = TIRE RESUL2 DEPL RANG I;
    DEPZ = EXCO DEP.I 'UZ';
    DEFO = DEFO SUR1 DEP.I 0. 'NOIR';
    DEP.I = DEFO SUR1 DEP.I 1. 'BLEU';
    TRAC OEIL (DEFO ET DEP.I);
    TRAC OEIL DEPZ SUR1 (DEFO SUR1 DEP.I 0.5 NOIR);
  FINSI;
FIN BLOC1;
MESS ' -----';
OPTI ECHO 1;
*
*-----*
*          code fonctionnement          *
*-----*
*
ERG2MAX = MAXI (PROG ERG2.1 ERG2.2 ERG2.3 ERG2.4 ERG2.5 ERG2.6);
ERG3MAX = MAXI (PROG ERG3.1 ERG3.2 ERG3.3 ERG3.4 ERG3.5 ERG3.6);

SI (ERG2MAX > 4.5);
  MESS 'ERREUR VIBR OPTION PROCHE';
  ERRE 5;
FINSI;
SI (ERG3MAX > 4.5);
  MESS 'ERREUR VIBR OPTION IRAM';
  ERRE 5;
FINSI;
ERRE 0;

TEMP;

FIN;

```

5.5.9 vibr5.dgibi

Nom du fichier	vibr5.dgibi
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test NAFEMS Numéro FV22 VIBRATION D'UNE ENCEINTE CYLINDRIQUE EPAISSE
Description	La structure est constituée d'une enceinte axisymétrique libre de toute conditions aux limites autre que l'axisymétrie. Les vibrations suivant UR sont étudiées.
Objectif	6 premières fréquences propres de la plaque $f_1 = MCR$ $f_2 = 243,53 \text{ Hz}$ $f_3 = 377,41 \text{ Hz}$ (Précision relative de 0,5%) $f_4 = 394,11 \text{ Hz}$ $f_5 = 397,72 \text{ Hz}$ $f_6 = 405.28 \text{ Hz}$
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 46 : Informations sur le cas test vibr5.dgibi

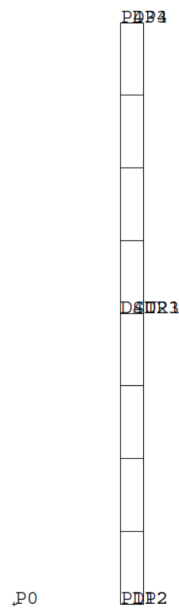


Figure 92 : Maillage du cas-test vibr5.dgibi

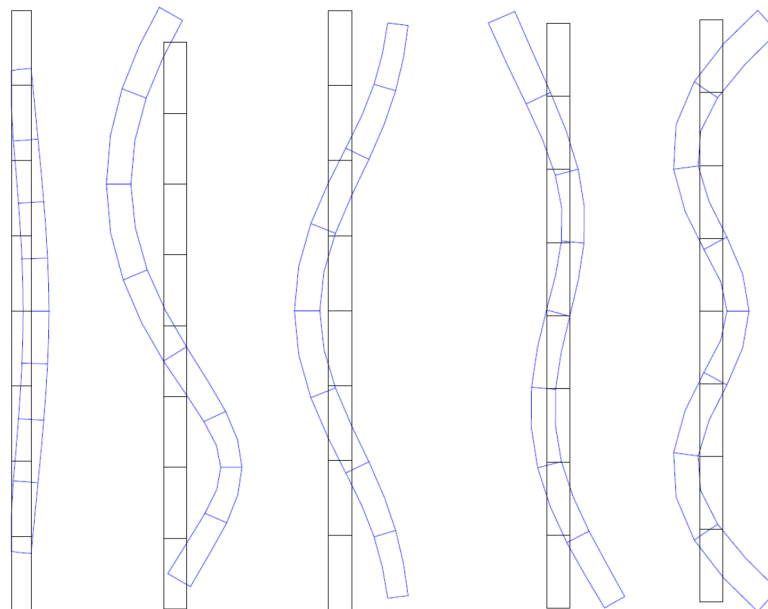


Figure 93 : De gauche à droite, déformée modale (x1) de la fréquence propre n°2 (243,50 Hz), n°3 (377,46 Hz), n°4 (399,30 Hz), n°5 (397,97 Hz) et n°6 (406,44 Hz)

Jeu de données :

```

* fichier : vibr5.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****

*****
*          Test vibr5.dgibi: jeux de données          *
*          -----*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*          VIBR5
*****
* Mots-clés : Vibrations, calcul modal, axisymetrique *
*
* TEST VIBR5
*
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST
*
* CYLINDRE LIBRE : VIBRATION AXISYMETRIQUE
*
* Test NAFEMS numero FV41
*
* On cherche les frequences et modes propres d'un cylindre
* libre. Le diametre interieur du cylindre est de 1.8 m, son
* diametre exterieur est de 2.2 m et sa hauteur est de 10.0 m
*
* Les valeurs trouvees sont ensuite comparees aux valeurs
* theoriques.
*
*****
OPTI DIME 2;
OPTI MODE AXIS;
OPTI ELEM QUA8;
OPTI EPSI LINEAIRE;
*=====
*          geometries et maillages          *
*=====
*
* Dimensions en metres
*
* Points
*
P0 = 0.   0.;
P1 = 1.8  0.;
P2 = 2.2  0.;
P3 = 2.2 10.;
P4 = 1.8 10.;
*
* Droites
*
N1 = 1; N2 = 8;
D12 = P1 DROI N1 P2;
D23 = P2 DROI N2 P3;
D34 = P3 DROI N1 P4;
D41 = P4 DROI N2 P1;
*
*
SUR1 = DALL D12 D23 D34 D41 PLAN;
*
* Trace facultatif du maillage
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR ' FV32 : MAILLAGE';
  TRAC 'QUAL' (SUR1 ET P0);
FINSI;
*
*=====
*          MODE - materiau - rigidite - masse          *
*=====
*
MOD1 = MODE SUR1 MECANIQUE QUA8;

MAT1 = MATE MOD1 YOUN 2.E11 NU 0.3 RHO 8.E3;
RIG1 = RIGI MOD1 MAT1;
MAS1 = MASS MOD1 MAT1;
*
*=====
*          conditions aux limites          *

```

```

*=====
*
* Pas de conditions autre que la symetrie axiale.
*
*=====
*          calcul des frequences propres          *
*          et          *
*          extraction des resultats          *
*=====
*
* Utilisation de l'operateur VIBR. (option PROC)
*
FREL = TABLE;
FREL.1 = 0. ;
FREL.2 = 243.53;
FREL.3 = 377.41;
FREL.4 = 394.11;
FREL.5 = 397.72;
FREL.6 = 405.28;

RESUL = VIBR PROC (prog 50) (lect 6) RIG1 MAS1 'IMPR';
*
*=====
*          affichage des resultats          *
*=====
*
MESS ' RESULTATS ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN;
*
FREL2 = TABLE; MOD = TABLE; DEF = TABLE; ERG = TABLE;
*
I = 0;
REPETER BLOC1 6;
  I = I + 1;
  FREL2.I = TIRE RESUL FREQ RANG I;
  MESS ' MODE ' (I + 1);
  MESS ' -----';
  MESS ' Frequence theorique : ' FREL.I 'Hz';
  MESS ' Frequence calculee   : ' FREL2.I 'Hz';
  SI (i > 1) ; ERG.I = 100 * (ABS ((FREL.I - FREL2.I) / FREL.I));
  MESS '      Soit un ecart de : ' ERG.I '%';
  FINSI ;
  SAUT 1 LIGN;
*
* Extraction et trace des modes propres et calcul des deformees.
* (facultatif)
*
SI (NEG GRAPH 'N');
  MOD.I = TIRE RESUL DEPL RANG I;
  DEF0 = DEFO SUR1 MOD.I 0.;
  DEF.I = DEFO SUR1 MOD.I BLEU;
  TRAC (DEF.I ET DEF0);
  FINSI;
FIN BLOC1;
*
*=====
*          code fonctionnement          *
*=====
*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG.6 ERG.2 ERG.3 ERG.4 ERG.5);

SI (ERGMAX <EG 0.5);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;

```

5.5.10 fsi1.dgibi

Nom du fichier	fsi1.dgibi																		
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier																		
Type d'Éléments Finis	LQU4, LSU2																		
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES PROPRES D'UNE SURFACE LIBRE																		
Description	<p>Le problème modélisé est un réservoir d'eau cylindrique de 1,43m de rayon et 1,039m de hauteur. Les fréquences propres de la surface libre (en mode de Fourier n°1) sont calculées et comparées à des valeurs de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dy} \right _{h=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dr} \right _{r=R} = 0$																		
Objectif	<p>3 premières fréquences propres de la surface libre</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>0,5278 Hz</td> <td>0,5336</td> <td>1,09%</td> </tr> <tr> <td>f_2</td> <td>0,9621 Hz</td> <td>0,9783</td> <td>1,7%</td> </tr> <tr> <td>f_3</td> <td>1,217 Hz</td> <td>1,254</td> <td>3,05%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	0,5278 Hz	0,5336	1,09%	f_2	0,9621 Hz	0,9783	1,7%	f_3	1,217 Hz	1,254	3,05%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif																
f_1	0,5278 Hz	0,5336	1,09%																
f_2	0,9621 Hz	0,9783	1,7%																
f_3	1,217 Hz	1,254	3,05%																
Version de Cast3M	Du jour																		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																		

Tableau 47 : Informations sur le cas test fsi1.dgibi

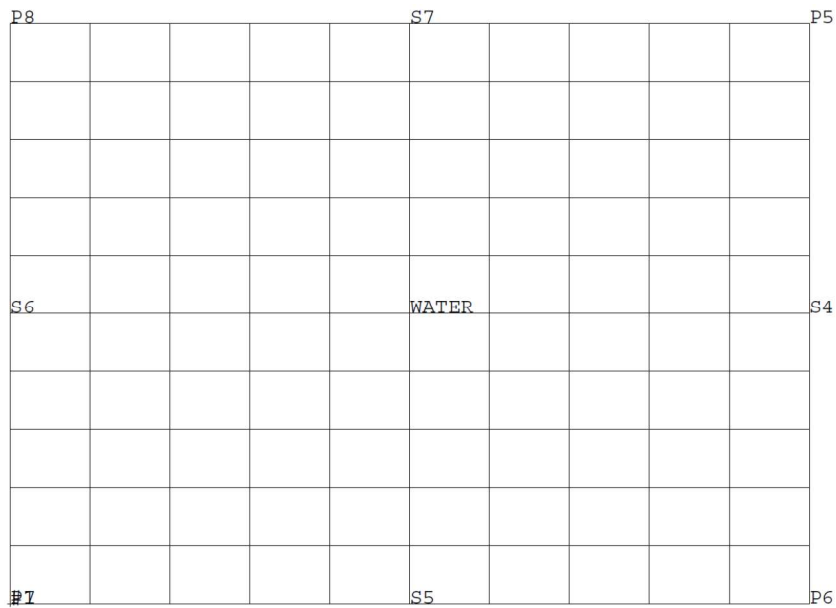


Figure 94 : Maillage du cas-test fsi1.dgibi

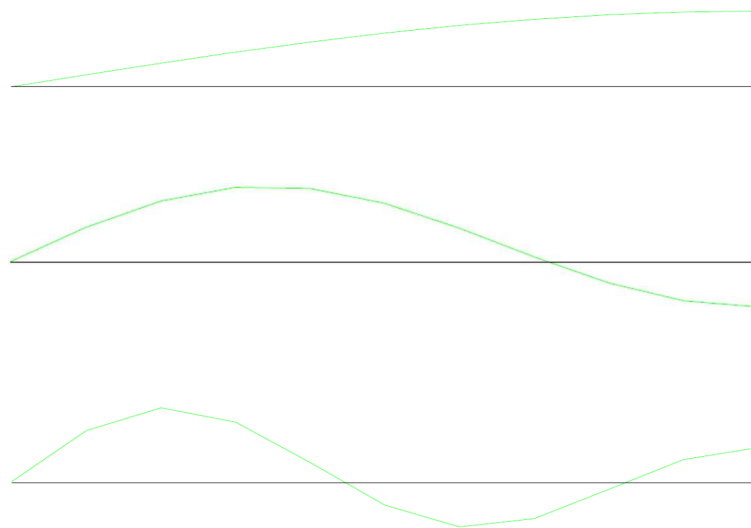


Figure 95 : De haut en bas, tracé du maillage initial (noir) et du maillage de la déformée modale (vert, x0,14) des fréquences propres n°1 (0,5336 Hz), n°2 (0,9783 Hz) et n°3 (1,254 Hz)


```
TRAC (DEF.I ET DEF0);
FINSI;
FIN BLOCL;

*=====
*               code validation               *
*=====

ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 ERG.3 );
*
SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;
```

5.5.11 fsi2.dgibi

Nom du fichier	fsi2.dgibi														
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier														
Type d'Éléments Finis	LQU4														
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES PROPRES ACOUSTIQUES														
Description	<p>Le problème modélisé est un réservoir d'eau cylindrique de 1,43m de rayon et 1,039m de hauteur. Les fréquences propres acoustiques du volume d'eau (en mode de Fourier n°1) sont calculées et comparées à des valeurs de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dy} \right _{h=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dr} \right _{r=R} = 0$														
Objectif	<p>Les 2 premières fréquences propres acoustiques du volume fluide</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>294,06 Hz</td> <td>294,28 Hz</td> <td>0,07%</td> </tr> <tr> <td>f_2</td> <td>750,56 Hz</td> <td>753,27 Hz</td> <td>0,36%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	294,06 Hz	294,28 Hz	0,07%	f_2	750,56 Hz	753,27 Hz	0,36%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif												
f_1	294,06 Hz	294,28 Hz	0,07%												
f_2	750,56 Hz	753,27 Hz	0,36%												
Version de Cast3M	Du jour														
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits														

Tableau 48 : Informations sur le cas test fsi2.dgibi

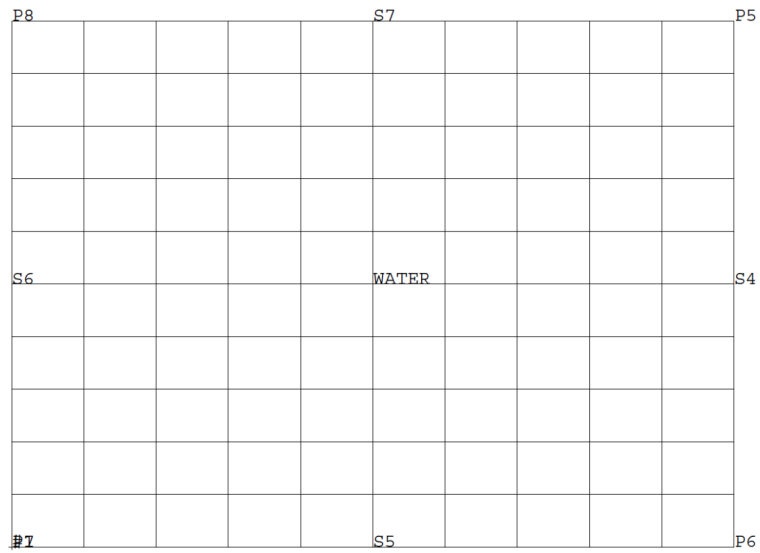


Figure 96 : Maillage du cas-test fsi2.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : fsi2.dgibi
*****
* Section : Fluides Vibration
*****
* CAS TEST DU 91/10/04   PROVENANCE : PETI

*****
*   Test fsi2.dgibi: jeux de données   *
*   -----                           *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*                               *
*           TEST FSI2           *
*                               *
*   CYLINDRICAL FLUID CAVITY WITHOUT *
*           FREE SURFACE       *
*                               *
* Calculation of the acoustic frequencies,*
* for m = 1, of cylindrical water volume *
* of radius 1.43m and height 1.039m     *
*                               *
*                               *
*   P8+-----+P5             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   |           |             *
*   P7+-----+P6             *
*                               *
* The boundary conditions are      *
*                               *
*   dp |           = 0          *
*   ---| h = 0.                *
*   dz |           *
*   dp |           = 0          *
*   ---| r = R                 *
*   dr |           *
*****
TEMPS;

OPTI DIME 2;
OPTI MODE FOUR 1;
OPTI ELEM QUA4;
OPTI EPSI LINEAIRE;

*=====
*           geometry           *
*=====

* Dimensions en metres

* Points

P5 = 1.43 1.039 ;
P6 = 1.43 0.0 ;
P7 = 0.0 ;
P8 = 0.0 1.039 ;

N1 = 10 ;
S4 = P6 D N1 P5 ; S5 = P7 D N1 P6 ;
S6 = P7 D N1 P8 ; S7 = P8 D N1 P5 ;

WATER = DALL S4 S5 S6 S7 QUELQ ;

* OPTIO FOR TRACE

SI (NEG GRAPH 'N');
  TTIR ' FSI2 : MAILLAGE';
  TRAC QUAL (WATER ET (0 0));
FINSI;

*=====
*   MODE - materiau - rigidite - masse *
*=====

MODLIQ = MODE WATER LIQUIDE LQU4 ;
    
```

```

MATLIQ = MATE MODLIQ
      RHO 1.E3 RORF 1.E3 CSON 1435.
      CREF 1435. LCAR 1 G 0.;

RIG1 = RIGI MODLIQ MATLIQ ;
MAS1 = MASS MODLIQ MATLIQ ;

*=====
*           boundary conditions   *
*=====

* No explicit boundary condition
* the boundary conditions are natural .
*=====
*   calculation of the frequencies *
*           and                   *
*   extraction of some results     *
*=====

* Use the operator VIBR. (option PROC)

FREL = TABLE;
FREL.1 = 294.06;
FREL.2 = 750.56;
LIST1 = PROG FREL.1 FREL.2 ;
*
RESUL = VIBR PROC LIST1 RIG1 MAS1 ;

*=====
*           results               *
*=====

MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;

FREL = TABL;
MOD = TABL;
DEF = TABL;
ERG = TABL;

I = 0;
REPETER BLOC1 2;
  I = I + 1;
  FREL.I = TIRE RESUL FREQ RANG I;
  ERG.I = 100 *
    (ABS ((FREL.I - FREL.1) / FREL.1));
  MESS ' MODE ' I ;
  MESS ' -----';
  MESS 'Frequence theorique : ' FREL.I 'Hz';
  MESS 'Frequence calculee : ' FREL.I 'Hz';
  MESS ' Soit un ecart de : ' ERG.I '%';
  SAUT 1 LIGN;
FIN BLOC1;

*=====
*           code validation       *
*=====

ERGMAX = MAXI (PROG ERG.1 ERG.2 );

SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;

FIN;
    
```

5.5.12 fsi3.dgibi

Nom du fichier	fsi3.dgibi										
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier										
Type d'Éléments Finis	LQU4, COQ2, RACO										
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES PROPRES D'UN RESERVOIR CYLINDRIQUE										
Description	<p>Le problème modélisé est un réservoir d'eau cylindrique en acier de 1,43m de rayon, 1,039m de hauteur et 2mm d'épaisseur. La fréquences propre de la structure (en mode de Fourier n°10) est calculée et comparée à une valeur de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dy} \right _{h=0}^{h=H} = 0$ $\left. \frac{dp}{dr} \right _{r=R} = 0$										
Objectif	La première fréquence propre du réservoir en mode de Fourier n°10 <table border="1" data-bbox="411 1003 1243 1081"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>106,64 Hz</td> <td>109,54</td> <td>2,7%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	106,64 Hz	109,54	2,7%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif								
f_1	106,64 Hz	109,54	2,7%								
Version de Cast3M	Du jour										
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits										

Tableau 49 : Informations sur le cas test fsi3.dgibi

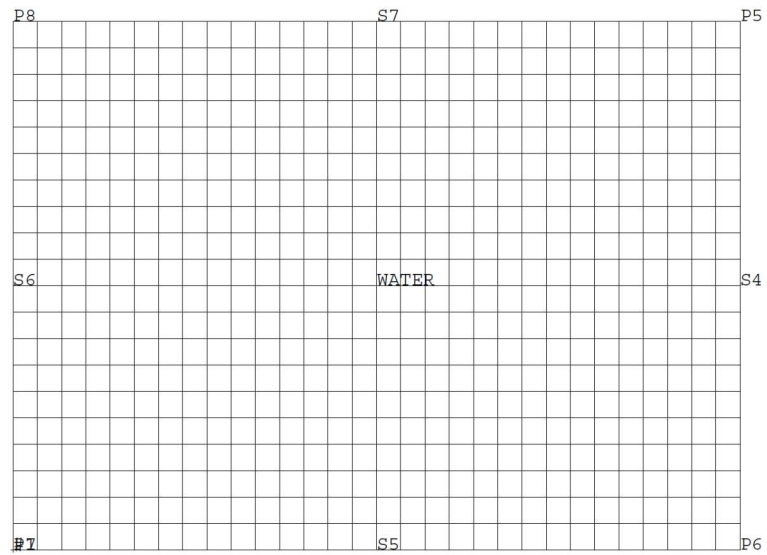


Figure 97 : Maillage du cas-test fsi3.dgibi

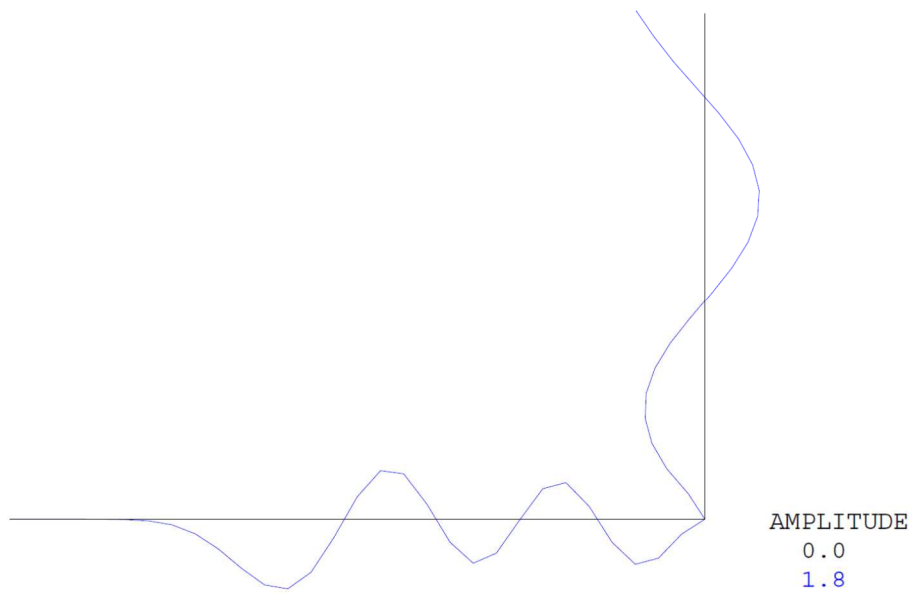
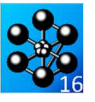


Figure 98 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage de la déformée modale de la fréquence propre n°1 (106,64 Hz) en mode de Fourier n°10 (bleu, x1,8)



5.5.13 fsi4.dgibi

Nom du fichier	fsi4.dgibi														
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier														
Type d'Éléments Finis	LQU4, COQ2, RACO														
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES PROPRES DE COQUES CONCENTRIQUE														
Description	<p>Le problème modélisé est constitué de deux coques concentriques en acier de 0,5m de rayon intérieur, 1m de rayon extérieur et 5mm d'épaisseur. Les deux coques sont reliées par une raideur K Les fréquences propres de la structure (en mode de Fourier n°1) sont calculées et comparées à des valeurs de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dy} \right _{h=0}^{h=H} = 0$ $\left. \frac{dp}{dr} \right _{r=R_{int}}^{r=R_{ext}} = 0$														
Objectif	Les 2 premières fréquences propres du système en mode de Fourier n°1 <table border="1" data-bbox="411 1041 1243 1173"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>18,88 Hz</td> <td></td> <td>1,2%</td> </tr> <tr> <td>f_2</td> <td>55,278 Hz</td> <td>56,08</td> <td>1,5%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	18,88 Hz		1,2%	f_2	55,278 Hz	56,08	1,5%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif												
f_1	18,88 Hz		1,2%												
f_2	55,278 Hz	56,08	1,5%												
Version de Cast3M	Du jour														
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits														

Tableau 50 : Informations sur le cas test fsi4.dgibi

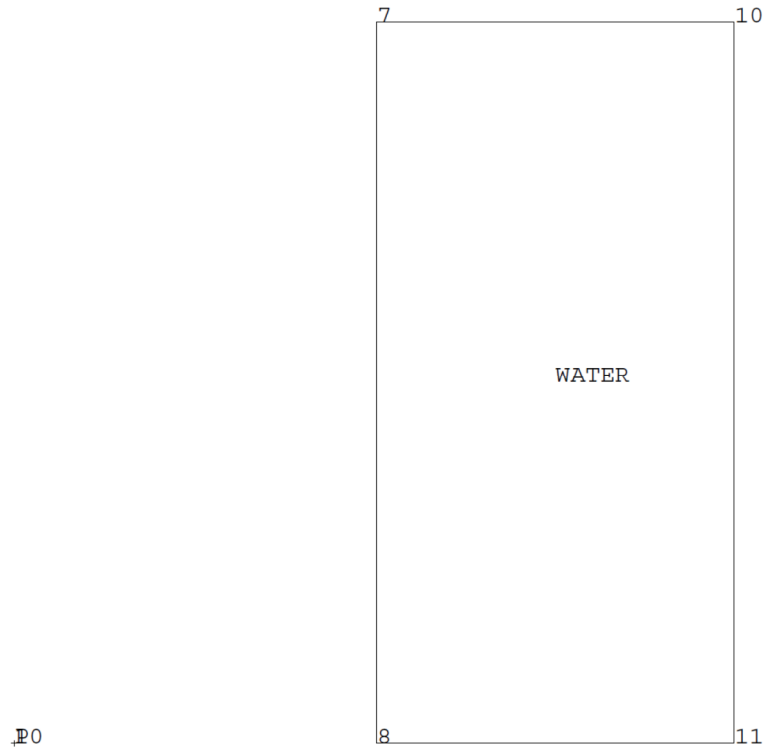


Figure 99 : Maillage du cas-test fsi4.dgibi



```
ERRE 5;  
FINI;  
  
SAUT 1 LIGN;  
TEMPS;  
SAUT 1 LIGN;  
  
FIN;
```

5.5.14 fsi5.dgibi

Nom du fichier	fsi5.dgibi										
Type de calcul	Mécanique Vibration 2D Fourier										
Type d'Éléments Finis	LQU4, LSU2										
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES PROPRES D'UNE COUCHE ANNULAIRE D'EAU										
Description	<p>Le problème modélisé est une couche annulaire d'eau avec une surface libre de rayon moyen 0,5m et d'épaisseur 5mm.</p> <p>La première fréquence propre de ce système (en mode de Fourier n°1) est calculée et comparée à une valeur de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dy} \right _{h=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dr} \right _{\substack{r=R_{int} \\ r=R_{ext}}} = 0$										
Objectif	Les 2 premières fréquences propres du système en mode de Fourier n°1 <table border="1" data-bbox="411 1048 1243 1128"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>0,6922 Hz</td> <td></td> <td>0,02%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	0,6922 Hz		0,02%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif								
f_1	0,6922 Hz		0,02%								
Version de Cast3M	Du jour										
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits										

Tableau 51 : Informations sur le cas test fsi5.dgibi

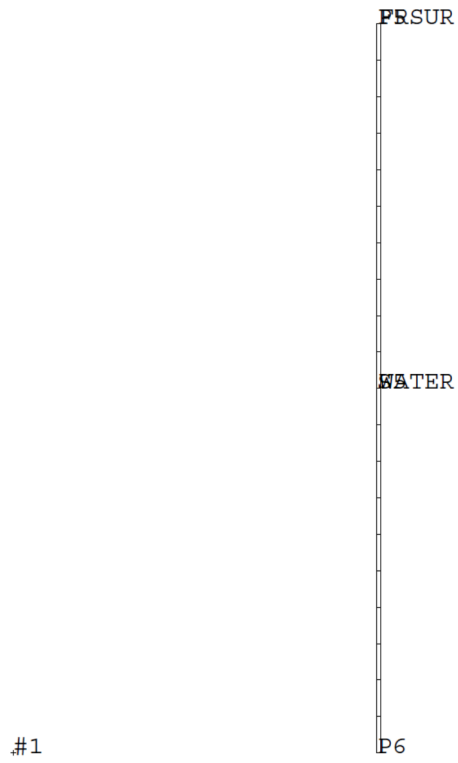


Figure 100 : Maillage du cas-test fsi5.dgibi

5.5.15 fsi6.dgibi

Nom du fichier	fsi6.dgibi																				
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D																				
Type d'Éléments Finis	LQU4, LSU2																				
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FREQUENCES D'AGITATION D'UN VOLUME D'EAU																				
Description	<p>Le problème modélisé est un volume d'eau parallélépipédique de largeur 0,1m, profondeur 1,58m et de hauteur 0,1m avec une surface libre sur le dessus.</p> <p>Les 4 premières fréquences propres de ce système sont calculées et comparées à des valeurs de référence.</p> <p>Les conditions aux limites sur la pression sont les suivantes :</p> $\left. \frac{dp}{dz} \right _{h=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dx} \right _{x=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dx} \right _{x=a} = 0$ $\left. \frac{dp}{dy} \right _{y=0} = 0$ $\left. \frac{dp}{dy} \right _{y=a} = 0$																				
Objectif	<p>Les 2 premières fréquences propres du système en mode de Fourier n°1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_1</td> <td>0,2476 Hz</td> <td></td> <td>0,2%</td> </tr> <tr> <td>f_2</td> <td>0,3132 Hz</td> <td></td> <td>0,43%</td> </tr> <tr> <td>f_3</td> <td>0,3993 Hz</td> <td></td> <td>0,82%</td> </tr> <tr> <td>f_4</td> <td>0,4952 Hz</td> <td></td> <td>0,79%</td> </tr> </tbody> </table>		Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	f_1	0,2476 Hz		0,2%	f_2	0,3132 Hz		0,43%	f_3	0,3993 Hz		0,82%	f_4	0,4952 Hz		0,79%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif																		
f_1	0,2476 Hz		0,2%																		
f_2	0,3132 Hz		0,43%																		
f_3	0,3993 Hz		0,82%																		
f_4	0,4952 Hz		0,79%																		
Version de Cast3M	Du jour																				
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																				

Tableau 52 : Informations sur le cas test fsi6.dgibi

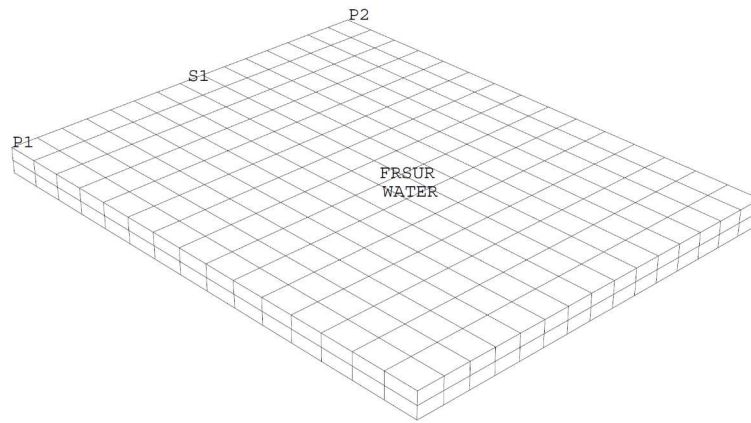


Figure 101 : Maillage du cas-test fsi6.dgibi

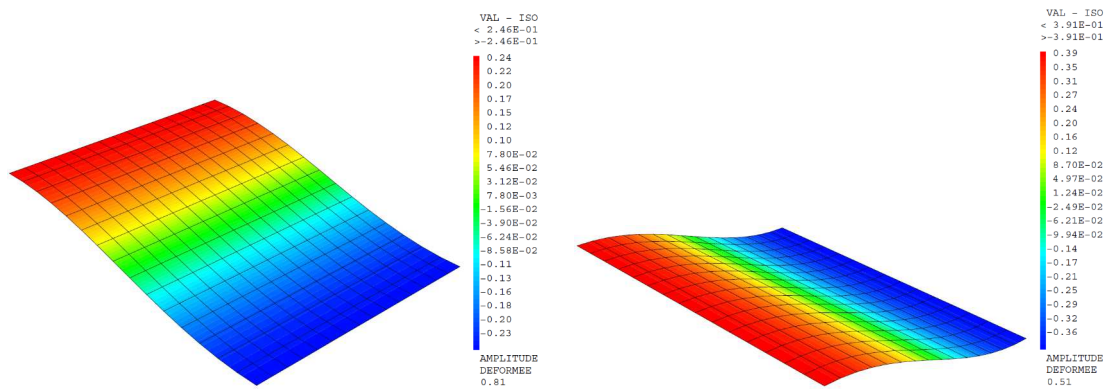


Figure 102 : Déformée modale du mode n° 1 à 0,2471Hz (à gauche) et du mode n° 2 à 0,3119Hz (à droite)

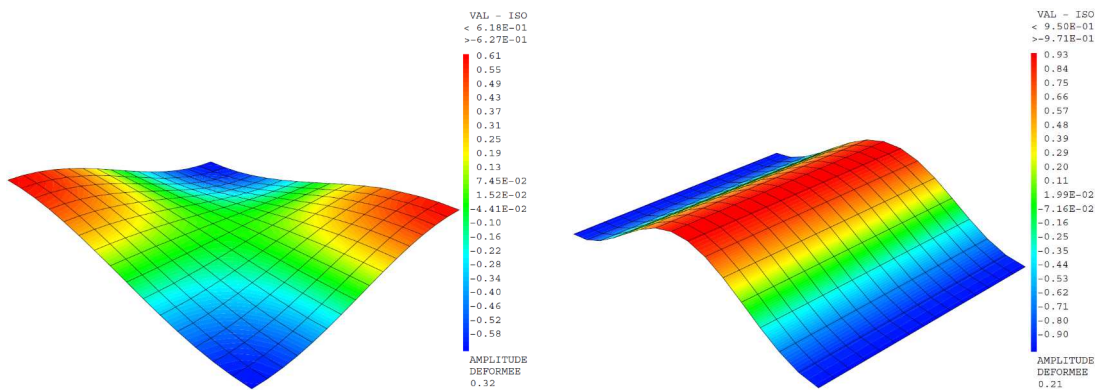


Figure 103 : Déformée modale du mode n° 3 à 0,3960Hz (à gauche) et du mode n° 4 à 0,4913Hz (à droite)

SAUT 1 LIGN;
TEMPS;
SAUT 1 LIGN;
FIN;

5.5.16 sissi.dgibi

Nom du fichier	sissi.dgibi														
Type de calcul	Mécanique Vibration 3D														
Type d'Éléments Finis	POUT														
Référence	Validation of CASTEM2000 for fluid structure interaction problems R.RAVI, Rapport C.E.A 91/479 FONCTIONNEMENT DE LA PROCEDURE SISSIB.PROCEDUR														
Description	<p>Ce test permet de s'assurer du bon fonctionnement de la procédure SISSIB.PROCEDUR qui est en charge de calculer la réponse sismique d'une structure à l'aide d'une méthode spectrale.</p> <p>Le problème représente une poutre encastree composée de 20 éléments finis dont les moments d'inertie IY et IZ sont différents. Un spectre en accélération selon l'axe X est appliqué afin de représenter le séisme.</p>														
Objectif	<p>Le déplacement U_x et l'accélération \ddot{U}_x au point C3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$U_x(C3)$</td> <td>8,01914.10⁻⁴m</td> <td>8,01914.10⁻⁴m</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>$\ddot{U}_x(C3)$</td> <td>1,2570 m.s⁻²</td> <td>1,2570 m.s⁻²</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	$U_x(C3)$	8,01914.10 ⁻⁴ m	8,01914.10 ⁻⁴ m	0%	$\ddot{U}_x(C3)$	1,2570 m.s ⁻²	1,2570 m.s ⁻²	0%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif												
$U_x(C3)$	8,01914.10 ⁻⁴ m	8,01914.10 ⁻⁴ m	0%												
$\ddot{U}_x(C3)$	1,2570 m.s ⁻²	1,2570 m.s ⁻²	0%												
Version de Cast3M	Du jour														
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits														

Tableau 53 : Informations sur le cas test sissi.dgibi

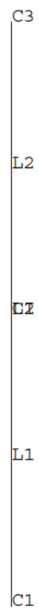


Figure 104 : Maillage du cas-test sissi.dgibi

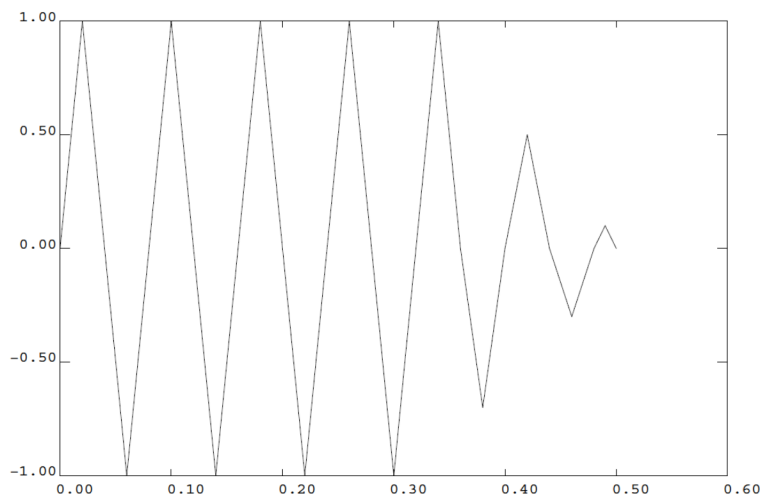


Figure 105 : Évolution de la sollicitation en accélération

Jeu de données :

```

* fichier : sissi.dgibi
*****
* Section : Mecanique Dynamique
*****

*****
*   Test sissi.dgibi: jeux de données   *
*   -----                           *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*****
*                                     *
* Mots-clés : Vibrations, calcul modal, *
*             poutre, seisme           *
*                                     *
*             SISSI                    *
*                                     *
* CAS TEST DU 91/06/19  PROVENANCE : PLAF *
* CAS TEST DU 91/06/18  PROVENANCE : PLAF *
*                                     *
*   test de la procedure SISSIB        *
*                                     *
* 1 poutre encastree, 20 elements finis, *
* IY different de IZ, un spectre        *
* d'oscillateurs en ACCE direction du   *
* seisme : X                            *
*                                     *
*****

TEMPS ;
OPTI DIME 3 ELEM 'SEG2' ;
OPTI EPSI 'LINEAIRE';
*
C1 = 0. 0. 0. ;
C2 = 0. 0. 5. ;
C3 = 0. 0. 10. ;
L1 = DROITE 10 C1 C2 ;
L2 = DROITE 10 C2 C3 ;
LI = L1 ET L2 ;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TRAC 'QUAL' LI;
FINSI;

MOD1 = MODE LI MECANIQUE ELASTIQUE POUT ;

CH_MAT = MATE MOD1 YOUNG 2.E11  NU 0.3
          RHO 7800. ;
CH_CAR = CARA MOD1 SECT 0.25 INRY 0.006
          INRZ 0.004 TORS 0.01
          VECT ( 0. 1. 0. ) ;
CH_MAT=CH_MAT et CH_CAR;

RIG1 = RIGI CH_MAT MOD1 ;
ENCL = BLOQ C1 DEPL ROTA ;
RIGFI= RIG1 ET ENCL ;

MAS1 = MASS CH_MAT MOD1 ;

*   Calcul des premiers modes

L_FREQ = PROG 3.58 4.38 24.09 25.15 ;
MODE_POU = VIER PROCHE L_FREQ RIGFI
          MAS1 TBAS ;

*   Calcul des contraintes modales
MODE_POU = SIGSOL MOD1 CH_MAT MODE_POU ;

*   Calcul des reactions modales
MODE_POU = REAC ENCL MODE_POU ;

ITAB2 = MODE_POU . 'MODES' ;
NB_MODE = ( DIME ITAB2 ) - 2 ;

*   Definition du spectre acceleration
LIS_TEMP = PROG 0. PAS 1.E-2 0.50 ;
LIS_ACCE = PROG
0. 0.5 1. 0.5 0. -0.5 -1. -0.5
0. 0.5 1. 0.5 0. -0.5 -1. -0.5

```

```

0. 0.5 1. 0.5 0. -0.5 -1. -0.5
0. 0.5 1. 0.5 0. -0.5 -1. -0.5
0. 0.5 1. 0.5 0. -0.35 -0.7 -0.35
0. 0.25 0.5 0.25 0. -0.15 -0.3 -0.15
0. 0.1 0. ;

LIS_CHAR = EVOL MANU LIS_TEMP LIS_ACCE ;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'Chargement en Acceleration';
  DESS LIS_CHAR;
FINSI;

LIS_FREQ = PROG 1. PAS 2. 400. ;
LIS_AMOR = PROG 2. 5. 10. 15. ;
LIS_AMOR = LIS_AMOR * 1.e-2 ;
SEISME_X = SPO LIS_CHAR 'AMOR'
          LIS_AMOR 'FREQ'
          LIS_FREQ 'ACCE' ;

BAS_AMOR = PROG 4. 6. 7. 9. ;
BAS_AMOR = BAS_AMOR * 1.e-2 ;

TAB1 = TABL ;

TAB1 . 'STRUCTURE' = MODE_POU ;
TAB1 . 'AMORTISSEMENT' = BAS_AMOR ;

TAB3 = 'TABLE' 'EXCITATION' ;
TAB1 . 'EXCITATION' = TAB3 ;

TAB3 . 1 = 'TABLE' ;
TAB3 . 1 . 'DIRECTION' = 'X' ;
TAB3 . 1 . 'SPECTRE' = SEISME_X ;
TAB3 . 1 . 'AMORTISSEMENT' = LIS_AMOR ;

TAB1 . 'RECOMBINAISON_MODES' = 'SRSS';
TAB1 . 'RECOMBINAISON_DIRCTIONS' =
'QUADRATIQUE' ;

TAB4 = 'TABLE' 'SORTIES' ;
TAB1 . 'SORTIES' = TAB4 ;
TAB4 . 'DOMAINE' = MOD1 ;
TAB4 . 'DEPLACEMENTS' = VRAI ;
TAB4 . 'CONTRAINTE' = VRAI ;
TAB4 . 'ACCELERATIONS' = VRAI ;

TAB2 = SISSIB TAB1 ;

MESS ' Chpoint de deplacement du point
          C3 issu de SISSIB : ' ;
MESS ' ' ;
CHP_DEP = TAB2 . 'X' . 'DEPLACEMENTS' ;
LIST ( REDU CHP_DEP C3 ) ;
MESS ' Chpoint d acceleration du point
          C3 issu de SISSIB : ' ;
MESS ' ' ;
CHP_ACC = TAB2 . 'X' . 'ACCELERATIONS' ;
LIST ( REDU CHP_ACC C3 ) ;

CHE_CONT = TAB2 . 'X' . 'CONTRAINTE' ;
MAX_CONT = MAXI CHE_CONT ;
MESS ' Valeur maximale des contraintes
          issue de SISSIB = ' MAX_CONT ;
MESS ' ' ;

*-----*
*                                     *
*   Verification de la procedure     *
*                                     *
*-----*
*   Verification du deplacement
*   Verification de l'acceleration
*   Verification de la contrainte maximale

*   ---- calcul de S(N,X,B) ----
TSEIS = TABL ;
NB_AMOR = 'DIME' LIS_AMOR ;
I_MODE = 0 ;
REPETER BOUCL NB_MODE ;
  I_MODE = I_MODE + 1 ;
  ITAB3 = ITAB2 . I_MODE ;
  F_N = ITAB3 . 'FREQUENCE' ;
  LOG_F_N = LOG F_N ;
  B_N = EXTRAIRE BAS_AMOR I_MODE ;

P_SPEC = 'PROG' ;
I_AMOR = 0 ;
REPETER BOUCL0 NB_AMOR ;
  I_AMOR = I_AMOR '+' 1 ;
  EVOLS1 = 'EXTR' SEISME_X 'COUR'
          I_AMOR ;
LISABS1 = 'EXTR' EVOLS1 'ABSC' ;
LISORD1 = 'EXTR' EVOLS1 'ORDO' ;
LOG_ABS1 = 'LOG' LISABS1 ;

```

```

LOG_ORD1 = 'LOG' LISORD1 ;
S1 = IPOL LOG_F_N LOG_ABS1 LOG_ORD1 ;
S_1 = 'EXP' S1 ;

P_SPEC = P_SPEC ET ( 'PROG' S_1 ) ;
FIN BOUC10 ;

S_N = 'IPOL' B_N LIS_AMOR P_SPEC ;

TSEIS . I_MODE = S_N ;
FIN BOUC1 ;

I_MODE = 0 ;
ZTRON = 'MANU' 'CHPO' LI 1 'UX' 1. ;
*
REPETER BOUC2 NB_MODE ;
I_MODE = I_MODE + 1 ;
S_I = TSEIS . I_MODE ;
ITAB3 = ITAB2 . I_MODE ;
F_I = ITAB3 . 'FREQUENCE' ;
D_I = ITAB3 . 'DEFORMEE_MODAL' ;
C_I = ITAB3 . 'CONTRAINTE_MODAL' ;
ITAB4=ITAB3 . 'DEPLACEMENTS_GENERALISES' ;
Q_I = ITAB4 . 1 ;
M_I = ITAB3 . 'MASSE_GENERALISEE' ;
W_I = 2.0 * PI * F_I ;
QSM = Q_I / M_I ;
COEF_1 = QSM / ( W_I * W_I ) ;
DEPL_I = COEF_1 * S_I * D_I ;
ACCE_I = QSM * S_I * D_I ;
ZTRON = ZTRON - ( QSM * D_I ) ;
CONT_I = COEF_1 * S_I * C_I ;
'SI' ( I_MODE 'EGA' 1 ) ;
DEPL_T = DEPL_I ** 2 ;
ACCE_T = ACCE_I ** 2 ;
CONT_T = CONT_I ** 2 ;
'SINON' ;
DEPL_T = DEPL_T + ( DEPL_I ** 2 ) ;
ACCE_T = ACCE_T + ( ACCE_I ** 2 ) ;
CONT_T = CONT_T + ( CONT_I ** 2 ) ;
'FINSI' ;
FIN BOUC2 ;

LISORD1 = 'EXTR' SEISME_X 'ORDO' 1 ;
NVAL_1 = 'DIME' LISORD1 ;
GAMMA0 = 'EXTR' LISORD1 NVAL_1 ;
ACCE_T = ACCE_T + ( ( GAMMA0 * GAMMA0 ) *
( ZTRON ** 2 ) ) ;

DEPL_T = DEPL_T ** 0.5 ;
ACCE_T = ACCE_T ** 0.5 ;
CONT_T = CONT_T ** 0.5 ;

D_SOM_X = 'EXTR' DEPL_T C3 'UX' ;
A_SOM_X = 'EXTR' ACCE_T C3 'UX' ;
C_MAX = 'MAXI' CONT_T ;

DEP = EXTR CHP_DEP C3 'UX' ;
ACC = EXTR CHP_ACC C3 'UX' ;

MESS '   déplacement du point C3 : ' ;
LIST ( 'REDU' DEPL_T C3 ) ;
SAUTER 2 LIGNES ;
MESS '   acceleration du point C3 : ' ;
LIST ( 'REDU' ACCE_T C3 ) ;
SAUTER 2 LIGNES ;
MESS '   contrainte maximale = ' C_MAX ;
SAUTER 2 LIGNES ;

TEMPS ;

*   Code de bon fonctionnement
REF_DEP = D_SOM_X ;
REF_ACC = A_SOM_X ;
REF_CON = C_MAX ;
RES1 = 100 *
(ABS ( ( DEP - REF_DEP ) / REF_DEP )) ;
RES2 = 100 *
(ABS ( ( ACC - REF_ACC ) / REF_ACC )) ;
RES3 = 100 *
(ABS ( ( MAX_CONT - REF_CON ) / REF_CON )) ;

SAUTER 2 LIGNES ;

MESS 'deplacement theorique : ' D_SOM_X 'm';
MESS 'deplacement calculee : ' DEP 'm';
MESS '   Soit un ecart de : ' RES1 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

MESS 'acceleration theorique: ' A_SOM_X 'm';
MESS 'acceleration calculee : ' ACC 'm';
MESS '   Soit un ecart de : ' RES2 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

```

```

SI ( RES1 <EG 1. ) ;
ERRE 0 ;
SINON ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
SI ( RES2 <EG 1. ) ;
ERRE 0 ;
SINON ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
SI ( RES3 <EG 1. ) ;
ERRE 0 ;
SINON ;
ERRE 5 ;
FINSI ;

FIN ;

```


Jeu de données :

```
* fichier : plexus1.dgibi
*****
* Section : Langage Objets
* Section : Maillage Autres
* Section : Mecanique Elastique
*****
* CAS TEST DU 92/01/16   PROVENANCE : PLA2

*****
* Test plexus1.dgibi: jeux de données  *
* -----*
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC X ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
*                PLEXUS1                *
*                *                        *
*          CAS TEST DE L INTERFACE        *
*          CASTEM 2000 - PLEXUS          *
*                *                        *
* Cet exemple permet de tester la        *
* relecture de la bande CAST3M cree par *
* PLEXUS                                  *
*****
OPTI REST FORMAT
  '/u/castem/divers/plexus1.couplage' ;

TITRE 'TEST NTERFACE CAST3M - PLEXUS';

*-Restitution de la bande cree par PLEXUS
TEMPS ;
REST FORMAT ;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'MALLAGE TOUT DANS PLEXUS1.DGIBI';
  TRAC 'QUAL' TOUT ;
FINSI;

*   TESTS DES CHPO CREES PAR PLEXUS
*   =====
ND5 = NOEU 5 ;
ND11 = NOEU 11 ;
*
* creation d un chpo de déplacements et
* de vitesses ( 2 et 3eme sauvegarde)

DEPL2 = TABPLEX . 2 . DEPL ;
VITE3 = TABPLEX . 3 . VITE ;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'CHAMP DE DEPLACEMENT au pas 2' ;
  TRAC DEPL2 TOUT ;
  TITR 'CHAMP DE VITESSE au pas 3' ;
  TRAC VITE3 TOUT ;
FINSI;

* extraction du déplacement suivant r pour
* le noeud no 5 et de la vitesse suivant z
* du noeud 11
```

```
FD5R = EXTR DEPL2 ND5 UR ;
FV11Z = EXTR VITE3 ND11 UZ ;

*   TESTS DES MCHAML CREES PAR PLEXUS
*   =====

CONT3 = TABPLEX . 3 . CONT ;
EPST2 = TABPLEX . 2 . EPST ;

* on extrait du champ de contrainte et du
* champ des defo. totales la composante S_2
*(resp. D_1) pour laquelle on change le nom
* de la composante.

CHN22 = EXCO S_2 CONT3 N22 ;
CHD11 = EXCO D_1 EPST2 D11 ;

* on cree un objet de type MODE , un objet
* de type MATE associes a la 1 ere zone du
* maillage ZONE_1

MODL1=MODE ZONE_1 MECANIQUE ELASTIQUE COQ2;
CAR1 =MATE MODL1 'YOUN' 200.E3 'NU' 0.
      'EPAT' 2. 'RHO' 7.8E-9;

* on reduit le nouveau chamelem sur la
* premiere zone du maillage ZONE_1

CHN22R=REDU CHN22 ZONE_1;

* on extrait la composante N22 du 1er
* sous-paquet du 1er element pour le 1er
* point de gauss (dans notre cas le 1er
* noeud : mchaml au noeuds en sortie de
* PLEXUS)

N22_1 = EXTR CHN22R N22 1 1 1 ;
TEMPS ;
VAL1 = 1.5492E-5 ;
VAL2 = 335.39 ;
VAL3 = 2.2031 ;
RESI1 = 100*(ABS((FD5R - VAL1) / VAL1 ));
RESI2 = 100*(ABS((FV11Z - VAL2) / VAL2 ));
RESI3 = 100*(ABS((N22_1 - VAL3) / VAL3 ));

MESS 'deplacement theorique : ' VAL1 'mm';
MESS 'deplacement calculee : ' FD5R 'mm';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

MESS 'vitesse theorique: ' VAL2 'mm/s';
MESS 'vitesse calculee : ' FV11Z 'm/s';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI2 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

MESS 'contrainte theorique: ' VAL3 'MPa';
MESS 'contrainte calculee : ' N22_1 'MPa';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI3 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

*   CODE FONCTIONNEMENT
*   -----

SI((RESI1 <EG 1E-2) ET (RESI2 <EG 1E-2) ET
  (RESI3 <EG 1E-2));
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;
```

5.6 MÉCANIQUE DE LA RUPTURE

5.6.1 rupt1.dgibi

Nom du fichier	rupt1.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA8
Référence	Test NAFEMS : Ductile Fracture Handbook, A. ZAHOOR, EPRI, 1990 : rupt1 Modélisation des structures élastiques dans CASTEM 2000
Description	Validation du calcul de K (facteur d'intensité de contrainte) par la procédure G_THETA en élasticité linéaire sur un cylindre avec une fissure débouchante circonférentielle
Objectif	Erreur relative < 1% sur K
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 55 : Informations sur le cas test rupt1.dgibi



Figure 106 : Maillage du cas-test rupt1.dgibi



Figure 107 : Déformation du cylindre sous traction uniforme

Jeu de données :

```

* fichier : ruptl.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Ruptl.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*
OPTION echo 1;
GRAPH = 'N';
SAUT PAGE;
*****
*          QUALIFICATION DU CALCUL DE K EN
*          ELASTICITE LINEAIRE SUR UN CYLINDRE AVEC
*          UNE FISSURE DEBOUCHANTE CIRCONFERENCELE
*
* Le calcul est compare a celui obtenu par A ZAHOOR
*****
* R = rayon interne de la tuyauterie (M)
* B = épaisseur de la tuyauterie (M)
* L = longueur de la tuyauterie (M)
* A = longueur de la fissure (M)
* MYOU = module d'Young (Pa)
* TA = chargement appliqué (N)
***
TA = 1.E6;
R = 1.;
B = 0.1;
A = B / 2.;
L = R * 4.;
MYOU = 2.0E11;
***
*** Maillage
***
OPTION DIME 2 ELEM QUA8 MODE AXIS;
t = a / 100.; densite t ; pf = (a 0.);
c1 = (c ( pf moins (t 0.)) pf ( pf plus (0. t)))
      c pf ( pf plus (t 0.));
sf = cout pf c1;
r1 = t ; rrl = t;
repetier bhomo 7;
  ri = r1 + ( 0.3 * r1 );
  rri = rrl + ri; dens ri;
  ci = (c (pf moins (rri 0.)) pf ( pf plus (0. rri)))
        c pf (pf plus (rri 0.));
  sf = sf et (cout c1 ci);
  c1 = ci ; r1 = ri ; rrl = rri;
fin bhomo;
dens (a / 3.);
p0 = (0. 0.) ; p1 = (b 0.);
p2 = p0 plus (0. a) ; p3 = p1 plus (0. a);
pi1 = ci poin 1 ; l1 = pi1 d p0 ; n = (nbcl l1) * -1;
pi2 = ci poin 4 ; l2 = pi2 d n p2;
pi3 = ci poin 10 ; l3 = pi3 d n p3;
pi4 = ci poin 13 ; l4 = pi4 d pl;
ci = inve ci ; ligh = p2 d p3;
sc1 = dall l1 (p0 d p2) (inve l2) (ci ELEM comp pi2 pi1);
sc2 = dall l2 ligh (inve l3) (ci ELEM comp pi3 pi2);
sc3 = dall l3 (p3 d pl) (inve l4) (ci ELEM comp pi4 pi3);
sc = scl et sc2 et sc3;
dens (a / 2.);
mrest1 = ligh tran (0. (2.*a) dini (40*t) dfin (50*t);
l1 = mrest1 cote 3;
YY1 = coor 2 (point l1 init);
l2 = D 3 (B (YY1 + (0.7*a))) (0. (yy1 + (0.7*a)));
S1 = COU L1 L2;
YY1 = COOR 2 (l2 point init);
mrest2 = l2 tran (0. (L - YY1) dini (80*t)
                 dfin (150*t);
sut = sf et sc et mrest1 et S1 et mrest2;
ELIM 1.E-8 SUT;
DEPL PLUS SUT (R 0.);
L1 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
      DROI (R 0.) ((B + R) 0.) 1.E-8);
L2 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
      DROI ((B + R) 0.) ((B + R) L) 1.E-8);
L3 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
      DROI ((B + R) L) (R L) 1.E-8);
L4 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
      DROI (R L) (R 0.) 1.E-8);
L5 = (CONT SUT) ELEM COMP P1 PF;
SI ( NEG GRAPH 'N' );
TI TR 'MALLAGE DU CYLINDRE';
TRAC sut;
FINSI;
*****
***** RESOLUTION EN ELASTICITE LINEAIRE
*****
MO1 = MODELE SUT MECANIQUE ELASTIQUE
      PLASTIQUE ISOTROPE;
MA1 = MATER MO1 YOUNG MYOU NU 0.3 TRAC COU TRAC;
RI = (BLOQ UZ L5) ET (RIGI MA1 MO1);
AIR1 = PI*((R + B)**2.) - (R*R);
FOR1 = PRES 'MASS' MO1 (0. - (TA/AIR1)) L3;
DEPL = RESO FOR1 RI;
SIG1 = SIGMA MO1 MA1 DEPL;
SI ( NEG GRAPH 'N' );
TI TR 'DEFORMATION DU CYLINDRE SOUS TRACTION UNIFORME';
TRAC (DEFO SUT DEPL);
FINSI;
***
*** Solution COD (MM) et K (MPa M^0.5) de castem
***
COD_CAL = (EXTR DEPL 'UZ' P1)*2000.;
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = l1 diff l5;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PF ;
SUPTAB.'MODELE' = MO1;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mal;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = depl;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = for1;
SUPTAB.'COUCHE' = 5;
G_THETA SUPTAB;
K_CAL = (MYOU*(SUPTAB.'RESULTATS'))/(1 - (0.3**2))*0.5;
K_CAL = K_CAL*1.E-6;
***
*** Solution Analytique Zahoor
***
RAP1 = R / B;
SI (RAP1 < 10.); GRANDA = ((0.125*RAP1) - 0.25)**0.25;
FINSI;
SI (RAP1 > EG 10.); GRANDA = ((0.4*RAP1) - 3.00)**0.25;
FINSI;
F = (1.9480*((A/B)**1.5) + (0.3342*((A/B)**4.2)));
F = 1.1 + (GRANDA*F);
SIGT = TA / AIR1;
K_ZAH = SIGT*((PI*A)**0.5)*F;
K_ZAH = K_ZAH*1.E-6;
ERR1 = abs ((K_CAL - K_ZAH)/K_ZAH);
MESS ' Facteur K CASTEM =' K_CAL '(Mpa.M^0.5)';
MESS ' Facteur K ZAHOOR =' K_ZAH '(Mpa.M^0.5)';
MESS ' Erreur relative =' ERR1;
SI (ERR1 < 1.E-2);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;

```

5.6.2 rupt2.dgibi

Nom du fichier	rupt2.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	WILSON et YU dans The use of J-Integral in thermal stress crack problems international Journal of Fracture (1979)
Description	Validation du calcul de G (taux de restitution d'énergie) par la procédure G_THETA en thermo-élasticité linéaire sur une plaque a fissure latérale, évaluation du facteur de forme
Objectif	Erreur relative < 5% sur le facteur d'intensité des contraintes normalisé
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 56 : Informations sur le cas test rupt2.dgibi

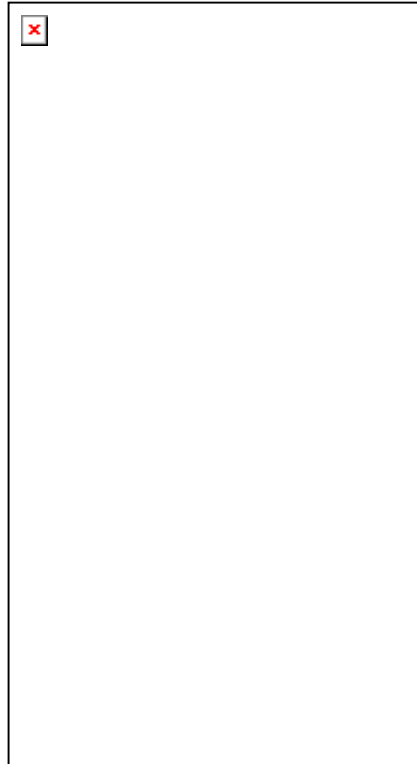


Figure 108 : Maillage du cas-test rupt2.dgibi

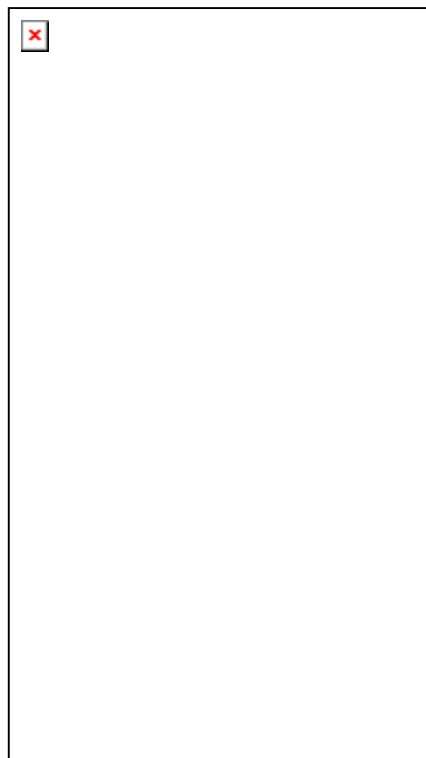


Figure 109 : Contraintes SMYY

Jeu de données :

```
* fichier : rupt2.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt2.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
OPTION echo 1
GRAPH = 'N'
SAUT PAGE
*
*****
*          QUALIFICATION DU CALCUL DE G
*          EN THERMO-ELASTICITE LINEAIRE
*          SUR UNE PLAQUE A FISSURE LATERALE
*          EVALUATION DU FACTEUR DE FORME
*
* le calcul est compare a celui obtenu par
* WILSON et YU
* dans 'The use of J-Integral in thermal stress crack
* problems international Journal of Fracture (1979)
*
*****
OPTION DIME 2 ELEM QUA8 MODE PLAN DEFO
*
*----- DEFINITION DU MAILLAGE -----
*
a = 100. ; b = 200. ; h = 400. ; t = a / 100.
densite t ; pf = (a 0.)
c1 = (c ( pf moins (t 0.)) pf ( pf plus (0. t)))
      c pf ( pf plus (t 0.))
sf = cout pf c1;
r1 = t ; rrl = t
repete bhomo 7;
  ri = r1 + ( 0.3 * r1 )
  rri = rrl + ri
  dens ri
  ci = ( c ( pf moins (rri 0.)) pf ( pf plus (0. rri)))
        c pf ( pf plus (rri 0.))
  sf = sf et ( cout c1 ci )
  c1 = ci ; r1 = ri ; rrl = rri
fin bhomo
dens (a / 3.)
p0 = (0. 0.) ; p1 = (b 0.)
p2 = p0 plus (0. a) ; p3 = p1 plus (0. a)
pi1 = ci poin 1 ; l1 = pi1 d p0
n = (nbcl l1) * -1
pi2 = ci poin 4 ; l2 = pi2 d n p2
pi3 = ci poin 10 ; l3 = pi3 d n p3
pi4 = ci poin 13 ; l4 = pi4 d p1
ci = inve ci ;ligh = p2 d p3
sc1 = dall l1 (p0 d p2) (inve l2) (ci ELEM comp pi2 pi1)
sc2 = dall l2 ligh (inve l3) (ci ELEM comp pi3 pi2)
sc3 = dall l3 (p3 d p1) (inve l4) (ci ELEM comp pi4 pi3)
sc = sc1 et sc2 et sc3
dens (a / 2.)
mrest = ligh tran (0. (h - a)) dini (a / 2.)
lihaut = mrest cote 3
phd = lihaut poin init
ccp = sf et sc et mrest
elim ccp 0.001
cccp = cont ccp
lifis = cccp ELEM comp pf p0
libas = cccp ELEM comp p1 pf
*
*----- CREATION DU MODELE -----
*
objaf = MODE ccp mecanique elastique isotrope
*
*----- DEFINITION DES CARACTERISTIQUES -----
*----- MATERIELLES ET GEOMETRIQUES -----
*
mat = MATE objaf YOUN 2.e4 NU 0.3 ALPH 5.e-6
*
*----- CALCUL DES RIGIDITES ELEMENTAIRES -----
*----- ET DEFINITION DES BLOCAGES -----
*
rig = rigi objaf mat
cdl1 = bloq Uy libas
cdl2 = bloq Uy lihaut
cdl3 = bloq Ux phd
*
*----- DEFINITION DU CHAMP DE TEMPERATURES -----
```

```
*
*
chx = coor 1 ccp
cha = manu chpo ccp 1 scal a
chx = nomc 'T' (chx - cha)
cht = chx * (100. / a)
ch0 = 0 * cht
sigth = thet MAT objaf cht
*
*----- RESOLUTION ET CALCUL DES CONTRAINTES -----
*
U = reso (rig et cdl1 et cdl2 et cdl3 )
      (bsig objaf sigth) ;
SIG = sigm mat objaf U
SIG = SIG - sigth
sigy = exco SIG smyy
SI ( NEG GRAPH 'N' )
TRAC CCP
TRAC SIGY OBJAF CCP
FINSI
*
*----- INITIALISATION DE LA TABLE EN ENTREE -----
*----- DE LA PROCEDURE G_THETA -----
*
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PF ;
SUPTAB.'MODELE' = objaf;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mat;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = u;
SUPTAB.'TEMPERATURES' = cht;
SUPTAB.'COUCHE' = 4;
*
*----- APPEL A LA PROCEDURE G_THETA -----
*
SAUT PAGE
G_THETA suptab
*
*----- RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS -----
*
G = suptab.'RESULTATS'
K = (20000. * G / (1 - (0.3**2)))*0.5
F = K * (1 - 0.3) /
  ( 20000 * 5.e-6 * 100 * ((100*pi)**0.5))
mess 'taux de restitution energetique G : ' G ;
mess 'coefficient d intensite de contrainte K : ' K ;
mess 'facteur de forme calcule Fcal : ' F ;
mess
'facteur de forme analytique Fthe : ' 0.514 ;
*
CODE FONCTIONNEMENT
RESI = abs (( F - 0.514 ) / 0.514 )
SI (RESI < 5E-2)
ERRE 0
SINO
ERRE 5
FINSI
fin;
```


5.6.3 rupt3.dgibi

Nom du fichier	rupt3.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	ROOKE et CARTWRIGHT dans Compendium of Stress Intensity Factors
Description	Validation du calcul de G (taux de restitution d'énergie) par la procédure G_THETA en élasticité linéaire sur une plaque à fissure interne
Objectif	Erreur relative < 5% sur le facteur d'intensité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 57 : Informations sur le cas test rupt3.dgibi

Figure 110 : Maillage du cas-test rupt3.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt3.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt3.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
* OPTION echo 1
* GRAPH = 'N'
* SAUT PAGE
*
*****
*
*          QUALIFICATION DU CALCUL DE G
*          EN ELASTICITE LINEAIRE SUR
*          UNE PLAQUE A FISSURE INTERNE
*
* le calcul est compare a celui obtenu par
* ROOKE et CARIWRIGHT
* dans Compendium of Stress Intensity Factors
*
*****
*
* OPTION DIME 2 ELEM QUAS MODE PLAN DEFO
*
*----- DEFINITION DU MAILLAGE -----
*
a = 100. ; b = 200. ; h = 600. ; t = a / 100.
densite t ; pf = (a 0.)
c1 = ( c ( pf moin ( t 0.)) pf ( pf plus ( 0. t)))
      c pf ( pf plus ( t 0.))
sf = cout pf c1;
r1 = t ; rrl = t
reperer bhomo 7;
  ri = r1 + ( 0.3 * r1 )
  rri = rrl + ri
  dens ri
  ci = ( c ( pf moin ( rri 0.)) pf ( pf plus ( 0. rri)))
      c pf ( pf plus ( rri 0.))
  sf = sf et ( cout ci ci )
  cl = ci ; r1 = ri ; rrl = rri
fin bhomo
dens ( a / 3.)
p0 = ( 0. 0. ) ; p1 = ( b 0. )
p2 = p0 plus ( 0. a ) ; p3 = p1 plus ( 0. a )
p11 = ci poin 1 ; l1 = p11 d p0
n = ( nbel l1 ) * -1
pi2 = ci poin 4 ; l2 = pi2 d n p2
pi3 = ci poin 10 ; l3 = pi3 d n p3
pi4 = ci poin 13 ; l4 = pi4 d p1
ci = inve ci ;ligh = p2 d p3
sc1 = dall l1 ( p0 d p2 ) ( inve l2 ) ( ci ELEM comp pi2 p11 ) ;
sc2 = dall l2 ligh ( inve l3 ) ( ci ELEM comp pi3 pi2 ) ;
sc3 = dall l3 ( p3 d p1 ) ( inve l4 ) ( ci ELEM comp pi4 pi3 ) ;
sc = sc1 et sc2 et sc3
dens ( a / 2. )
mrest = ligh tran ( 0. ( h - a ) ) dini ( a / 2. )
lihaut = mrest cote 3
phd = lihaut poin init
ccp = sf et sc et mrest
elim ccp 0.001
cccp = cont ccp
lifis = cccp ELEM comp pf p0
libas = cccp ELEM comp p1 pf
licot = ccp poin droi ( 0. 0. ) ( 0. 100. ) 0.001
licot = cccp elem appuy stric licot
SI ( NEG GRAPH 'N' )
  TRAC CCP
FINSI
*
*----- CREATION DU MODELE -----
*
objaf = MODE ccp mecanique elastique isotrope
*
```

```
*----- DEFINITION DES CARACTERISTIQUES -----;
*----- MATERIELLES ET GEOMETRIQUES -----;
*
mat = MATE objaf YOUN 2.e4 NU 0.3
*
*----- CALCUL DES RIGIDITES ELEMENTAIRES -----;
*----- ET DEFINITION DES BLOCAGES -----;
*
rig = rigi objaf mat
cd11 = bloq Ux licot
cd12 = bloq Uy libas
*
*----- DEFINITION DU CHARGEMENT -----;
*
F = pres mass objaf -1. lihaut
*
*----- RESOLUTION ET CALCUL DES CONTRAINTES -----;
*
U = reso ( rig et cd11 et cd12 ) F
SIG = sigm mat objaf U
*
*----- INITIALISATION DE LA TABLE EN ENTREE -----;
*----- DE LA PROCEDURE G_THETA -----;
*
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PF ;
SUPTAB.'MODELE' = objaf;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mat;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = u;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = F;
SUPTAB.'COUCHE' = 4;
*
*----- APPEL A LA PROCEDURE G_THETA -----;
*
SAUT PAGE
G_THETA suptab
*
*----- RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS -----;
*
G = suptab.'RESULTATS'
Kth = 20.8426
K = ( 20000. * G / ( 1 - ( 0.3**2 ) ) ) ** 0.5
mess ' '
mess ' '
mess 'taux de restitution energetique G : ' G
mess 'solution calculee Kcal : ' K
mess 'solution analytique Kthe : ' Kth
*
CODE FONCTIONNEMENT
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth )
SI ( RESI < 5E-2 )
  ERRE 0
SINO
  ERRE 5
FINSI
fin;
```

5.6.4 rupt4.dgibi

Nom du fichier	rupt4.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	ROOKE et CARTWRIGHT dans Compendium of Stress Intensity Factors
Description	Validation du calcul de G (taux de restitution d'énergie) par la procédure G_THETA en élasticité linéaire sur une plaque à fissure interne soumise à une pression constante
Objectif	Erreur relative < 5% sur le facteur d'intensité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 58 : Informations sur le cas test rupt4.dgibi

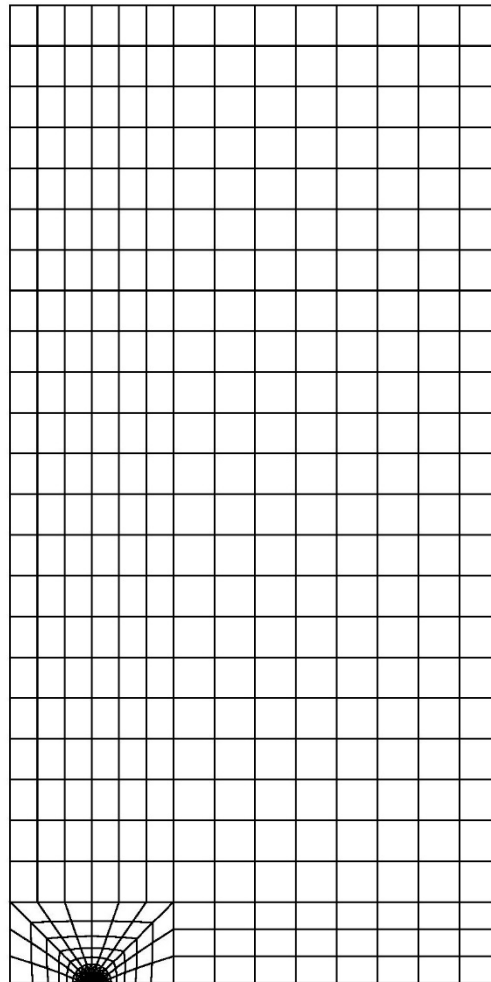


Figure 111 : Maillage du cas-test rupt4.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt4.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt4.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
OPTION echo 1
GRAPH = 'N'
SAUT PAGE
*
*****
*
*          QUALIFICATION DU CALCUL DE G
*          EN ELASTICITE LINEAIRE SUR
*          UNE PLAQUE A FISSURE INTERNE
*          SOUMISE A UNE PRESSION CONSTANTE
*
* le calcul est compare a celui obtenu par
* ROOKE et CARTWRIGHT
* dans Compendium of Stress Intensity Factors
*****
*
OPTION DIME 2 ELEM QUA8 MODE PLAN DEFO
*
*----- DEFINITION DU MAILLAGE -----
*
a = 100. ; b = 200. ; h = 1200.
m = 600 ; t = a / 100
densite t ; pf = (a 0.)
c1 = (c ( pf moin (t 0.)) pf ( pf plus (0. t)))
      c pf ( pf plus (t 0.))
sf = cout pf c1;
r1 = t ; rrl = t
repete bhomo 7;
  ri = r1 + ( 0.3 * r1 )
  rri = rrl + ri
  dens ri
  ci = ( c ( pf moin (rri 0.)) pf ( pf plus (0. rri)))
      c pf ( pf plus (rri 0.))
  sf = sf et ( cout c1 ci )
  c1 = ci ; r1 = ri ; rrl = rri
fin bhomo
dens (a / 3.)
p0 = (0. 0.) ; p1 = (b 0.)
p2 = p0 plus (0. a) ; p3 = p1 plus (0. a)
pi1 = ci poin 1 ; l1 = pi1 d p0
n = (nbel l1) * -1
pi2 = ci poin 4 ; l2 = pi2 d n p2
pi3 = ci poin 10 ; l3 = pi3 d n p3
pi4 = ci poin 13 ; l4 = pi4 d p1
ci = inve ci ;ligh = p2 d p3
sc1 = dall l1 (p0 d p2) (inve l2) (ci ELEM comp pi2 pi1) ;
sc2 = dall l2 ligh (inve l3) (ci ELEM comp pi3 pi2) ;
sc3 = dall l3 (p3 d p1) (inve l4) (ci ELEM comp pi4 pi3) ;
sc = sc1 et sc2 et sc3
dens (a / 2.)
ligh1 = p1 d p3
mrest1 = ligh1 tran ((m-b) 0.) dini (a/2.)
ala = mrest1 cote 3
al = mrest1 cote 2
mrest = ligh tran (0. (h - a) dini (a / 2.)
mrest2 = al tran (0. (h - a) dini (a / 2.)
lihaut1= mrest cote 3
lihaut = mrest cote 3
lihaut2= mrest2 cote 3
lihaut = lihaut1 et lihaut2
ccp = sf et sc et mrest et mrest1 et mrest2
elim ccp 0.001
cccp = cont ccp
pj = ala poin fina
lifis = cccp ELEM comp pf p0
libas = cccp ELEM comp pj pf
licot = ccp poin droi (0. 0.) (0. 100.) 0.001
licot = cccp elem appuy stric licot
SI ( NEG GRAPH 'N' )
  TRAC CCP
FINSI
*
```

```
*----- CREATION DU MODELE -----;
*
objaf = MODE ccp mecanique elastique isotrope ;
*
*----- DEFINITION DES CARACTERISTIQUES -----;
*----- MATERIELLES ET GEOMETRIQUES -----;
*
mat = MATE objaf YOUN 2.e4 NU 0.3 ;
*
*----- CALCUL DES RIGIDITES ELEMENTAIRES -----;
*----- ET DEFINITION DES BLOCAGES -----;
*
rig = rigi objaf mat ;
cd11 = bloq Uy libas ;
cd12 = bloq Ux licot ;
*
*----- DEFINITION DU CHARGEMENT -----;
*
Fp = pres mass objaf 1. lifis ;
*
*----- RESOLUTION ET CALCUL DES CONTRAINTES -----;
*
U = reso (rig et cd11 et cd12 ) Fp ;
SIG = sigm mat objaf U ;
*
*----- INITIALISATION DE LA TABLE EN ENTREE -----;
*----- DE LA PROCEDURE G_THETA -----;
*
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PF ;
SUPTAB.'MODELE' = objaf;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mat;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = u;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = Fp;
SUPTAB.'COUCHE' = 4;
*
*----- APPEL A LA PROCEDURE G_THETA -----;
*
SAUT PAGE
G_THETA suptab
*
*----- RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS -----;
*
G = suptab.'RESULTATS'
Kth = 17.7245
K = (20000. * G / (1 - (0.3**2)))*0.5
mess ' '
mess ' '
mess 'taux de restitution energetique G : ' G
mess 'solution calculee Kcal : ' K
mess 'solution analytique Kthe : ' Kth
*
CODE FONCTIONNEMENT
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth )
SI (RESI < 5E-2)
  ERRE 0
SINO
  ERRE 5
FINSI
fin;
```

5.6.5 rupt5.dgibi

Nom du fichier	rupt5.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D-axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	ROOKE et CARTWRIGHT dans Compendium of Stress Intensity Factors
Description	Validation du calcul de G (taux de restitution d'énergie) par la procédure G_THETA en élasticité linéaire sur un tube à fissure interne soumise à une pression linéaire
Objectif	Erreur relative < 5% sur le facteur d'intensité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 59 : Informations sur le cas test rupt5.dgibi

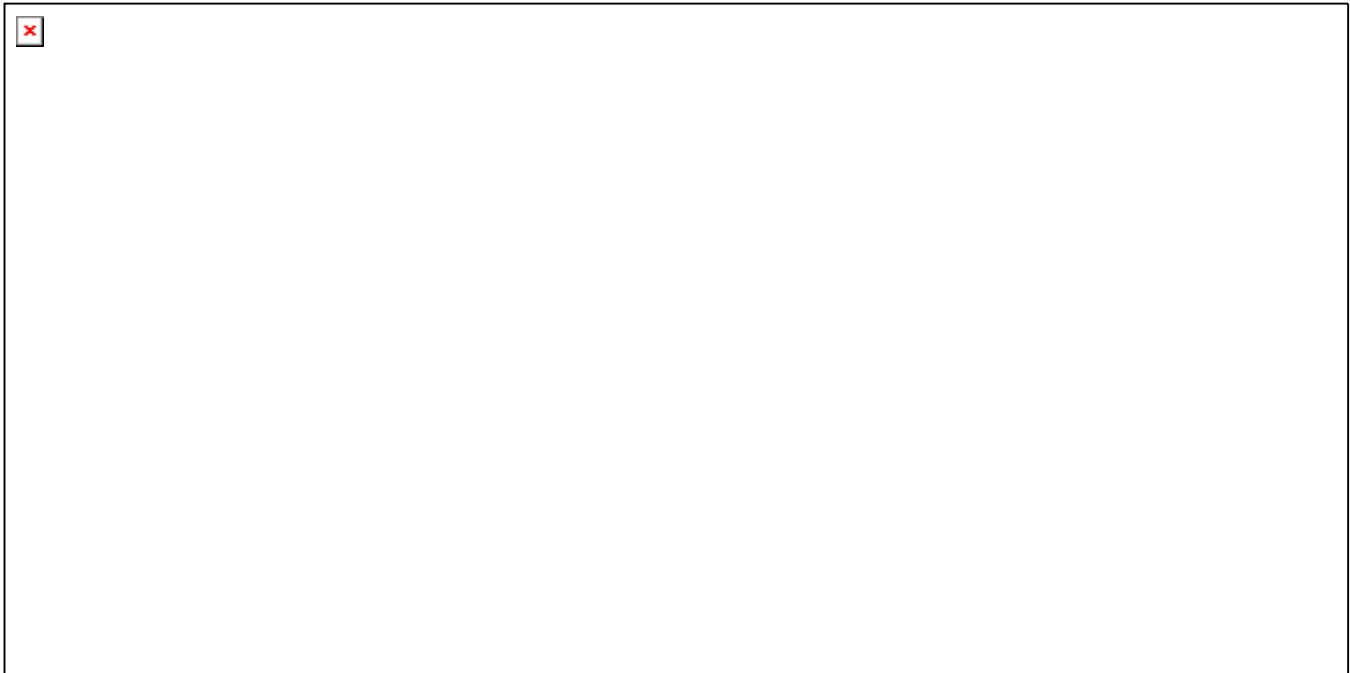


Figure 112 : Maillage du cas-test rupt5.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt5.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt5.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
* OPTION echo 1
* GRAPH = 'N'
* SAUT PAGE
*
*****
*
*          QUALIFICATION DU CALCUL DE G
*          EN ELASTICITE LINEAIRE SUR
*          UN TUBE A FISSURE INTERNE
*          SOUMISE A UNE PRESSION LINEAIRE
*
* le calcul est compare a celui obtenu par
* ROOKE et CARIWRIGHT
* dans Compendium of Stress Intensity Factors
*
*****
* OPTION DIME 2 ELEM QUA8 MODE AXIS
*
*----- DEFINITION DU MAILLAGE -----
*
a = 100. ; b = 200. ; h = 500.
m = 1000 ; t = a / 100
densite t ; pf = (a 0.)
cl = ( c ( pf moin (t 0.)) pf ( pf plus (0. t)))
      c pf ( pf plus (t 0.))
sf = cout pf cl;
rl = t ; rrl = t
repetier bhomo 7;
  ri = rl + ( 0.3 * rl )
  rri = rrl + ri
  dens ri
  ci = ( c ( pf moin (rri 0.)) pf ( pf plus (0. rri)))
        c pf ( pf plus (rri 0.))
  sf = sf et ( cout cl ci )
  cl = ci ; rl = ri ; rrl = rri
fin bhomo
dens (a / 3.)
p0 = (0. 0.) ; p1 = (b 0.)
p2 = p0 plus (0. a) ; p3 = p1 plus (0. a)
pi1 = ci poin 1 ; l1 = pi1 d p0
n = (nbel l1) * -1
pi2 = ci poin 4 ; l2 = pi2 d n p2
pi3 = ci poin 10 ; l3 = pi3 d n p3
pi4 = ci poin 13 ; l4 = pi4 d p1
ci = inve ci ;ligh = p2 d p3
sc1 = dall l1 (p0 d p2) (inve l2) (ci ELEM comp pi2 pi1) ;
sc2 = dall l2 ligh (inve l3) (ci ELEM comp pi3 pi2) ;
sc3 = dall l3 (p3 d p1) (inve l4) (ci ELEM comp pi4 pi3) ;
sc = sc1 et sc2 et sc3
dens (a / 2.)
ligh1 = p1 d p3
mrest1 = ligh1 tran ((m-b) 0.) dini (a/2.)
ala = mrest1 cote 3
al = mrest1 cote 2
mrest = ligh tran (0. (h - a) dini (a / 2.)
mrest2 = al tran (0. (h - a) dini (a / 2.)
lihaut1= mrest cote 3
lihaut = mrest cote 3
lihaut2= mrest2 cote 3
lihaut = lihaut1 et lihaut2
ccp = sf et sc et mrest et mrest1 et mrest2
elim ccp 0.001
cccp = cont ccp
pj = ala poin fina
lifis = cccp ELEM comp pf p0
libas = cccp ELEM comp pj pf
SI ( NEG GRAPH 'N' )
  TRAC CCP
FINSI
*
*----- CREATION DU MODELE -----
*
objaf = MODE ccp mecanique elastique isotrope
```

```
*
*----- DEFINITION DES CARACTERISTIQUES -----
*----- MATERIELLES ET GEOMETRIQUES -----
*
mat = MATE objaf YOUN 2.e4 NU 0.3
*
*----- CALCUL DES RIGIDITES ELEMENTAIRES -----
*----- ET DEFINITION DES BLOCAGES -----
*
rig = rigi objaf mat
cd11 = bloq Uz libas
cd12 = bloq Uz lihaut
*
*----- DEFINITION DU CHARGEMENT -----
*
pchx = coor 1 lifis
pcha = manu chpo lifis 1 scal a
pchx = nmc 'P' (pcha - pchx)
pcht = pchx * (1/a)
pch0 = pcht *0.
Fp = pres mass objaf pcht
*
*----- RESOLUTION ET CALCUL DES CONTRAINTES -----
*
U = reso (rig et cd11 et cd12 ) Fp
SIG = sign mat objaf U
*
*----- INITIALISATION DE LA TABLE EN ENTREE -----
*----- DE LA PROCEDURE G_THETA -----
*
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PF ;
SUPTAB.'MODELE' = objaf;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mat;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = u;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECHANQUES' = Fp;
SUPTAB.'COUCHE' = 4;
*
*----- APPEL A LA PROCEDURE G_THETA -----
*
SAUT PAGE
G_THETA suptab
*
*----- RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS -----
*
G = suptab.'RESULTATS'
Kth = 2.4215
K = (20000. * G / (1 - (0.3**2)))**0.5
mess ' '
mess ' '
mess 'taux de restitution energetique G : ' G
mess 'solution calculee Kcal : ' K
mess 'solution analytique Kthe : ' Kth
*
CODE FONCTIONNEMENT
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth )
SI (RESI < 5E-2)
  ERRE 0
SINO
  ERRE 5
FINSI
fin;
```

5.6.6 rupt6.dgibi

Nom du fichier	rupt6.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CU20
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de K (facteur d'intensité de contraintes) par la méthode des déplacements (procédure SIF) et par la méthode de l'intégrale J (procédure G_THETA) pour une fissure circulaire plane dans un milieu infini chargé en traction uniforme. Hauteur du cylindre : 200 mm Rayon : 100 mm Rayon de fissure : 8 mm Contrainte uniforme : 200 daN / mm ² Modélisation : tranche de 15° de la ½ hauteur du cylindre
Objectif	Pour la procédure SIF : <ul style="list-style-type: none"> - erreur relative sur K < 5,5% pour le nœud 1 du front de fissure - erreur relative sur K < 11% pour le nœud 2 du front de fissure Pour la procédure G_THETA : <ul style="list-style-type: none"> - erreur relative sur K < 0,9% pour le nœud 1 du front de fissure - erreur relative sur K < 0,8% pour le nœud 2 du front de fissure
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 60 : Informations sur le cas test rupt6.dgibi

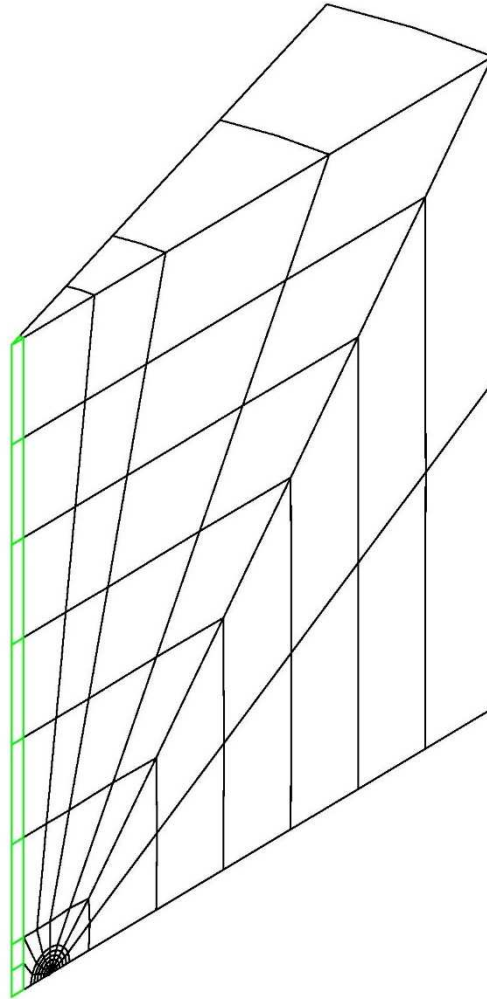


Figure 113 : Maillage du cas-test rupt6.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : rupt6.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt6.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*** CALCUL DU FACTEUR D'INTENSITE DE CONTRAINTES ***
*** PAR LA METHODE DES DEPLACEMENTS ET PAR LA ***
*** METHODE G_THETA POUR UNE FISSURE CIRCULAIRE ***
*** PLANE DANS UN MILIEU INFINI CHARGE EN ***
*** TRACTION UNIFORME ***
*** HAUTEUR DU CYLINDRE : 200 mm ; ***
*** RAYON : 100 mm ***
*** RAYON DE FISSURE : 8 mm ; ***
*** CONTRAINTES UNIFORMES : 200 daN / mm2 ***
*** MODELISATION : TRANCHE DE 15° DE LA 1/2 ***
*** HAUTEUR DU CYLINDRE ***
*****
option echo 1 dime 3 elem cu20 mode trid ;

**----- MAILLAGE -----;
dens 0.5 ;
oeilz = -500 500 -500 ;
oeilx = -500 00 00 ;
a0 = 8 ;
c0 = 16. ;
b0 = 100. ;
p0 = 0 0 0 ;
pa = a0 0 0 ;
pb = 0 a0 0 ;
pa1 =(1.5*a0) 0 0 ;
pa0 =(0.5*a0) 0 0 ;
pb0 = 0 (0.5*a0) 0 ;
pb1 = 0 (1.5*a0) 0 ;

* nbrz nombre d element autour du front de fissure;
nbrz = 6 ;

*MAILLAGE DU FRONT DE FISSURE ;

pbz=(0. a0 (0.5*a0)) ;
pbz1=(0. (a0 *(1.- (0.5 / nbrz)))) 0.) ;
pbz2=(0. a0 (0.5*a0/ nbrz)) ;
pbz3=(0. (a0 *(1.+ (0.5 / nbrz)))) 0.) ;
aa = a0*0.5 * (2*-0.5) ;
pmi1= 0. (a0 + aa) aa ;
pmi2= 0. (a0 - aa) aa ;

cc11a = c (2) pb1 pb pmi1 ;
cc11b = c (2) pmi1 pb pbz ;
cc11 = cc11a et cc11b ;

cc12a = c (2) pbz pb pmi2 ;
cc12b = c (2) pmi2 pb pb0 ;
cc12 = cc12a et cc12b ;

cc1 = cc11 et cc12 ;

cc21 = c (4) pbz1 pb pbz2 ;
cc22 = c (4) pbz2 pb pbz3 ;
cc2 = cc21 et cc22 ;

ligz = d (nbrz - 1) pb0 pbz1 ;
ligz1= d (nbrz - 1) pbz3 pb1 ;
ligz2= d (nbrz - 1) pbz pbz2 ;
scz1 = dall cc11 ligz2 cc22 ligz1 ;
scz2 = dall cc12 ligz cc21 (inve ligz2) ;

scz1=scz1 et (cout cc22 pb) ;
scz2=scz2 et (cout cc21 pb) ;
scz =scz1 et scz2 ;
elim (scz1 et scz2) 0.001 ;

* SURFACE YZ ;
pfinay = 0. b0 0. ;
pfinaz = 0. 2.5 b0 ;
pfinayz= 0. b0 b0 ;
pinter = 0. (2*c0) b0 ;
pp = 0. a0 a0 ;
pz = 0. 2.5 a0 ;
p00= 0. 2.5 0. ;
ppp= 0. (2*a0) 0. ;
ppyz= 0. (2*a0) a0 ;

l0a= d (1) pbl ppp ;
l0b= d (6) ppp pfinay ;
l0 = l0a et l0b ;
l1 = d (2) pfinay pfinayz ;
l1bisa = d (6) pfinayz ppyz ;
l1bisb = d (1) ppyz pmi1 ;
l1bis = l1bisa et l1bisb ;
l2 = d (2) pfinayz pinter ;

```

```

l3a = d (6) pinter pp ;
l3b = d (1) pp pbz ;
l3 = l3a et l3b ;
zaa = dall (inve cc11a) l0 l1 l1bis ;
zab = dall l1bis cc11b (inve l3) (inve l2) ;
za = zaa et zab ;

g2= d (1) pb0 p00 ;
g3= d (2) p00 pz ;
g4= d (2) pz pp ;
zb =dall (g4 et g3) g2 cc12 l3b ;

hl = d (2) pinter pfinaz ;
h2 = d (6) pfinaz pz ;
zc = dall h2 g4 l3a hl ;

scrl = h2 et (inve g3) ;

*CREATION DU VOLUME ;
scrl = scrl rota 1 (15) (0. 0 -500)
(0 0 500.) coul roug ;

geo1 = za volu 1 'ROTA' (15)
(0. 0. -500) (0. 0. 500.) ;

geo2 = (zb et zc) volu 1 'ROTA' (15)
(0. 0. -500) (0. 0. 500.) ;

geo3 = scz1 volu 1 'ROTA' (15)
(0. 0. -500) (0. 0. 500.) ;
geo4 = scz2 volu 1 'ROTA' (15)
(0. 0. -500) (0. 0. 500.) ;

i = face 3 geo3 ;
i = i et (face 3 geo4) ;

pppp = i poin cylin (0 0 -100) (0 0 100) pb ;
aa0= elem 1 appu larg pppp ;
aa1= poin aa0 plan p0 (0. 100 0.) (100 0 0) ;
cfis = elem aa0 appu stric aa1 ;
a1 = enve geo3 ;
a2 = enve geo4 ;
aa1= poin a1 plan p0 (0. 100 0.) (100 0 0) ;
aa2= poin a2 plan p0 (0. 100 0.) (100 0 0) ;
aa11 = elem a1 appu stric aa1 ;
aa21 = elem a2 appu stric aa2 ;
aa12 = cont aa11 ;
aa22 = cont aa21 ;
elim (aa12 et aa22) 0.001 ;
cfissure = elem aa12 appu stric aa22;

geo = geo1 et geo2 et geo3 et geo4 ;

elim (geo et scrl et cfissure et cfis) 0.001 ;

*FINITION DU MAILLAGE ;
*pres de l axe z ;
c1 = cote (2) scrl ;
pfi = c1 poin final ;
clx = droi (1) pfi p0 ;
bl = droi (1) p00 p0 ;

su0 = surf ( clx et c1 et bl) plane ;
su1 = su0 volu (2) tran (0. 0. a0) ;
ss = su0 plus (0. 0. b0) ;
su2= ss volu (6) tran (0. 0. (a0 - b0)) ;
su = su1 et su2 coul vert ;

*le cylindre en entier ;
cub = geo et su ;
elim cub 0.001 ;
cub = rege cub ;
tot = enve cub ;

*surface yz ;
poyz = poin tot plan p0 (0. 100 100) (0. 0. 100);
suryz = elem tot appu stric poyz ;

*surface z=100 ;
poz100= poin tot plan (0. 0. 100)
(100 0. 100) (0. 100 100) ;
surzz = elem tot appu stric poz100 ;

*surfacs xy ;
poxxy = poin tot plan p0 (0. 100 0.) (100 0 0) ;
surxy= elem tot appu stric poxy ;
az = geo2 et geo4 et su ;
az = enve az ;
aze= az poin plan p0 (0. 100 0.) (100 0 0) ;
aze=elem az appu stric aze ;
co = cont aze;
aze = surxy incl aze;
faxy = surxy diff aze;

*-----CONDITION DE SYMETRIE-----;
p = ((-1 * b0 * (sin 15)) (b0 * (cos 15)) 0.);

```

```

condi1 =symt depl p0 (0. 0. b0) p cub 0.01;
condi2 =symt depl p0 pfinay pfinayz suryz;
condi3 =symt depl p0 (b0 b0 0.) (b0 0. 0.) facxy;
condit = condi1 et condi2 et condi3 ;

*----- CREATION DU MODELE -----;

affe1 = MODE geo1 mecanique elastique isotrope;
affe2 = MODE geo2 mecanique elastique isotrope;
affe3 = MODE geo3 mecanique elastique isotrope;
affe4 = MODE geo4 mecanique elastique isotrope;
affe5 = MODE su mecanique elastique isotrope;

affetot = affe1 et affe2 et
         affe3 et affe4 et affe5 ;

*-----DEFINITION DU MATERIAU -----;

matel = MATE affe1
        young 20000.
        nu 0.3 ;
mate2 = MATE affe2
        young 20000.
        nu 0.3 ;
mate3 = MATE affe3
        young 20000.
        nu 0.3 ;
mate4 = MATE affe4
        young 20000.
        nu 0.3 ;
mate5 = MATE affe5
        young 20000.
        nu 0.3 ;
matot = matel et mate2 et
        mate3 et mate4 et mate5 ;

*-----RIGIDITE-----;

rig1 = (rigidite matot affetot) et condit ;
rig2 = bloque uz surzz ;
fol = depi rig2 1. ;

*-----RESOLUTION ET CONTRAINTES-----;
dep = resou (rig1 et rig2) fol ;
sig = sigma matot affetot dep ;

*----CALCUL DU FACTEUR D'IMPENSITE DE CONTRAINTES----*
*----initialisations des paramètres de procedure----*
SUPTAB = TABLE;
SUPTAB.'MAILLAGE' = cub;
SUPTAB.'PSF1' = P0;
SUPTAB.'FRTFISS' = elem aal2 appu stri aa22;

*----APPEL DE LA PROCEDURE SIF -----*
SIF SUPTAB MATOT dep;

*----APPEL DE LA PROCEDURE G_THETA -----*

TABGL = TABLE;
TABGL.'OBJECTIF' = MOT 'J';
TABGL.'COUCHE' = 3;
TABGL.'FRONT_FISSURE' = cfissure;
TABGL.'LEVRE_SUPERIEURE' = aa21 ;
TABGL.'MODELE' = affetot;
TABGL.'SOLUTION_RESO' = dep;
TABGL.'CHARGEMENTS_MECAINIQUES' = fol;
TABGL.'CARACTERISTIQUES' = matot;
G_THETA TABGL;
SAUT 1 LIGNE;

```

```

***** DEPOUILLEMENT PROCEDURE SIF *****
*****
T = INDEX (SUPTAB.K1);
MESS 'K1 NOEUD 1 DU FRONT DE FISSURE (NOEUD SOMMET) : '
      SUPTAB.K1.(T.1);
MESS 'K1 NOEUD 2 DU FRONT DE FISSURE (NOEUD MILIEU) : '
      SUPTAB.K1.(T.2);
*-----TEST D'ERREUR-----*
EC1 = ((SUPTAB.K1.(T.1)) - 638.47) /
      (SUPTAB.K1.(T.1)) * 100;
EC2 = ((SUPTAB.K1.(T.2)) - 638.47) /
      (SUPTAB.K1.(T.2)) * 100;

SI ((EC1 < 5.5) ET (EC2 < 11)) ;
  MESS 'PROCEDURE <SIF> ERR 0';
  ERRE 0;
SINON;
  MESS 'PROCEDURE <SIF> ERR 5';
  ERRE 5;
FINSI;
***** DEPOUILLEMENT PROCEDURE G_THETA *****
*****
TBG = TABGL.'RESULTATS';
IND1 = INDE TBG;
GSOM = TBG.(IND1.1);
GMIL = TBG.(IND1.2);
EPRI = 20000. / 0.91;
KSOM = (GSOM * EPRI) ** 0.5;
KMIL = (GMIL * EPRI) ** 0.5;
SAUT 1 LIGNE;
MESS 'K1 NOEUD 1 DU FRONT DE FISSURE (NOEUD SOMMET) : '
      KSOM;
MESS 'K1 NOEUD 2 DU FRONT DE FISSURE (NOEUD MILIEU) : '
      KMIL;
*-----TEST D'ERREUR-----*
EC1 = ABS (((KSOM - 638.47) / KSOM) * 100);
EC2 = ABS (((KMIL - 638.47) / KMIL) * 100);

SI ((EC1 < 0.9) ET (EC2 < 0.8)) ;
  MESS 'PROCEDURE <G_THETA> ERR 0';
  ERRE 0;
SINON;
  MESS 'PROCEDURE <G_THETA> ERR 5';
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;

```

5.6.7 rupt7.dgibi

Nom du fichier	rupt7.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	Solution de reference donne par : tada, stress analysis handbook,1973 + isida,ijf(7),301-316,1971 facteur de forme
Description	Calcul de K1 et K2 (facteurs d'intensité de contraintes) par la méthode des déplacements (procédure SIF) et par la méthode de l'intégrale J (procédure G_THETA) pour une plaque avec fissure rectiligne inclinée chargée en traction uniforme. Demi-largeur de la plaque : b=125 mm Longueur : 2*h=250 mm Longueur de fissure : 50 mm Angle / ox : 45° Contrainte uniforme : 10 N/m2
Objectif	Pour la procédure SIF : <ul style="list-style-type: none"> - erreur relative sur K1 < 3% - erreur relative sur K2 < 9% Pour la procédure G_THETA : <ul style="list-style-type: none"> - erreur relative sur K1 < 1% - erreur relative sur K2 < 6%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 61 : Informations sur le cas test rupt7.dgibi

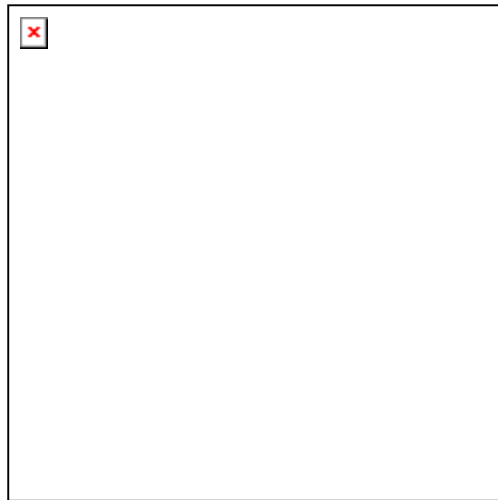


Figure 114 : Maillage du cas-test rupt7.dgibi

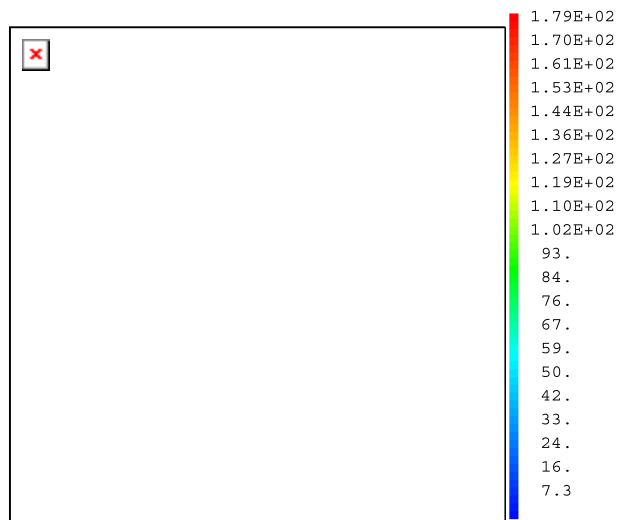


Figure 115 : Contraintes de Von Mises

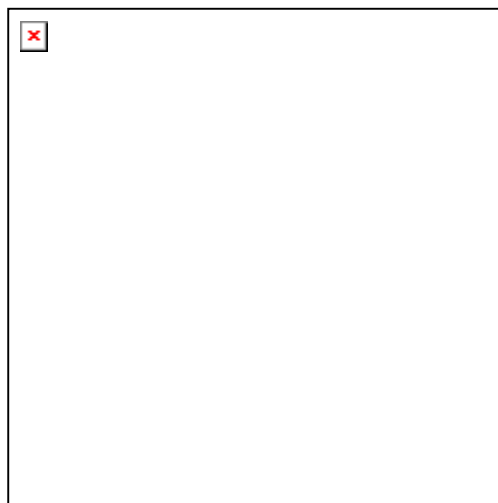


Figure 116 : Déformée (amplitude: 20)

Jeu de données :

```
* fichier : rupt7.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endormagement
*****
*opti echo 0;
*****
*
*          Test Rupt7.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
**** CALCUL DU FACTEUR D'INTENSITE DE ****
**** CONTRAINTES D'UNE PLAQUE AVEC FISSURE ****
**** RECTILIGNE INCLINEE ****
**** CHARGE EN TRACTION UNIFORME ****
**** PAR SIF (interpolation des déplacements) ****
**** ET PAR G_THETA (methode integrale) ****
*****
**** SOLUTION DE REFERENCE DONNEE PAR : ****
**** [TADA, STRESS ANALYSIS HANDBOOK,1973] ****
****+[ISIDA,IJF(7),301-316,1971] facteur de forme **
*****
**** demi-LARGEUR DE LA PLAQUE : b=125 mm ; ****
**** LONGUEUR : 2*h=250 mm ****
**** LONGUEUR DE FISSURE : 50 mm ; ****
**** ANGLE / OX : 45° ****
**** CONTRAINTES UNIFORME : 10 N/m2 ****
*****
*
opti dime 2 elem qua8 mode plan defo echo 1;
*graph=faux;
graph=vrai;
opti trac psc eptr 5;
*
*-----DEFINITION DU MAILLAGE-----
*
*geometrie
b = 0.125;
h = 0.125;
alpha = 45.;
*alpha = 30.;
*alpha = 20.;
a = 0.050;
ax = 0.050 * (sin alpha);
ay = 0.050 * (cos alpha);
*points
p0=0. 0.;
p1=h 0.;
p2=p1 plus (0. 0.);
p3=(2.*h) 0.;
p4=p1 plus (ax ay);
p5=(2.*h) b;
*zone pointe de fissure
i=0;
pd = (prog 1. 2.5 5. 9. 13. 19. 25.) *1.E-3 ;
cim1=pf;cim2=pf;cim3=pf;cim41=pf;cim42=pf;
plf1m=pf;plf2m=pf;pim2=pf;
repete bbbb 7;
i = i + 1;
v=extr pd i;
pi1=pf moin (v 0.);pi2=pf plus (0. v);
pi3=pf plus (v 0.);pi4=pf moin (0. v);
* ci4=cerc 2 pi4 pf pi1;
* plfil=ci4 poin 2;
plfil = pf moin ((v * (sin alpha)) (v * (cos alpha)));
plfi2=plfil plus (0. 0.);
n=2;si ((i ega 6) ou (i ega 7));n=4;finsi;
si(alpha < 40.); m = n ;
sinon; m = n / 2;
fins;
ci1=cerc n pi1 pf pi2;
ci2=cerc n pi2 pf pi3;
ci3=cerc n pi3 pf pi4;
ci41=cerc m pi4 pf plfil;
ci42=cerc m plfi2 pf pi1;
sui1=cout cim1 ci1;
sui2=cout cim2 ci2;
sui3=cout cim3 ci3;
sui41=cout cim41 ci41;
sui42=cout cim42 ci42;
elim 1.E-6 (sui42 et sui1);
elim 1.E-6 (sui1 et sui2 et sui3 et sui41);
lfi1=(cont sui41) ELEM comp plf1m plfi1;
lfi2=(cont sui42) ELEM comp plf2m plfi2;
lhi=pim2 d 1 pi2;
cim1=ci1;cim2=ci2;cim3=ci3;cim41=ci41;cim42=ci42;
plf1m=plfil;plf2m=plfi2;pim2=pi2;
sut1=sui42 et sui1;
sut2=sui2 et sui3 et sui41;
si (i ega 1);
sutt1=sut1;sutt2=sut2;lfi1=lfi1;lfi2=lfi2;lh=lhi;
sinon;
sutt1=sutt1 et sut1;
sutt2=sutt2 et sut2;
```

```
lfi1=lfi1 et lfi2=lfi2 et lfi2=lfi2 et lfi2=lfi2 et lfi2=lfi2 et lfi2=lfi2;
finsi;
* trac (sutt1 et (coul sutt2 vert));
fin bbbb;
*zone exterieure gauche
lg=p0 d 5 p3;
lhc= p4 d 3 pi2;
lig1=lg et (p3 d 8 p4) et lhc;
lig1=lig1 et (inve cil) et ci42;
lig1=lig1 et (plfi2 d 2 pi2);
nbh = 6;
lig1=lig1 et (pl2 d nbh p0);
sul=surf lig1 plan;
obj1=sul et sutt1;
elim 1.E-6 obj1;
*zone exterieure droite
ld=p2 d 5 p5;
lig2=ld et (p5 d 8 p4) et lhc;
lig2=lig2 et ci2 et ci3 et ci41;
lig2=lig2 et (plfi1 d 2 pi1);
lig2=lig2 et (pl1 d nbh p2);
su2=surf lig2 plan;
obj2=su2 et sutt2;
elim 1.E-6 obj2;
*recup des levres de fissures
perobj1 = inve (cont sutt1);
lifis1 = (perobj1 ELEM comp pf plfi2) coul rose;
elfis1 = lifis1 elem 'APPU' 'LARG' pf;
elfis1 = lifis1 elem 'APPU' 'LARG' elfis1;
elfis1 = ordo elfis1;
ptfis1 = poin elfis1 2;
vfis1 = pf moin ptfis1;
vfis1 = vfis1 / (norm vfis1);
vfislok = pf moin plfi2;
vfislok=vfislok / (norm vfislok);
pscl = abs (psca vfis1 vfislok);
si (pscl < 0.99);
lifis1 = (perobj1 ELEM comp plfi2 pf) coul rose;
fins;
*recup des levres de fissures
perobj2 = inve (cont sutt2);
lifis2 = (perobj2 ELEM comp pf plfi1) coul vert;
elfis2 = lifis2 elem 'APPU' 'LARG' pf;
elfis2 = lifis2 elem 'APPU' 'LARG' elfis2;
elfis2 = ordo elfis2;
ptfis2 = poin elfis2 2;
vfis2 = pf moin ptfis2;
vfis2 = vfis2 / (norm vfis2);
vfis2ok = pf moin plfi2;
vfis2ok=vfis2ok / (norm vfis2ok);
psc2 = abs (psca vfis2 vfis2ok);
si (psc2 < 0.99);
lifis2 = (perobj2 ELEM comp plfi1 pf) coul rose;
fins;
*symetrie
obj1tmp obj2tmp lgtmp ldtmp
= syme obj1 obj2 lg ld 'DROIT' p0 p2;
obj2s obj1s lds lgs
= syme obj1tmp obj2tmp lgtmp ldtmp 'DROIT' pl1 (pl1 moin (0. b));
ELIM 1.E-6 obj1s obj1;
ELIM 1.E-6 obj2s obj2;
ELIM 1.E-6 lgs obj1s;
ELIM 1.E-6 lds obj2s;
ELIM 1.E-6 lgs lg;
ELIM 1.E-6 lds ld;
*assemblage
obj = (obj1 et obj2 et obj1s et obj2s);
ld = (ld et lds) coul rouge;
lg = (lg et lgs) coul bleu;
*-----DEFINITION DU MATERIAU-----
*
* objaf = modl obj MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE;
phi0 = PSIP obj lifis1 ;
phi0 = CHAN 'CHAM' phi0 obj;
obj1tot = phi0 ELEM 'SUPERIEUR' 1.E-4;
obj2tot = (obj DIFF obj1tot) coul BLEU;
trac (obj1tot et obj2tot);
mess (nbel obj) ((nbel obj1tot) + (nbel obj2tot));
mod1tot = mode obj1tot MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE;
mod2tot = mode obj2tot MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE;
objaf = mod1tot et mod2tot;
*
mat = mate objaf youn 20000 nu 0.3;
*
*-----MATRICE DE RIGIDITE-----
*
rig=rigi mat objaf;
*
*-----DEFINITION DU CHARGEMENT-----
*
cdl=(bloq ux uy p0) et (bloq uy p2);
sxx1 = 10.;
f1=pres mass objaf lg (-1.*sxx1);
f2=pres mass objaf ld (-1.*sxx1);
```



```

*
*-----RESOLUTION ET CONTRAINTES-----;
*
u=reso (rig et cdl) (f1 et f2);
sig=sign mat objaf u;

si(graph);
  vf12 = vect (f1 et f2) 'FORC';
  trac vf12 obj ;
  trac sig objaf (defo u obj 20) ;
  trac (obj et lifis1 et lifis2) (defo u obj 20);
fins;

*opti trac x;
*----CALCUL DU FACTEUR D'INTENSITE DE CONTRAINTES----;
*----APPEL DE LA PROCEDURE SIF -----;
SIFTAB = TABL;
SIFTAB.'MODMIXTE' = VRAI;
SIFTAB.'LIFIS1' = lifis2;
SIFTAB.'LIFIS2' = lifis1;
SIFTAB.'FRIFISS' = pf;
SIF SIFTAB MAT U;
K1MOY = SIFTAB.K1;
K2MOY = SIFTAB.K2;

*----APPEL DE LA PROCEDURE G_THETA -----;
GTAB = TABL;
GTAB . 'OBJECTIF' = MOT 'DECOUPLAGE';
GTAB . 'FRONT_FISSURE' = pf;
GTAB . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis1;
GTAB . 'LEVRE_INFERIEURE' = lifis2;
GTAB . 'COUCHE' = 4;
GTAB . 'SOLUTION_RESO' = u;
GTAB . 'CARACTERISTIQUES' = mat;
GTAB . 'MODELE' = objaf;
GTAB . 'CHARGEMENTS_MECHANQUES' = (f1 et f2) ;
G_THETA GTAB;
K1G = GTAB . 'RESULTATS' . 'I';
K2G = GTAB . 'RESULTATS' . 'II';

*----DEPOUILLEMENT -----;
*pour a/b=0.4 et b/h=1, on a:
Fac1 = 1.216;
*solution infinie:
K0inf = sxx1 * ((a*pi)**0.5 ) * (cos alpha);
*solution de reference
K1ref = K0inf * (cos alpha) * Fac1;
K2ref = K0inf * (sin alpha) * Fac1;

*ecarts relatif (%)
EC1 = (abs (1. - (abs (K1MOY / K1REF)))) * 100;
EC2 = (abs (1. - (abs (K2MOY / K2REF)))) * 100;
EC3 = (abs (1. - (abs (K1G / K1REF)))) * 100;

EC4 = (abs (1. - (abs (K2G / K2REF)))) * 100;

*messages
mess '-----';
mess (chai ' K1 K2 ');
mess (chai 'reference ' K1ref ' ' K2ref );
mess (chai ' SIF ' K1MOY ' ' K2MOY );
mess (chai ' G_THETA ' K1G ' ' K2G );
mess '-----';
mess (chai 'erreur relative (%) K1 K2 ');
mess (chai ' SIF ' EC1 ' ' EC2 );
mess (chai ' G_THETA ' EC3 ' ' EC4 );
mess '-----';

*opti donn 5;
GTAB . 'MODELES_COMPOSITES' = TABL;
GTAB . 'MODELES_COMPOSITES' . 1 = mod1tot;
GTAB . 'MODELES_COMPOSITES' . 2 = mod2tot;
G_THETA GTAB;
K1Gc = GTAB . 'RESULTATS' . 'I';
K2Gc = GTAB . 'RESULTATS' . 'II';
mess (chai ' G_THETA composite ' K1Gc ' ' K2Gc );

*OPTI DONN 5 trac X;
*-----MESSAGE D'ERREUR-----*
SI ((EC1 < 3.) ET (EC2 < 9.) et (EC3 < 1.) et (EC4 < 6.));
  MESS 'ERR 0';
  ERRE 0;
SINON;
  MESS 'ERR 5';
  ERRE 5;
FINSI;
*-----*
fin ;

```

5.6.8 rupt8.dgibi

Nom du fichier	rupt8.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	DKT
Référence	Compendium of STRESS INTENSITY FACTORS by Rooke & Cartwright. Section Plates and Shells "Central crack in a finite width plate : uniform bending moment"
Description	Validation de la procédure G_THETA en cas d'une plaque en traction pure GEOMETRIE : Longueur de la fissure : $2a = 2 \times 0.30 \text{ M}$ Longueur de la plaque : $2b = 2 \times 1.00 \text{ M}$ Hauteur de la plaque : $2h = 2 \times 5.25 \text{ M}$ Epaisseur de la plaque : $e = 0.001 \text{ M}$ MATERIAU : Module d'Young : $E = 2.E11$ Coefficient de poisson : $\nu = 0.3$ CHARGEMENT : Traction pure : $\text{SIG} = 5.E6 \text{ N/M}^2$
Objectif	Erreur relative < 5% sur le facteur d'intensité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 62 : Informations sur le cas test rupt8.dgibi

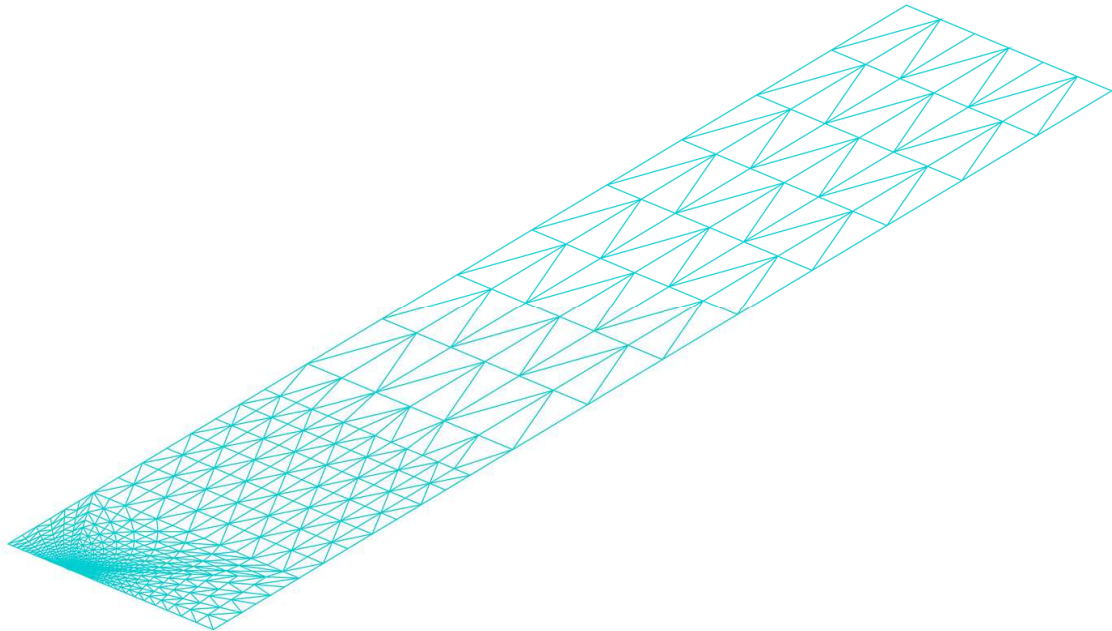


Figure 117 : Maillage du cas-test rupt8.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt8.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt8.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          VALIDATION DE LA METHODE G_THETA EN CAS
*          D'UNE PLAQUE EN TRACTION PURE. SOLUTION
*          DE REFERENCE : Compendium of STRESS INTENSITY
*          FACTORS by Rooke & Cartwright. Section Plates
*          and Shells "Central crack in a finite width
*          plate : uniform bending moment"
*
*          GEOMETRIE :
*
*          longueur de la fissure : 2a = 2 x 0.30 M
*          longueur de la plaque : 2b = 2 x 1.00 M
*          Hauteur de la plaque : 2h = 2 x 5.25 M
*          Epaisseur de la plaque : e = 0.001 M
*
*          MATERIAU :
*
*          Module d'Young : E = 2.E11
*          Coefficient de poisson : NU = 0.3
*
*          CHARGEMENT :
*
*          Traction pure : SIG = 5.E6 N/M2
*
*          SOLUTION ANALYTIQUE :
*
*          Le taux de restitution d'energie : G = 129.5
*
*****
opti echo 1;
OPTI DIME 3 ELEM TRI3 DENS 1.;
N4 = 6; N8 = 13;
N12 = (N4 + N8)*(-1);
O1 = 0. 0. 1000.;
ADIM = 0.3; BDIM = 1.; TAFIS = ADIM / 33.;
HH1 = BDIM / 2.0;
P1 = 0. 0. 0.; P2 = BDIM 0. 0.; P3 = ADIM 0. 0.;
P3G = (ADIM - TAFIS) 0. 0.; P3D = (ADIM + TAFIS) 0. 0.;
ALF1 = ATG HH1 ADIM; ALF2 = ATG HH1 (BDIM - ADIM);
X1 = TAFIS * (COS ALF1); Y1 = TAFIS * (SIN ALF1);
P31 = (ADIM - X1) Y1 0.;
X1 = TAFIS * (COS ALF2); Y1 = TAFIS * (SIN ALF2);
P32 = (ADIM + X1) Y1 0.;
C1 = C N4 P3G P3 P31; C2 = C N8 P31 P3 P32;
C3 = C N4 P32 P3 P3D;
SU1 = COUT (C1 ET C2 ET C3) P3;
P4 = 0. HH1 0.; P5 = BDIM HH1 0.;
L1 = D N4 P1 P4 DINI (2.0*TAFIS) DFIN (8.0*TAFIS);
L2 = D N12 P4 P31 DINI (9.0*TAFIS) DFIN (0.3*TAFIS);
L3 = D N12 P1 P3G DINI (3.0*TAFIS) DFIN (1.5*TAFIS);
L4 = D N8 P4 P5 ;
L5 = D N12 P5 P32 DINI (14.0*TAFIS) DFIN (0.3*TAFIS);
L6 = D N4 P2 P5 DINI (2.0*TAFIS) DFIN (10.0*TAFIS);
L7 = D N12 P2 P3D DINI (10.0*TAFIS) DFIN (1.5*TAFIS);
SU2 = DALL L1 L3 C1 L2;
SU3 = DALL L2 L4 L5 C2;
SU4 = DALL L6 L5 C3 L7;
SU5 = L4 TRAN 7 (0. (1.0*BDIM) 0.);
L8 = COTE 3 SU5; Y1 = COOR 2 (POINT L8 FINA);
P6 = 0. (Y1 + (BDIM/4.)) 0.;
P7 = BDIM (Y1 + (BDIM/4.)) 0.;
L9 = D N4 P7 P6;
SU6 = COUT L8 L9;
SU7 = L9 TRAN 8 (0. (3.5*BDIM) 0.);
L10 = COTE 3 SU7; Y1 = COOR 2 (POINT L10 FINA);
L11 = D 1 P3 P3D;
SUT = COUL TURQ (SU1 ET SU2 ET SU3 ET SU4 ET SU5 ET
SU6 ET SU7);
ELIM 1.E-8 SUT;
L1 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
DROI (0. 0. 0.) (BDIM 0. 0.) 1.E-8);
L2 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
DROI (BDIM 0. 0.) (BDIM Y1 0.) 1.E-8);
L3 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
DROI (BDIM Y1 0.) (0. Y1 0.) 1.E-8);
L4 = (CONT SUT) ELEM APPU (SUT POIN
DROI (0. Y1 0.) (0. 0. 0.) 1.E-8);
PINI3 = POIN L3 INIT; PFIN3 = POIN L3 FINA;
PMIL3 = (CHAN POIL L3) DIFF (PINI3 ET PFIN3);
MOEXT = 1. / ((NBNO L3) - 1);
MOMIL = MOEXT * (NBNO PMIL3);
*****
***** SOLUTION CONTRAINTE ET DEPLACEMENT
*****
EPAI_T = 0.001;
NB_MUL = 21;
```

```
EPAI_C = EPAI_T * 1.E-6;
EPAI_I = (EPAI_T - (EPAI_C*NB_MUL))/(NB_MUL - 1);
ELEFIS = SUT ELEM APPU LARG P3;
ELEFIS = SUT ELEM APPU LARG ELEFIS;
ELEFIS = SUT ELEM APPU LARG ELEFIS;
TBEPAI = TABLE; TBEXCE = TABLE;
REPETER BC_MUL1 ((2*NB_MUL) - 1);
III = (&BC_MUL1 - NB_MUL) / 2.;
TBEXCE.&BC_MUL1 = (EPAI_I + EPAI_C)*III;
SI (EGA 0. ((&BC_MUL1/2.) - (&BC_MUL1/2)) 1.E-10);
TBEPAI.&BC_MUL1 = EPAI_I;
SINON;
TBEPAI.&BC_MUL1 = EPAI_C;
FINSI;
FIN BC_MUL1;
REPETER BC_MUL2 ((2*NB_MUL) - 1);
SI (EGA &BC_MUL2 1);
MOD_MUL = MODE ELEFIS MECANIQUE ELASTIQUE
DKT CONS (CHAI &BC_MUL2);
MAT_MUL = MATE MOD_MUL YOUN 2.E11 NU 0.3
EPAI TBEPAI.&BC_MUL2 EXCE TBEXCE.&BC_MUL2;
SINON;
MOD_MUL = MODE ELEFIS MECANIQUE ELASTIQUE
DKT CONS (CHAI &BC_MUL2);
MAT_MUL = MATE MOD_MUL YOUN 2.E11 NU 0.3
EPAI TBEPAI.&BC_MUL2 EXCE TBEXCE.&BC_MUL2;
MOD_MUL = MOD_MUL ET MOD_MUL;
MAT_MUL = MAT_MUL ET MAT_MUL;
FINSI;
FIN BC_MUL2;
MOD_R = MODE (SUT DIFF ELEFIS) MECANIQUE ELASTIQUE DKT;
MAT_R = MATE MOD_R YOUN 2.E11 NU 0.3 EPAI EPAI_T;
M01 = MOD_MUL ET MOD_R;
M01 = MAT_MUL ET MAT_R;
BL1 = BLOQ UY RX (L7 ET L11);
BL2 = BLOQ UX RY L4;
BL3 = BLOQ UZ RZ L3;
RI = BL1 ET BL2 ET BL3 ET (RIGI M01 M01);
FO2 = ((FORC FY MOEXT (PINI3 ET PFIN3)) ET
(FORC FY MOMIL PMIL3))*5.e3;
FO3 = FO2;
DEPTO = RESO RI FO3 ;
REATO = REAC DEPTO RI;
SIGTO = SIGMA M01 M01 DEPTO ;
*****
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = (cont sut) ELEM comp p3 p1;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = P3 ;
SUPTAB.'MODELE' = M01;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = M01;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = DEPTO;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUE' = FO3;
SUPTAB.'ELEMENT_MULTICOUCHE' = ELEFIS ELEM 1;
SUPTAB.'COUCHE' = 7;
G_THETA SUPTAB;
* RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS ELEMENT 25 ;
*
G = SUPTAB.'RESULTATS'. 'GLOBAL' ;
Kth = 50.1E5 ;
K = (2.E11 * G)**0.5 ;
mess ' ' ;
mess ' ' ;
mess 'taux de restitution energetique G : ' G ;
mess 'solution calculee Kcal : ' K ;
mess 'solution analytique Kthe : ' Kth ;
* CODE FONCTIONNEMENT ;
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth ) ;
SI (RESI < 5E-2) ;
ERRE 0 ;
SINO ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
*RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS ELEMENT 117 ;
*
SUPTAB.'ELEMENT_MULTICOUCHE' = ELEFIS ELEM 117;
G_THETA SUPTAB;
G = SUPTAB.'RESULTATS'. 'GLOBAL' ;
Kth = 50.1E5 ;
K = (2.E11 * G)**0.5 ;
mess ' ' ;
mess ' ' ;
mess 'taux de restitution energetique G : ' G ;
mess 'solution calculee Kcal : ' K ;
mess 'solution analytique Kthe : ' Kth ;
* CODE FONCTIONNEMENT ;
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth ) ;
SI (RESI < 5E-2) ;
ERRE 0 ;
SINO ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
*RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS ELEMENT 118 ;
*
SUPTAB.'ELEMENT_MULTICOUCHE' = ELEFIS ELEM 118;
```

```
G_THETA SUPTAB;
G = SUPTAB.'RESULTATS'. 'GLOBAL' ;
Kth = 50.1E5 ;
K = (2.E11 * G)**0.5 ;
mess ' ' ;
mess ' ' ;
mess 'taux de restitution energetique G :' G ;
mess 'solution calculee Kcal :' K ;
mess 'solution analytique Kthe :' Kth ;
* CODE FONCTIONNEMENT ;
RESI = abs (( k - Kth ) / Kth ) ;
SI (RESI < 5E-2) ;
ERRE 0 ;
SINO ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
FIN;
```

5.6.9 rupt9.dgibi

Nom du fichier	rupt9.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	Compendium of STRESS INTENSITY FACTORS by Rooke & Cartwright.
Description	Validation des procédures G_THETA et T_PITETA pour une plaque en traction pure. GEOMETRIE : Longueur de la plaque : 250. MM Largeur de la plaque : 100. MM Longueur de la fissure : 50. MM Inclinaison de la fissure : 45.0 degrés MATERIAU : Module d'Young : 2.E5 MPA Coefficient de poisson : 0.3 CHARGEMENT : Traction pure : 1.0 daN/MM**2
Objectif	Erreur relative sur les facteurs d'intensité des contraintes K1 et K2 < 2%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 63 : Informations sur le cas test rupt9.dgibi

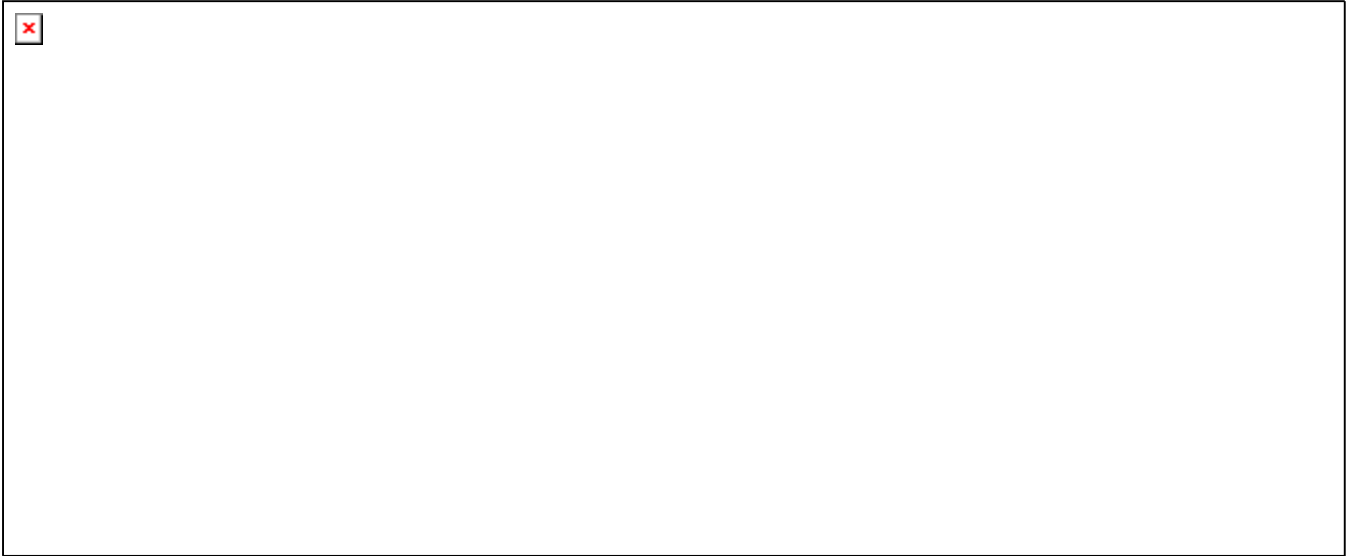


Figure 118 : Maillage du cas-test rupt9.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt9.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*          Test Rupt9.dgibi: Jeux de données
*          -----
*
*****
*          VALIDATION DES PROCEDURE G_THETA ET T_PITETA
*          D'UNE PLAQUE EN TRACTION PURE. SOLUTION
*          DE REFERENCE : Compendium of STRESS INTENSITY
*          FACTORS by Rooke & Cartwright.
*
*          GEOMETRIE :
*
*          longueur de la plaque      : 250. MM
*          largeur de la plaque       : 100. MM
*          longueur de la fissure     : 50. MM
*          Inclinaison de la fissure  : 45.0 degrés
*
*          MATERIAU :
*
*          Module d'Young              : 2.E5 MEPA
*          Coefficient de poisson      : 0.3
*
*          CHARGEMENT :
*
*          Traction pure                : 1.0 daN/MM**2
*
*          SOLUTION ANALYTIQUE :
*
*          Les facteurs d'intensité de contraintes
*          K1 = 150.37 daN/mm**(-3/2)
*          K2 = -71.4 daN/mm**(-3/2)
*
*****
*          'OPTION' 'DIME' 2 'ELEM' 'QUAB'
*          'MODE' 'PLAN' 'DEFO'
*          'ECHO' 1 ;
*** Erreur géométrique pour les éliminations
*** Plus petite que la fissure !
egeom = 1.D-6 ;
***
*** DD : Ouverture initiale de la fissure
***
DD = 1.D-3 ;
ddsur2 = DD '/' 2.0D0 ;
p11 = (125.D0 '-' ddsur2) 0.D0 ;
p12 = (125.D0 '+' ddsur2) 0.D0 ;
p0 = 25.D0 0.D0 ;
p2 = 275.D0 0.D0 ;
p3 = 25.D0 100.D0 ;
ppp = 125.D0 0.D0 ;
L = 50.D0 ; theta = 45.D0 ;
cth = 'COS' theta ;
sth = 'SIN' theta ;
tth = sth '/' cth ;
pf1 = ppp 'PLUS' (L '*' (cth sth)) ;
p4 = ((100.D0 '/' tth) '+' 125.D0) 100.D0 ;
p5 = 275.D0 100.D0 ;

*****
*          CONSTRUCTION DU MAILLAGE
*          AUTOUR DE LA POINTE DE FISSURE
*****
pd = 'PROG' 1.D0 2.5D0 5.D0 9.D0 13.D0 19.D0 25.D0 ;
cim1 = pf1 ; cim2 = pf1 ; cim3 = pf1 ;
ciml2 = pf1 ;
plfiml = pf1 ; plfim2 = pf1 ; pim3 = pf1 ;

*****
'REPETER' hbbb 7 ;
v = 'EXTRAIRE' pd sbbb ;
ddl = (v '/' L) '*' ddsur2 ;
xx1 = v '*' cth ; mxx1 = (-1.0D0 '*' xx1) ;
yy1 = v '*' sth ;
xx2 = ddl '*' sth '*' sth ;
yy2 = ddl '*' sth '*' cth ; myy2 = (-1.0D0 '*' yy2) ;
p11 = pf1 'MOIN' (xx1 yy1) ;
p12 = pf1 'PLUS' (mxx1 yy1) ;
p13 = pf1 'PLUS' (xx1 yy1) ;
p14 = pf1 'MOIN' (mxx1 yy1) ;
plfil = p11 'MOIN' (xx2 myy2) ;
plfi2 = p11 'PLUS' (xx2 myy2) ;
'SI' (sbbb '>'EG' 6) ;
n = 4 ;
'SINON' ;
n = 2 ;
'FINSI' ;

*****
c11 = 'CERCLE' n plfil pf1 pi2 ;
ci2 = 'CERCLE' n pi2 pf1 pi3 ;
ci3 = 'CERCLE' n pi3 pf1 pi4 ;
```

```
cil2 = 'CERCLE' n pi4 pf1 plfi2 ;
sui1 = 'COUTURE' cim1 cil1 ;
sui2 = 'COUTURE' cim2 ci2 ;
sui3 = 'COUTURE' cim3 ci3 ;
suil2 = 'COUTURE' cim2 cil2 ;
'ELIMINATION' egeom (sui1 'ET' sui2) ;
'ELIMINATION' egeom (sui2 'ET' sui3) ;
*****
cim1 = cil1 ; cim2 = ci2 ; cim3 = ci3 ;
ciml2 = cil2 ; plfiml = plfil ;
plfim2 = plfi2 ; pim3 = pi3 ;
sut1 = 'ET' sui1 sui2 ;
sut2 = 'ET' sui3 suil2 ;
'SI' (sbbb 'EGA' 1) ;
sutt1 = sut1 ;
sutt2 = sut2 ;
'SINON' ;
sutt1 = 'ET' sutt1 sut1 ;
sutt2 = 'ET' sutt2 sut2 ;
'FINSI' ;
'FIN' hbbb ;
'OUBLIER' cim1 ; 'OUBLIER' cim2 ; 'OUBLIER' cim3 ;
'OUBLIER' ciml2 ;
'OUBLIER' plfiml ; 'OUBLIER' plfim2 ; 'OUBLIER' pim3 ;
'MENAGE' ;

*****
*          CONSTRUCTION DU MAILLAGE TOTAL
*****
lg = 'DROIT' 6 p0 p3 ;
ld = 'DROIT' 6 p2 p5 ;
lhc = 'DROIT' -5 p4 pi3 'DINI' 65 'DFIN' 50 ;
lig1 = 'ET' lg ('ET' ('DROIT' 13 p3 p4) lhc) ;
lig1 = 'ET' lig1 ('INVERSE' ('ET' ci2 cil1)) ;
lig1 = 'ET' lig1 ('ET' ('DROIT' 3 plfil p11)
('DROIT' 6 p11 p0)) ;
sul = 'SURFACE' lig1 'PLANE' ;
obj1 = 'ET' sul sutt1 ;
*
lig2 = 'ET' ld ('ET' ('DROIT' 3 p5 p4) lhc) ;
lig2 = 'ET' lig2 ('ET' ci3 cil2) ;
lig2 = 'ET' lig2 ('ET' ('DROIT' 3 plfi2 p12)
('DROIT' -9 p12 p2 'DINI' 40
'DFIN' 50)) ;
su2 = 'SURFACE' lig2 'PLANE' ;
obj2 = 'ET' su2 sutt2 ;
*
obj = 'ET' obj1 obj2 ;
'ELIMINATION' egeom obj ;
cobj = 'CONTOUR' obj ;
*
*          Levres de la fissure
*
ls = cobj 'ELEM' 'COMP' p11 pf1 ;
li = cobj 'ELEM' 'COMP' pf1 p12 ;
*-----DEFINITION DU MATERIAU-----
objmod = 'MODELISER' obj 'MECANIQUE' 'ELASTIQUE'
'ISOTROPE' ;
objmat = 'MATERIAU' objmod 'YOUN' 2.D5 'NU' 0.3D0 ;
*-----MATRICE DE RIGIDITE-----
rig = 'RIGIDITE' objmat objmod ;
*-----CONDITIONS AUX LIMITES-----
cal = 'ET' ('BLOQUE' 'UX' 'UY' p0)
('BLOQUE' 'UY' p2) ;
rigtot = 'ET' rig cal ;
*-----DEFINITION DU CHARGEMENT-----
f1 = 'PRES' 'MASS' objmod -10.D0 lg ;
f2 = 'PRES' 'MASS' objmod -10.D0 ld ;
f0 = 'ET' f1 f2 ;
*-----RESOLUTION ET CONTRAINTES-----
u0 = 'RESO' rigtot f0 ;
sig0 = 'SIGMA' objmod objmat u0 ;

*****
** fabrication de déplacements THETA et PI **
*****
SUPTAB = 'TABLE' ;
SUPTAB . 'OBJECTIF' = 'MOT' 'DECOUPLAGE' ;
SUPTAB . 'LEVRE_SUPERIEURE' = ls ;
SUPTAB . 'LEVRE_INFERIEURE' = li ;
SUPTAB . 'FRONT_FISSURE' = pf1 ;
SUPTAB . 'MODELE' = objmod ;
SUPTAB . 'CARACTERISTIQUES' = objmat ;
SUPTAB . 'SOLUTION_RESO' = u0 ;
SUPTAB . 'CHARGEMENTS_MECAIQUES' = f0 ;
SUPTAB . 'COUCHE' = 6 ;
G_THETA SUPTAB ;

*****
***** Affichage des résultats *****
*****
K1 = SUPTAB . 'RESULTATS' . 'I' ;
```




```
K2 = SUPTAB . 'RESULTATS' . 'II' ;
'MESSAGE' 'K1 = ' K1 'K2 = ' K2 ;
ER1 = 'ABS' (((K1 '-' 150.37D0) '/' 150.37D0) '**'
100.D0) ;
ER2 = 'ABS' (((K2 '+' 71.4D0) '/' 71.4D0) '**'
100.D0) ;
'MESSAGE' 'ER1 = ' ER1 'ER2 = ' ER2 ;
'SI' ((ER1 '>' 2.D0) 'OU' (ER2 '>' 2.D0)) ;
'ERREUR' 5 ;
'SINON' ;
'ERREUR' 0 ;
'FINSI' ;
'FIN' ;
```

5.6.10 rupt10.dgibi

Nom du fichier	rupt10.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	COQ3
Référence	Compendium of STRESS INTENSITY FACTORS by Rooke & Cartwright. Section Plates and Shells "Central crack in a finite width plate : uniform bending moment"
Description	Validation de la méthode des déplacements (procédure SIF) dans le cas d'une plaque en flexion pure. GEOMETRIE : Longueur de la fissure : $2a = 2 \times 17.5$ MM Largeur de la plaque : $2b = 2 \times 70$ MM Hauteur de la plaque : $2h = 2 \times 280$ MM Epaisseur de la plaque : $e = 0.7$ MM MATERIAU : Module d'Young : $E = 200000$ MPa Coefficient de poisson : $\nu = 0.3$ CHARGEMENT : Flexion pure : $M = 114.3$ N.MM soit $\text{SIGf} = 10$ MPa
Objectif	Erreur relative < 2% sur le facteur d'intensité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 64 : Informations sur le cas test rupt10.dgibi

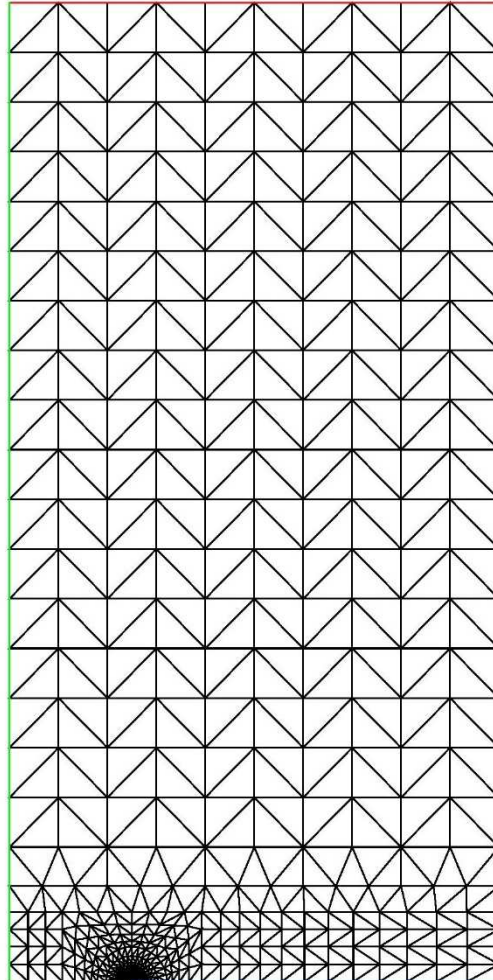


Figure 119 : Maillage du cas-test rupt10.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt10.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*
* VALIDATION DE LA METHODE DES DFEPLACEMENTS
* DANS LE CAS D'UNE PLAQUE EN FLEXION PURE.
* SOLUTION DE REFERENCE :
* Compendium of STRESS INTENSITY FACTORS
* by Rooke & Cartwright. Section Plates
* and Shells "Central crack in a finite width
* plate : uniform bending moment"
*
*
* GEOMETRIE :
*
* longueur de la fissure : 2a = 2 x 17.5 MM
* largeur de la plaque : 2b = 2 x 70 MM
* Hauteur de la plaque : 2h = 2 x 280 MM
* Epaisseur de la plaque : e = 0.7 MM
*
* MATERIAU :
*
* Module d'Young : E = 200000 MPa
* Coefficient de poisson : NU = 0.3
*
* CHARGEMENT :
*
* Flexion pure : M = 114.3 N.MM
* soit SIGf=10MPa
*
* SOLUTION ANALYTIQUE :
*
* Fact d'int. de contr : Kl = 30.349 MPa(MM)**0.5
*
*****

opti echo 1 dime 2 elem TRI3 ;

*****
* SAISSIE DES PARAMETRES DE MAILLAGE *
*****
* Epaisseur de l'eprouvette

epal = .7;

* ----- A/W :

rapl = 0.25 ;

* ----- H/W :

rap2 = 4. ;

* ----- W :

w = 70. ;

* largeur de bande deposee (pour un metal biphas)

ldep = 10. ;

*eprouvette SENB ou CCP ? (val = 0 ou val = 1) ;

val = 1 ;

*taille de maille en pointe de fissure

tm = .2 ;

*nombre de decouge sur 45 degres ;

n = 4 ;

*introduction d'un pave de quadrangle en pointe de fissure ?
*(non : rep = 0 oui : rep = 1)

rep = 1 ;

*****
***** parametres intermediaires *****
*****

lcritw = (w * (1. - rapl)) ;
lcrita = w * rapl ;
*demi-cote du carre
c = mini (prog (w / 5.) ldep lcrita lcritw) ;

*rayon du disque
r = c / 2. ;
```

```
*densite en peripherie de disque
*te = r / 10. ;
te = 1.5 * ((pi * r) / (4. * n)) ;

*densite au premier arc
si (ega rep 1) ;
ta = tm * 2. ;
sinon ;
ta = tm ;
fini ;

*****
* MAILLAGE *
*****

*-----*
*** partie circulaire autour de la pointe de fissure *
*-----*

p0 = 0. 0. ;
p1 = (rapl * w) 0. ;
dens ta ;
si (rep ega 0) ;
p2 = p1 plus (tm 0.) ;
sinon ;
p2 = p1 plus ((tm * n * 2.) 0.) ;
si ((tm * n * 2.) > r) ;
nc = r / 2. ;
opti echo 0 ;
mess 'Le produit (tm * n) doit etre inferieur a' nc ;
opti echo 1 ;
opti donn 5 ;
fini ;
fini ;
dens te ;
p10 = p1 plus (r 0.) ;

ligam0 = p2 d p10 ;

su21 = ligam0 rota n 45. p1 ;
l21 = su21 cote 4 ;
c21 = su21 cote 2 ;
su22 = (su21 cote 3) rota n 45. p1 ;
l22 = su22 cote 2 ;
c22 = su22 cote 4 ;
su23 = (su22 cote 3) rota n 45. p1 ;
l23 = su23 cote 4 ;
c23 = su23 cote 2 ;
su24 = (su23 cote 3) rota n 45. p1 ;
l24 = su24 cote 2 ;
c24 = su24 cote 4 ;

rac = l21 et l22 et l23 et l24 ;
su2 = su21 et su22 et su23 et su24 ;

si (ega rep 0) ;
su0 = cout p1 rac ;
su01 = chan su0 ligne ;
p01 = (p1 plus p2) / 2. ;
lig0 = su01 elem appuye strictement (p1 et (su0 poin proc p01)
et p2) ;
ligam0 = ligam0 et lig0 ;
l1 = ligam0 ;
sinon ;
dens tm ;
qad = p1 plus ((tm * n) 0.) ;
qag = p1 moins ((tm * n) 0.) ;
basd = p1 d n qad ;
basg = p1 d n qag ;
bas = ordo (basg et basd) ;
pave = bas trans n (0. (tm * n)) ;
copav1 = pave cote 2 ;
copav2 = pave cote 3 ;
copav3 = pave cote 4 ;
copav = copav1 et copav2 et copav3 ;
dec = (enti (n / 1.2)) * (-1) ;
joncd = qad d p2 ;
joncg = qag d (su24 poin proc qag) ;
sujon = dall copav joncd rac joncg plan ;
su0 = sujon et pave ;
lig0 = basd et joncd ;
ligam0 = ligam0 et lig0 ;
l1 = ligam0 ;
fini ;

*-----*
*** carre exterieur autour du fond de fissure *
*-----*

dens (2. * te) ;
p0b = p1 plus (c 0.) ;
p0c = p1 plus (c c) ;
p0h = p1 plus (0. c) ;
```

```

pgh = pl plus (((-1) * c) c) ;
pgb = pl plus (((-1) * c) 0.) ;

card = pdb d n pdh ;
carhd = pdh d n pmh ;
carhg = pmh d n pgh ;
carg = pgh d n pgb ;

decc = ((-1) * (enti ((c - r) / (1. * te)))) - 1 ;

diad = (c21 poin initial) d decc pdb ;
diadh = (c22 poin final) d decc pdh ;
diam = (c23 poin initial) d decc pmh ;
diagh = (c24 poin final) d decc pgh ;
diag = (c24 poin initial) d decc pgb ;

su3 = dall c21 diadh card diad plan ;
su4 = (dall c22 diam carhd diadh plan) et
      (dall c23 diagh carhg diam plan) ;
su5 = dall c24 diag carg diagh plan ;

carre = su0 et su2 et su3 et su4 et su5 ;
ligam1 = ligam0 et diad ;

*-----*
*** partie metal depose *
*-----*

clcritw = (c < (lcritw + 0.01)) et (c > (lcritw - 0.01)) ;
clcrita = (c < (lcrita + 0.01)) et (c > (lcrita - 0.01)) ;
cldep = (c < (ldep + 0.01)) et (c > (ldep - 0.01)) ;

si ((non clcritw) et (non clcrita)) ;
* mess 'cas general' ;

vtl = 0. (ldep - c) ;
vtg = (((-1) * (lcrita - c)) 0.) ;
vtd = (lcritw - c) 0. ;
nfl = enti ((ldep - c) / (mesu (carhd elem 1) long)) ;
nfg = enti ((lcrita - c) / (mesu (carg elem 1) long)) ;
nfd = enti ((lcritw - c) / (mesu (card elem 1) long)) ;
si (nfg ega 0) ;
nfg = 1 ;
su7 = carg tran nfg vtg ;
sinon ;
densi = (mesu (carg elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nfg / 20.)) ;
su7 = carg tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtg ;
finsi ;
si (nfd ega 0) ;
nfd = 1 ;
su6 = card tran nfd vtd ;
sinon ;
densi = (mesu (card elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nfd / 20.)) ;
su6 = card tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtd ;
finsi ;
l8 = (su7 cote 4) et (su6 cote 2) et carhd et carhg ;
l8 = ordo l8 ;
si (cldep) ;
* mess 'cas critique ldep' ;
mdep = carre et su6 et su7 ;
l8b = inve l8 ;
ligam = ligam1 et (su6 cote 4) ;
lsym1 = (su7 cote 3) ;
sinon ;
si (nfl ega 0) ;
nfl = 1 ;
su8 = l8 tran nfl vtl ;
sinon ;
densi = (mesu (carhd elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nfl / 10.)) ;
su8 = l8 tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtl ;
finsi ;
mdep = carre et su6 et su7 et su8 ;
l8b = su8 cote 3 ;
ligam = ligam1 et (su6 cote 4) ;
lsym1 = (su7 cote 3) et (su8 cote 4) ;
finsi ;

finsi ;

si (clcritw) ;
* mess 'cas critique W' ;
vtl = 0. (ldep - c) ;
vtt = (((-1) * (lcrita - c)) 0.) ;
nfl = enti ((ldep - c) / (mesu (carhd elem 1) long)) ;
nft = enti ((lcrita - c) / (mesu (carg elem 1) long)) ;
si (nft ega 0) ;
nft = 1 ;
su7 = carg tran nft vtt ;
sinon ;
densi = (mesu (carg elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nft / 20.)) ;
su7 = carg tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtt ;
finsi ;

l8 = (su7 cote 4) et carhd et carhg ;
l8 = ordo l8 ;
si (cldep) ;
* mess 'cas critique ldep et lcritw' ;
mdep = carre et su7 ;
l8b = inve l8 ;
ligam = ligam1 ;
lsym1 = (su7 cote 3) ;
sinon ;
si (nfl ega 0) ;
nfl = 1 ;
su8 = l8 tran nfl vtl ;
sinon ;
densi = (mesu (carhd elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nfl / 10.)) ;
su8 = l8 tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtl ;
finsi ;
mdep = carre et su7 et su8 ;
l8b = su8 cote 3 ;
ligam = ligam1 ;
lsym1 = (su7 cote 3) et (su8 cote 4) ;
finsi ;
finsi ;

si (clcrita) ;
* mess 'cas critique A' ;
vtl = 0. (ldep - c) ;
vtt = (lcritw - c) 0. ;
nfl = enti ((ldep - c) / (mesu (carhd elem 1) long)) ;
nft = enti ((lcritw - c) / (mesu (card elem 1) long)) ;
si (nft ega 0) ;
nft = 1 ;
su6 = card tran nft vtt ;
sinon ;
densi = (mesu (card elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nft / 20.)) ;
su6 = card tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtt ;
finsi ;
l8 = (su6 cote 2) et carhd et carhg ;
l8 = ordo l8 ;
si (cldep) ;
* mess 'cas critique ldep et lcrita' ;
mdep = carre et su6 ;
l8b = l8 ;
ligam = ligam1 et (su6 cote 4) ;
lsym1 = carg ;
sinon ;
si (nfl ega 0) ;
nfl = 1 ;
su8 = l8 tran nfl vtl ;
sinon ;
densi = (mesu (carhd elem 1) long) ;
densf = densi * (1 + (nfl / 10.)) ;
su8 = l8 tran 'DINI' densi 'DFIN' densf vtl ;
finsi ;
mdep = carre et su6 et su8 ;
l8b = su8 cote 3 ;
l8b = inve l8b ;
ligam = ligam1 et (su6 cote 4) ;
lsym1 = (su8 cote 2) et carg ;
finsi ;
finsi ;

*-----*
*** partie metal de base *
*-----*

l8b = ordo l8b ;
ppi = l8b poin initial ; pf = l8b poin final ;
lu = (mesu l8b long) / (nbel l8b) * 1.2 ;
fron1 = (ppi plus (0. lu)) d (enti ((nbel l8b) / 1.5))
        (pf plus (0. lu)) ;
lub = ((mesu fron1 long) / (nbel fron1)) * 1.2 ;
pib = fron1 poin initial ; pfb = fron1 poin final ;
fron2 = (pib plus (0. lub)) d (enti ((nbel fron1) / 1.5))
        (pfb plus (0. lub)) ;

join1 = cout l8b fron1 ;
join2 = cout fron1 fron2 ;
join = join1 et join2 ;
join1 = chan join ligne ;
joimp = join1 poin droit p0 (p0 plus (0. 10.)) (tm / 10.) ;
lsym2 = join1 elem appuye strictement joimp ;

lrest = ((w * rap2) / 2.) - (ldep + lu + lub) ;
vt = 0. lrest ;
le = mesu (fron2 elem 1) long ;
corp = fron2 tran (enti (lrest / le)) vt ;
lsym3 = corp cote 2 ;

pinif = ligam poin initial ;

*-----*
*particularite pour un CCP *
*-----*

si (val ega 1) ;
mbas = corp et join ;

```

```

*plan verticale de symetrie
lsym = lsym1 et lsym2 et lsym3 ;
lsym = lsym coul vert ;
*face de chargement
schar = corp cote 3 ;
schar = schar coul roug ;
*ligament
ligam = ligam coul bleu ;
*maillage complet
ccp = mbas et ndep ;
titr 'eprouvette CCP' ;
* trac (ccp et ligam et lsym et schar) ;
fini ;

*-----*
*particularite pour un SENB *
*-----*

si (val ega 0) ;
lresid = corp cote 3 ;
resid = lresid tran 1 (0. le) ;
mbas = corp et join et resid ;
*appui
pap = p0 plus (0. ((rap2 / 2.) * w)) ;
pap = mbas poin proc pap ;
pap = manu pap poil vert ;
*point d'application de la force
pchar = p0 plus (w 0.) ;
pchar = ndep poin proc pchar ;
pchar = manu pchar poil roug ;
*ligament
ligam = ligam coul bleu ;
*maillage complet
senb = mbas et ndep ;
titr 'eprouvette SENB' ;
trac (senb et ligam et pap et pchar) ;
fini ;
*
*trac (cont ccp);
*
* FIN DE LA DÉFINITION DE LA GÉOMÉTRIE
*
*
* opti dime 3 mode trid;
*
* Définition des modèles et du matériau
*
M01 = MODELE CCP MECANIQUE ELASTIQUE COQ3;
MA0 = MATER M01 YOUNG 2.E11 NU 0.3 EPAI epal;
RIG0 = RIGI M01 MA0;
*
* Définition des conditions aux limites
*
BL1 = BLOQ UY RX ligam;
BL2 = BLOQ UX RY lsym;
BL3 = BLOQ UZ schar;
RIG1 = RIG0 ET BL1 ET BL2 ET BL3;
*
* Chargement : Moment de flexion
*
pinich = schar poin initial;

```

```

pfinch = schar poin final;
schar=schar chan poil;
PMILCH = schar diff (pinich et pfinch);
MOEXT = 10.*(w * (epal** 2) / 3. / 2.) / ((NENO schar) - 1);
MOMIL = MOEXT * (NENO PMILCH);
F01 = (MOME MX MOEXT (PINICH ET PFINCH)) ET (MOME MX MOMIL PMILCH);
*
* Résolution
*
DEP1 = RESO RIGI F01;
*
* Calcul du facteur d'intensité de contrainte
*
pffisin = lsym poin init;
ct1 = cont ccp;
psup = (ct1 diff (ligam et lsym)) poin droi pffisin pl;
ct2 = chan 'SEG2' ct1;
lifisl = ct2 elem appu stri psup;
*
SUPTAB = TABLE;
SUPTAB.'MODMIXT' = FAUX;
SUPTAB.'LIFISL' = lifisl;
SUPTAB.'FRIFISS' = pl;
SUPTAB.'MEMBRANE' = FAUX;
SUPTAB.'FLEXION' = VRAI;
SUPTAB.'EPAI' = EPAI;
*
K1TH = 30.3486;
*
SIF SUPTAB MA0 DEP1;
KIMOY = SUPTAB.K1.TOTAL;
MESS ' K1 analytique = 'K1TH;
MESS ' K1 calculé par SIF = 'KIMOY;
err1 = 100.*(K1TH - KIMOY)/K1TH;err1=abs err1;
mess ' Erreur : 'err1' en %';
*
SI (err1 < 2.) ;
MESS 'PROCEDURE <SIF> ERR 0';
ERRE 0;
SINON;
MESS 'PROCEDURE <SIF> ERR 5';
ERRE 5;
FINSI;
fin;

```

5.6.11 rupt11.dgibi

Nom du fichier	rupt11.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	ISIDA, On the tension of a strip with a central elliptical hole. Tran. Jap. Soc. Mec. Engng., vol. 21 (1955).
Description	Validation des procédures G_THETA et T_PITETA pour une plaque en traction pure. GEOMETRIE : Longueur totale de la plaque : 700 MM Largeur totale de la plaque : 200 MM Longueur totale de la fissure : 100 MM MATERIAU : Module d'Young : 19775 Kgf/mm ² Coefficient de poisson : 0,3 CHARGEMENT : Traction pure : 100 Kgf/mm ²
Objectif	Erreur relative sur le taux de restitution d'énergie G < 0.65% Erreur relative sur la dérivé seconde de l'énergie dG/da < 0.5%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 65 : Informations sur le cas test rupt11.dgibi

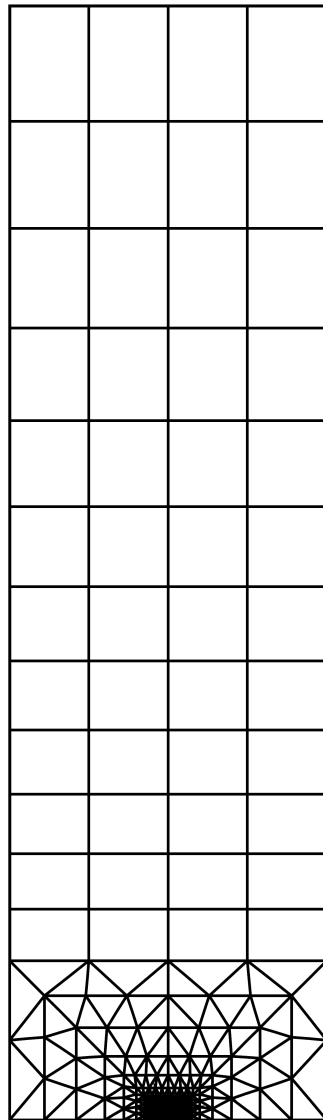


Figure 120 : Maillage du cas-test rupt11.dgibi



Jeu de données :

```
* fichier : rupt11.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*
* VALIDATION DES PROCEDURES GIHETA ET T_PITETA
* PAR UNE PLAQUE EN TRACTION PURE. SOLUTION
* DE REFERENCE : ISIDA, On the tension of a
* strip with a central elliptical hole.
* Tran. Jap. Soc. Mec. Engng., vol. 21 (1955).
*
* GEOMETRIE :
*
* longueur totale de la plaque : 700 MM
* largeur totale de la plaque : 200 MM
* longueur totale de la fissure : 100 MM
*
* MATERIAU :
*
* Module d'Young : 19775 Kgf/mm2
* Coefficient de poisson : 0,3
*
* CHARGEMENT :
*
* Traction pure : 100 Kgf/mm2
*
* SOLUTION ANALYTIQUE :
*
* Le taux de restitution d'énergie (G_THETA) :
* G = 102,23 Kgf/mm
* La dérivée seconde de l'énergie (T_PITETA) :
* dG/da = 3,650 Kgf/mm2
*
*****
DEBP PRMAIL P0*POINT LI11*MAILLAGE LI12*MAILLAGE LI13*MAILLAGE
LI14*MAILLAGE NVTAI*FLOTTANT NDC*ENTIER;
P21=P0 MOIN (NVTAI 0.);P22=P21 PLUS (0. NVTAI);
P23=P22 PLUS (NVTAI 0.);P24=P23 PLUS (NVTAI 0.);
P25=P24 MOIN (0. NVTAI);
LI21=P21 D NDC P22;LI22=P22 D NDC P23;
LI23=P23 D NDC P24;LI24=P24 D NDC P25;
SU21=COUT LI11 LI21;SU22=COUT LI12 LI22;
SU23=COUT LI13 LI23;SU24=COUT LI14 LI24;
SUT=SUT1 ET SU22 ET SU23 ET SU24;
FINP LI21 LI22 LI23 LI24 SUT;
*
OPTI DIME 2 ELEM QUAS MODE PLAN DEFO;
opti epsilon lineaire;
PB=50. 0.; VTAI=0.5; TVTAI=TABLE;
*****
* MAILLAGE CARRE EN POINTE DE FISSURE *
*****
CVTAI=10. * VTAI; TVTAI=TABLE; TNDC=TABLE;
TVTAI.1= 12. * VTAI; TNDC.1=8;
TVTAI.2= 15. * VTAI; TNDC.2=6;
TVTAI.3= 20. * VTAI; TNDC.3=5;
TVTAI.4= 28. * VTAI; TNDC.4=4;
TVTAI.5= 40. * VTAI; TNDC.5=3;
TVTAI.6= 58. * VTAI; TNDC.6=3;
TVTAI.7= 78. * VTAI; TNDC.7=3;
TVTAI.8=100. * VTAI; TNDC.8=2;
P11=PB MOIN (CVTAI 0.); P12=P11 PLUS (0. CVTAI);
MCARR1=(P11 D 10 P12) TRAN 10 (CVTAI 0.);
MCARR2=(INVE (COTE 3 MCARR1)) TRAN 10 (CVTAI 0.);
MCARR0=MCARR1 ET MCARR2;
PB=MCARR0 POIN PROC PB;
MFCND=MCARR0;
*****
* ON ELARGIT ET ON MET A LA PLACE DE SUFISS *
*****
LI11=COTE 1 MCARR1;LI12=COTE 2 MCARR1;
LI13=COTE 2 MCARR2;LI14=COTE 3 MCARR2;
I=0;
REPETER BCOU (DIME TVTAI);
I=I + 1;
NVTAI=TVTAI.I;NDC=TNDC.I;
LI11 LI12 LI13 LI14 SUT2=PRMAIL PB LI11 LI12 LI13 LI14 NVTAI NDC;
MFCND=MFCND ET SUT2;
FIN BCOU;
ELIM 0.01 MFCND;
SUT = (LI12 ET LI13) TRAN -12 DINI 8 DFIN 30 (0. (350. - 50.));
SUT = SUT ET MFCND;
CSUT = CONT SUT;
ELIM 0,01 SUT;
*****
* PREPARATION POUR CALCUL SUR MAILLES 1MM *
*****
LICOT=CSUT ELEM COMP (SUT POIN PROC (0. 350.)) (SUT POIN PROC (0. 0.));
LIGAM=CSUT ELEM COMP (SUT POIN PROC (50. 0.)) (SUT POIN PROC (100. 0.));
LIFIS=CSUT ELEM COMP (SUT POIN PROC (0. 0.)) (SUT POIN PROC (50. 0.));
```

```
LIHAU=CSUT ELEM COMP (SUT POIN PROC (100. 350.))
(SUT POIN PROC (0. 350.));
OBI=modeli sut mecanique elastique;
MAL=MATE OBI YOUN 19775. NU 0.3 ALPHA 1.5E-5;
RII=RIGI MAL OBI;
CDLI=(BLOQ UX LICOT) ET (BLOQ UY LIGAM);
FOI=PRES MASS OBI -100. LIHAU;
U=RESO (RII ET CDLI) FOI;
SIG=SIGM MAL U OBI;
titr 'Fissure deformee sous la pression';
vecl=vect fol fx fy 0.01 roug;
*trac (defo sut u vecl) face (cont sut);
***** Solution analytique *****
COE1 = (0.91/19775.)*100.*pi;
COE2 = pi*50./200;
COS1 = cos (COE2*180./pi); SIN1 = sin (COE2*180./pi);
G_ANA = COE1*50.*(1./COS1);
DGDA_ANA = COE1*((1./COS1) + (COE2*SIN1/(COS1*COS1)));
*****
* Appel à la procédure G_THETA *
*****
TAB = TABLE ;
TAB.'MAILLAGE' = SUT;
TAB.'FISSURE' = LIFIS;
TAB.'FONDFISS' = PB;
AFF = TABLE; AFF.1 = OBI;
TAB2=TABLE;
TAB2.'DEPLACEMENT'=U;
TAB2.'CONTRAINTE'=SIG;
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = lifis;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = PB ;
SUPTAB.'MODELE' = obi;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = mal;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = u;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = FOI;
i = 5;
repeteR hbbb 1;
i = i + 1;
SUPTAB.'COUCHE' = i;
G_THETA SUPTAB;
G_NUM = SUPTAB.'RESULTATS';
ERR1 = (ABS ((G_NUM - G_ANA)/G_ANA))*100.;
MESS 'G_NUM = ' G_NUM 'Erreur = ' (CHAI ERR1 ' %');
fin hbbb;
*****
* Appel à la procédure T_PITETA *
*****
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'DJ/DA';
SUPTAB.'BLOCAGES_MECANIQUES'=CDLI ;
i = 5;
repeteR hbbb 1;
i = i + 1;
SUPTAB.'COUCHE' = i;
G_THETA SUPTAB;
DGDA_NUM = SUPTAB.'RESULTATS';
ERR2 = (ABS ((DGDA_NUM - DGDA_ANA)/DGDA_ANA))*100.;
MESS 'DGDA_NUM = ' DGDA_NUM 'Erreur = ' (CHAI ERR2 ' %');
fin hbbb;
*****
***** Arrêt du calcul *****
*****
SI ((ERR1 > 0.65) OU (ERR2 > 0.5));
ERRE 5;
SINO;
ERRE 0;
FINSI;
FIN;
```

5.6.12 rupt12.dgibi

Nom du fichier	rupt12.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	TRI6
Référence	Formulation B Prabel
Description	Validation de la procédure G_THETA en dynamique. Plaque en traction pure avec chargement 'f(t)'. GEOMETRIE : Longueur de la plaque : 40 mm Largeur de la plaque : 104 mm Longueur de la fissure : 24 mm MATERIAU : Module d'Young : 7.561 daN/mm ² Coefficient de poisson : 0,286 Masse volumique : 2.45E-6 kg/mm ³
Objectif	Erreur relative < 1% sur le facteur d'intensité des contraintes pour tous les instants
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 66 : Informations sur le cas test rupt12.dgibi

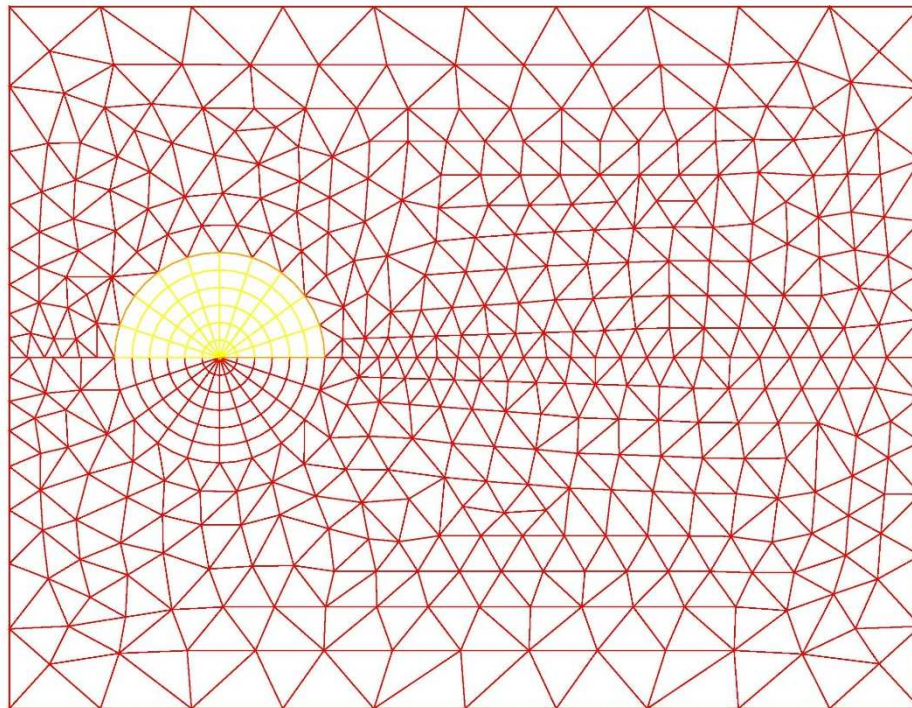


Figure 121 : Maillage du cas-test rupt12.dgibi

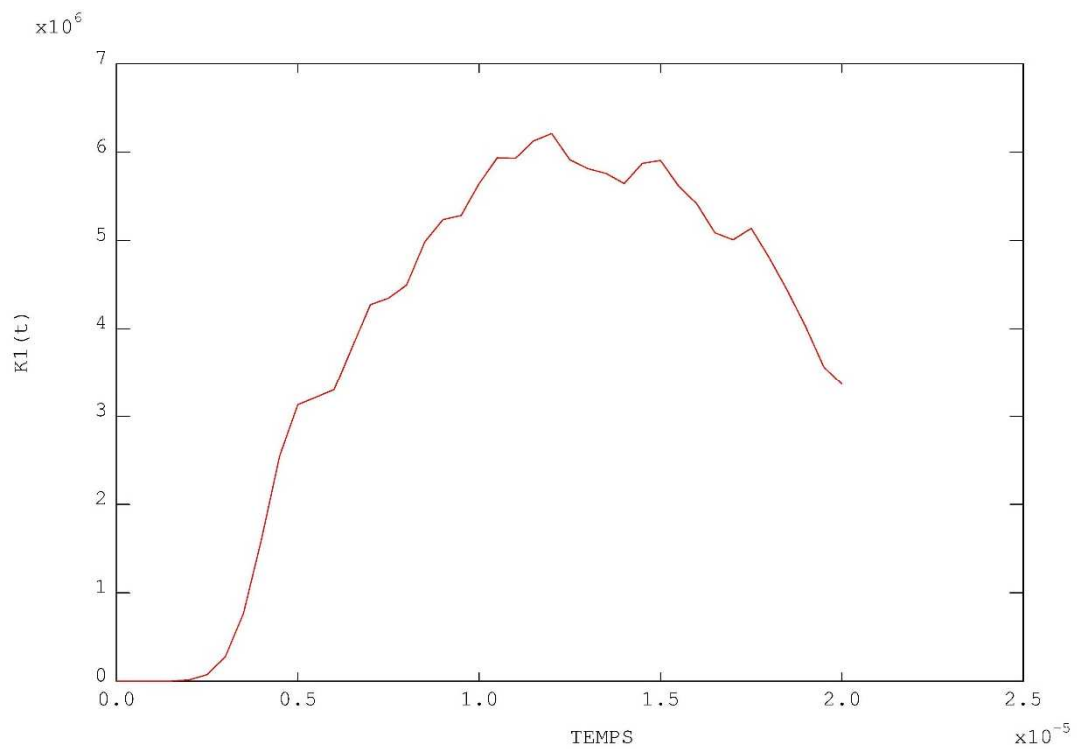


Figure 122 : Facteur K1 fonction du temps

Jeu de données :

```
* fichier : rupt12.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
OPTION ECHO 1 ;
complet = faux;
* complet = vrai;
*
*****
* pour calcul complet mettre complet à : vrai;
*****
*
* VALIDATION DE LA PROCEDURE
* G_THETA EN DYNAMIQUE.
*
* PLAQUE EN TRACTION PURE AVEC
* CHARGEMENT 'f(t)'
*
*-----I
* GEOMETRIE :
* Longueur de la plaque : 40 mm
* Largeur de la plaque : 104 mm
* Longueur de la fissure : 24 mm
*
* MATERIAU :
* Module d'Young : 7.561 daN mm(-2)
* Coefficient de poisson : 0,286
* Masse volumique : 2.45E-6 kg/mm(-3)
*
*****
OPTI echo 1 ;
OPTION DIME 2 ELEM TRI6 MODE PLAN DEFORMATION ;
graph='N';
*-----*
* CONSTRUCTION DU MAILLAGE (RAYONANT) *
*-----*
A = 0. 0. ; B = 52. 0. ;
C = 52. 40. ; D = 0. 40. ;
P1 = 0. 20. ; P2 = 0. 20. ;
P3 = 12. 20. ; P5 = 52. 20. ;
P4 = 6. 20. ;
*
SS COUR1 11 12 13 14 LVD LVG = @rayo P3 P4 6 ;
P4 = L1 POINT INITIAL ;
P6 = L4 POIN 'INITIAL' ;
P7 = L3 POIN 'INITIAL' ;
P7 = L2 POIN 'INITIAL' ;
*1ER CONTOUR
AB = DROI A B 'DINI' 5. 'DFINI' 5. ;
BP5 = DROI B P5 'DINI' 5. 'DFINI' 2. ;
P5P7 = DROI P5 P7 'DINI' 2. 'DFINI' 1. ;
P4P2 = DROI P4 P2 'DINI' 2. 'DFINI' 1. ;
P2A = DROI P2 A 'DINI' 1. 'DFINI' 5. ;
*2EM CONTOUR
P1D = DROI P1 D 'DINI' 1. 'DFINI' 5. ;
DC = DROI D C 'DINI' 5. 'DFINI' 5. ;
CP5 = DROI C P5 'DINI' 5. 'DFINI' 2. ;
P6P1 = DROI P6 P1 'DINI' 1. 'DFINI' 1. ;
*-----*
CT2 = P4P2 ET P2A ET AB ET BP5 ET P5P7 ET L2 ET L1 ;
CT3 = P6P1 ET P1D ET DC ET CP5 ET P5P7 ET L3 ET L4 ;
MAIL1 = SURF CT2 PLANE ;
MAIL2 = SURF CT3 PLANE ;
MAIL = MAIL1 ET MAIL2 ET SS ;
SI ( ega graph 'O');
TRAC MAIL ;
fini;
* LEVRES SUP ET INF DE LA FISSURE
LSUP = LVD ;
LINF = LVG ;
*-----*
* CONSTRUCTION DU MODEL
*-----*
YOU1 = 7.561E7;
NU1 = 0.286 ;
RHI = 2.45E-6;
MO=MODE MAIL MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE;
MAT = MATE MO YOUN YOU1 NU NU1 RHO RHI;
*-----*
* RIGIDITE
*-----*
RIG1 = RIGIDITE MO MAT;
*-----*
* CONDITIONS AUX LIMITES ;
*-----*
c11 = bloque UX P1D ;
c12 = bloque UX P2A ;
c14 = bloque UX CP5 ;
c15 = bloque UX BP5 ;
CL3 = BLOQUE UY P5 ;
CLT = CL1 ET CL2 ET CL3 ET CL4 ET CL5 ;
*-----*
*
* Procedure PASAPAS DYNAMIQUE *
```

```
*-----*
* Matrices de rigidite et de masse
RIG1 = RIG1 ET CLT;
MAST = MASS MO MAT ;
*-----*
* Instant de calcul
*
TI = 0. ;
si complet;
TF = 20E-6; NP1 = 40 ;
sinon;
tf = ( 20e-6 / 40 ) * 6 ; np1= 6;
fini;
DT = (TF - TI) / NP1 ;
*-----*
TITRE ' CHARGEMENT : IMPACT DE 0.4E3 ' ;
*-----*
F0 = 0.4E6 ;
L_TEMPS = PROG 0.0 'PAS' DT 'NPAS' (NP1+1);
L_TEMP2 = PROG 0.0 'PAS' DT 'NPAS' NP1 ;
F_TEMPS = PROG ( NP1 + 2 ) * F0 ;
*
EVO_FOR = EVOL MANU 'temps' L_TEMPS 'f(t)' F_TEMPS ;
CH1_FORC = PRES 'MASS' MO -1. AB ;
CH3_FORC = PRES 'MASS' MO -1. DC ;
CHP_FORC = CH1_FORC ET CH3_FORC ;
CHARG_T = CHARG 'MECA' CHP_FORC EVO_FOR;
*
FR_COUP = 0.25 / DT ;
TAB_DYN = TABLE ;
TAB_DYN.DYNAMIQUE = VRAI;
TAB_DYN.MODELE = MO;
TAB_DYN.CARACTERISTIQUES = MAT;
TAB_DYN.BLOCAGES_MECANIQUE = CLT;
TAB_DYN.CHARGEMENT = CHARG_T;
TAB_DYN.TEMPS_CALCULES = L_TEMP2;
PASAPAS TAB_DYN;
***** tracés *****
SI ( ega graph 'O');
trac (vect CHP_FORC 'FORC' 'BLEU') MAIL;
dess EVO_FOR;
isosig2 = prog 0. PAS 0.25E6 5E6;
ntemp2 = dime L_TEMP2;
itemp2 = -1;
repe BDEFO ntemp2;
itemp2 = itemp2 + 1;
temp2 = extr L_TEMP2 (itemp2 + 1);
u2t = TAB_DYN . DEPLACEMENTS . itemp2;
sig2t = EXCO 'SMY' (TAB_DYN . CONTRAINTE . itemp2);
trac sig2t MO (DEFO u2t MAIL 10) isosig2
'TITR' (chai 'u(t=' temp2 's') 'NCLK';
xpause = 0.;
repe bpause 1000;
xpause = xpause + 1.;
fin bpause;
fin BDEFO;
fini;
*opti donn 5 ;
*-----*
* CALCUL DE G PAR LA METHODE G_THETA
*
*-----*
SUPTAB = TABL ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J_DYNA';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = LSUP;
SUPTAB.'LEVRE_INFERIEURE' = LINF;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = P3 ;
SUPTAB.'SOLUTION_PASAPAS' = TAB_DYN;
SUPTAB.'COUCHE' = 3;
*-----*
* Appel DE la procedure G_THETA
*-----*
G_THETA SUPTAB;
*-----*
* Evolution de G en fonction du temps.
*-----*
SI ( ega graph 'O');
DESS SUPTAB . 'EVOLUTION_RESULTATS' ;
fini;
*-----*
* Calcul de K
*-----*
ab1 = EXTR (SUPTAB.EVOLUTION_RESULTATS) ABS;
ORD1 = EXTR (SUPTAB.EVOLUTION_RESULTATS) ORDO;
ORD2 = ((ORD1 * YOU1) / (1 - (0.286**2)))**0.5 ;
K1 = EVOL MANU 'TEMPS' AB1 'K1(t)' ORD2;
SI ( ega graph 'O');
DESS K1 ;
fini;
```

```
*****
**** SOLUTION ANALYTIQUE *****
*****
*anciennes valeurs de reference (formulation Attigui)
*li2 = prog 82275 2701582 4420771 5525946 ;
*nouvelles valeurs de reference (formulation B Prabel)
KREF = prog 74056. 3.12957E+06 4.34363E+06 5.64263E+06;

***RECUPERATION DU RESULTAT ET COMPARAISONS***
ERR1MAX = prog;
si complet; nfois = 4;
sinon; nfois = 1;
fini;
I = 1;
REPETER BOUL nfois;
  I = I + 5;
  J = &BOUL;
  KLREF = extr KREF J ;
  KICAL = extr ord2 I;
  ERR1 = abs ((KICAL - KLREF)/KLREF);
  MESS (CHAI 'I=' I ' KLREF=' KEXP ' KICAL='K_CAL
        ' Erreur relative =' ERR1);
  ERR1MAX = ERR1MAX et ERR1;
FIN BOUL;
*LIST ERR1MAX;

ERR1 = maxi ERR1MAX;
```

```
*SI (ERR1 < 5.E-2);
SI (ERR1 < 1.E-2);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;
```

5.6.13 rupt13.dgibi

Nom du fichier	rupt13.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	COQ4
Référence	
Description	Test de la procédure G_THETA pour le calcul du taux de restitution d'énergie G dans l'épaisseur de la coque
Objectif	Erreur relative sur G <ul style="list-style-type: none"> - < 6,5% à mi-épaisseur - < 9,7% à un quart de l'épaisseur
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 67 : Informations sur le cas test rupt13.dgibi



Figure 123 : Maillage du cas-test rupt13.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : rupt13.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
OPTION echo 1
GRAPH = 'N'
SAUT PAGE
*
** LE TAUX G DANS L'EPAISSEUR DE COQUE : NOUVELLE TECHNIQUE
** ICOQU = 1 ELEMENTS 'DKT'
** ICOQU = 2 ELEMENTS 'DST'
** ICOQU = 3 ELEMENTS 'COQ6'
** ICOQU = 4 ELEMENTS 'COQ4'
** ICOQU = 5 ELEMENTS 'COQ8'

** ICHAR = 1 FLEXION PURE
** ICHAR = 2 FLEXION + MENERANE
** ICHAR = 3 FORCE SUR LA FISSURE
** ICHAR = 4 CHARGEMENTS MECANIQUE
** ICHAR = 5 CHARGEMENTS 3 + 4

** IMATE = 1 ELASTICITE
** IMATE = 2 ELASTO PLASTICITE

** IELEM = NUMERO DE L'ELEMENT PROCHE DE LA FISSURE
*****
* SAISSIE DES PARAMETRES DE MAILLAGE *
*****
* CHOIX DES CHAMPS SINGULIERS

IELEM = 53;
*
* TYPE DE CHARGEMENT

ICAR = 1;
*
* TYPE DE MATERIAU

IMATE = 1;
*
* EPAISSEUR TOTALE DE L'EPROUVETTE

EPAL_T = .7 * 40;
*
* TYPE D'ELEMENTS DE COQUE

ICOQU = 4;
*
* NOMBRE DE MULTICOUCHES

NB_MUL = 21;
*
* EPAISSEUR DE LA COUCHE POUR DETERMINER LE RAPPORT D'ENERGIE

EPAL_C = EPAL_T * 1.E-6;
*
* ----- A/W :

RAP1 = 0.25 ;
*
* ----- H/W :

RAP2 = 4. ;
*
* ----- W :

W = 70. ;
*
* LARGEUR DE BANDE DEPOSEE (POUR UN METAL BIPHASE)

LDEP = 10. ;
*
* EPROUVETTE SENB OU CCP ? (VAL = 0 OU VAL = 1) ;

VAL = 1 ;
*
* TAILLE DE MAILLE EN POINTE DE FISSURE

TM = .2 ;
*
* NOMBRE DE DECOUGE SUR 45 DEGRES ;

N = 4 ;
*****
***** ELEMENTS ET FORMULATIONS *****
*****
SI (EGA ICOQU 1);
MOT_E = TEXT 'TRI3'; REP = 0 ; MOT_S = TEXT 'SBG2';
MOT_F1 = TEXT 'DKT'; MOT_F2 = TEXT ' ';
FINSI;
SI (EGA ICOQU 2);
MOT_E = TEXT 'TRI3'; REP = 0 ; MOT_S = TEXT 'SBG2';
MOT_F1 = TEXT 'DST'; MOT_F2 = TEXT ' ';

```

```

FINSI;
SI (EGA ICOQU 3);
MOT_E = TEXT 'TRI6'; REP = 0 ; MOT_S = TEXT 'SBG3';
MOT_F1 = TEXT 'COQ6'; MOT_F2 = TEXT ' ';
FINSI;
SI (EGA ICOQU 4);
MOT_E = TEXT 'QUA4'; REP = 1 ; MOT_S = TEXT 'SBG2';
MOT_F1 = TEXT 'COQ4'; MOT_F2 = TEXT 'DST';
FINSI;
SI (EGA ICOQU 5);
MOT_E = TEXT 'QUA8'; REP = 1 ; MOT_S = TEXT 'SBG3';
MOT_F1 = TEXT 'COQ8'; MOT_F2 = TEXT 'COQ6';
FINSI;
*****
***** PARAMETRES INTERMEDIAIRES *****
*****

LCRITW = (W * (1. - RAP1)) ;
LCRITA = W * RAP1 ;
*DEMI-COTE DU CARRE
C = MINI (PROG (W / 5.) LDEP LCRITA LCRITW) ;

*RAYON DU DISQUE
R = C / 2. ;

*DENSITE EN PERIPHERIE DE DISQUE
*TE = R / 10. ;
TE = 1.5 * ((PI * R) / (4. * N)) ;

*DENSITE AU PREMIER ARC
SI (EGA REP 1) ;
TA = TM * 2. ;
SINON ;
TA = TM ;
FINSI ;

*MOMENT D'INERTI
IX = W * (EPAL_T ** 3) / 12;

*****
* MAILLAGE *
*****

-----*
*** PARTIE CIRCULAIRE AUTOUR DE LA POINTE DE FISSURE ***
-----*

OPTI ECHO 1 DIME 2 ELEM MOT_E ;
P0 = 0. 0. ;
P1 = (RAP1 * W) 0. ;
DENS TA ;
SI (REP EGA 0) ;
P2 = P1 PLUS (TM 0.) ;
SINON ;
P2 = P1 PLUS ((TM * N * 2.) 0.) ;
SI ((TM * N * 2.) > R) ;
NC = R / 2. ;
OPTI ECHO 0 ;
MESS 'LE PRODUIT (TM * N) DOIT ETRE INFERIEUR A' NC ;
OPTI ECHO 1 ;
FINSI ;
FINSI ;
DENS TE ;
P10 = P1 PLUS (R 0.) ;

LIGAM0 = P2 D P10 ;

SU21 = LIGAM0 ROTA N 45. P1 ;
L21 = SU21 COTE 4 ;
C21 = SU21 COTE 2 ;
SU22 = (SU21 COTE 3) ROTA N 45. P1 ;
L22 = SU22 COTE 2 ;
C22 = SU22 COTE 4 ;
SU23 = (SU22 COTE 3) ROTA N 45. P1 ;
L23 = SU23 COTE 4 ;
C23 = SU23 COTE 2 ;
SU24 = (SU23 COTE 3) ROTA N 45. P1 ;
L24 = SU24 COTE 2 ;
C24 = SU24 COTE 4 ;

RAC = L21 ET L22 ET L23 ET L24 ;
SU2 = SU21 ET SU22 ET SU23 ET SU24 ;

SI (EGA REP 0) ;
SU0 = COUT P1 RAC ;
SUOL = CHAN SUO LIGNE ;
P01 = (P1 PLUS P2) / 2. ;
LIG0 = SUOL ELEM APPUYE STRICTEMENT (P1 ET (SUO POIN PROC P01)
ET P2) ;
LIGAM0 = LIGAM0 ET LIG0 ;
L1 = LIGAM0 ;
SINON ;
DENS TM ;
QAD = P1 PLUS ((TM * N) 0.) ;

```



```

QAG = P1 MOIN ((TM * N) 0.) ;
BASD = P1 D N QAD ;
BASG = P1 D N QAG ;
BAS = ORDO (BASG ET BASD) ;
PAVE = BAS TRANS N (0. (TM * N)) ;
COPAV1 = PAVE COTE 2 ;
COPAV2 = PAVE COTE 3 ;
COPAV3 = PAVE COTE 4 ;
COPAV = COPAV1 ET COPAV2 ET COPAV3 ;
DEC = (ENTI (N / 1.2)) * (-1) ;
JONCD = QAD D P2 ;
JONCG = QAG D (SU24 POIN PROC QAG) ;
SUJON = DALL COPAV JONCD RAC JONCG PLAN ;
SU0 = SUJON ET PAVE ;
LIG0 = BASD ET JONCD ;
LIGAM0 = LIGAM0 ET LIG0 ;
L1 = LIGAM0 ;
FINSI ;

*-----*
*** CARRE EXTERIEUR AUTOUR DU FOND DE FISSURE *
*-----*

DENS (2. * TE) ;
PDB = P1 PLUS (C 0.) ;
PDH = P1 PLUS (C C) ;
PMH = P1 PLUS (0. C) ;
PGH = P1 PLUS (((-1) * C) C) ;
PGB = P1 PLUS (((-1) * C) 0.) ;

CARD = PDB D N PDH ;
CARHD = PDH D N PMH ;
CARHG = PMH D N PGH ;
CARG = PGB D N PGB ;

DECC = ((-1) * (ENTI ((C - R) / (1. * TE)))) - 1 ;

DIAD = (C21 POIN INITIAL) D DECC PDB ;
DIADH = (C22 POIN FINAL) D DECC PDH ;
DIAM = (C23 POIN INITIAL) D DECC PMH ;
DIAGH = (C24 POIN FINAL) D DECC PGH ;
DIAG = (C24 POIN INITIAL) D DECC PGB ;

SU3 = DALL C21 DIADH CARD DIAD PLAN ;
SU4 = (DALL C22 DIAM CARHD DIADH PLAN) ET
(DALL C23 DIAG CARHG DIAM PLAN) ;
SU5 = DALL C24 DIAG CARG DIAGH PLAN ;

CARRE = SU0 ET SU2 ET SU3 ET SU4 ET SU5 ;
LIGAM1 = LIGAM0 ET DIAD ;

*-----*
*** PARTIE METAL DEPOSE *
*-----*

CLCRITW = (C < (LCRITW + 0.01)) ET (C > (LCRITW - 0.01)) ;
CLCRITA = (C < (LCRITA + 0.01)) ET (C > (LCRITA - 0.01)) ;
CLDEP = (C < (LDEP + 0.01)) ET (C > (LDEP - 0.01)) ;

SI ((NON CLCRITW) ET (NON CLCRITA)) ;
* MESS 'CAS GENERAL' ;

VIL = 0. (LDEP - C) ;
VTG = (((-1) * (LCRITA - C)) 0.) ;
VID = (LCRITW - C) 0. ;
NFL = ENTI ((LDEP - C) / (MESU (CARHD ELEM 1) LONG)) ;
NFG = ENTI ((LCRITA - C) / (MESU (CARG ELEM 1) LONG)) ;
NFD = ENTI ((LCRITW - C) / (MESU (CARD ELEM 1) LONG)) ;
SI (NFG EGA 0) ;
NFG = 1 ;
SU7 = CARG TRAN NFG VTG ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARG ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFG / 20.)) ;
SU7 = CARG TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VTG ;
FINSI ;
SI (NFD EGA 0) ;
NFD = 1 ;
SU6 = CARD TRAN NFD VID ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARD ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFD / 20.)) ;
SU6 = CARD TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VID ;
FINSI ;
L8 = (SU7 COTE 4) ET (SU6 COTE 2) ET CARHD ET CARHG ;
L8 = ORDO L8 ;
SI (CLDEP) ;
* MESS 'CAS CRITIQUE LDEP' ;
MDEP = CARRE ET SU6 ET SU7 ;
L8B = INVE L8 ;
LIGAM = LIGAM1 ET (SU6 COTE 4) ;
LSYM1 = (SU7 COTE 3) ;
SINON ;
SI (NFL EGA 0) ;
NFL = 1 ;
SU8 = L8 TRAN NFL VIL ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARHD ELEM 1) LONG) ;

```

```

DENSF = DENSI * (1 + (NFL / 10.)) ;
SU8 = L8 TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VIL ;
FINSI ;
MDEP = CARRE ET SU6 ET SU7 ET SU8 ;
L8B = SU8 COTE 3 ;
LIGAM = LIGAM1 ET (SU6 COTE 4) ;
LSYM1 = (SU7 COTE 3) ET (SU8 COTE 4) ;
FINSI ;

FINSI ;

SI (CLCRITW) ;
* MESS 'CAS CRITIQUE W' ;
VIL = 0. (LDEP - C) ;
VIT = (((-1) * (LCRITA - C)) 0.) ;
NFL = ENTI ((LDEP - C) / (MESU (CARHD ELEM 1) LONG)) ;
NFT = ENTI ((LCRITA - C) / (MESU (CARG ELEM 1) LONG)) ;
SI (NFT EGA 0) ;
NFT = 1 ;
SU7 = CARG TRAN NFT VIT ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARG ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFT / 20.)) ;
SU7 = CARG TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VIT ;
FINSI ;
L8 = (SU7 COTE 4) ET CARHD ET CARHG ;
L8 = ORDO L8 ;
SI (CLDEP) ;
* MESS 'CAS CRITIQUE LDEP ET LCRITW' ;
MDEP = CARRE ET SU7 ;
L8B = INVE L8 ;
LIGAM = LIGAM1 ;
LSYM1 = (SU7 COTE 3) ;
SINON ;
SI (NFL EGA 0) ;
NFL = 1 ;
SU8 = L8 TRAN NFL VIL ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARHD ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFL / 10.)) ;
SU8 = L8 TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VIL ;
FINSI ;
MDEP = CARRE ET SU7 ET SU8 ;
L8B = SU8 COTE 3 ;
LIGAM = LIGAM1 ;
LSYM1 = (SU7 COTE 3) ET (SU8 COTE 4) ;
FINSI ;

FINSI ;

SI (CLCRITA) ;
* MESS 'CAS CRITIQUE A' ;
VIL = 0. (LDEP - C) ;
VIT = (LCRITW - C) 0. ;
NFL = ENTI ((LDEP - C) / (MESU (CARHD ELEM 1) LONG)) ;
NFT = ENTI ((LCRITW - C) / (MESU (CARD ELEM 1) LONG)) ;
SI (NFT EGA 0) ;
NFT = 1 ;
SU6 = CARD TRAN NFT VIT ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARD ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFT / 20.)) ;
SU6 = CARD TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VIT ;
FINSI ;
L8 = (SU6 COTE 2) ET CARHD ET CARHG ;
L8 = ORDO L8 ;
SI (CLDEP) ;
* MESS 'CAS CRITIQUE LDEP ET LCRITA' ;
MDEP = CARRE ET SU6 ;
L8B = L8 ;
LIGAM = LIGAM1 ET (SU6 COTE 4) ;
LSYM1 = CARG ;
SINON ;
SI (NFL EGA 0) ;
NFL = 1 ;
SU8 = L8 TRAN NFL VIL ;
SINON ;
DENSI = (MESU (CARHD ELEM 1) LONG) ;
DENSF = DENSI * (1 + (NFL / 10.)) ;
SU8 = L8 TRAN 'DINI' DENSI 'DFIN' DENSF VIL ;
FINSI ;
MDEP = CARRE ET SU6 ET SU8 ;
L8B = SU8 COTE 3 ;
L8B = INVE L8B ;
LIGAM = LIGAM1 ET (SU6 COTE 4) ;
LSYM1 = (SU8 COTE 2) ET CARG ;
FINSI ;
FINSI ;

*-----*
*** PARTIE METAL DE BASE *
*-----*

L8B = ORDO L8B ;
PPI = L8B POIN INITIAL ; PF = L8B POIN FINAL ;
LU = (MESU L8B LONG) / (NBEL L8B) * 1.2 ;
FRON1 = (PPI PLUS (0. LU)) D (ENTI ((NBEL L8B) / 1.51))
(PF PLUS (0. LU)) ;
LUB = ((MESU FRON1 LONG) / (NBEL FRON1)) * 1.2 ;

```

```

PIB = FRON1 POIN INITIAL ; PFB = FRON1 POIN FINAL ;
FRON2 = (PIB PLUS (0. LUB)) D (ENTI ((NBEL FRON1) / 1.51))
(PFB PLUS (0. LUB)) ;

JOIN1 = COUT L&B FRON1 ;
JOIN2 = COUT FRON1 FRON2 ;
JOIN = JOIN1 ET JOIN2 ;
JOINL = CHAN JOIN LIGNE ;
JOINP = JOINL POIN DROIT P0 (P0 PLUS (0. 10.)) (TM / 10.) ;
LSYM2 = JOINL ELEM APPUYE STRICTEMENT JOINP ;

LREST = ((W * RAP2) / 2.) - (LDEP + LU + LUB) ;
VT = 0. LREST ;
LE = MESU (FRON2 ELEM 1) LONG ;
CORP = FRON2 TRAN (ENTI (LREST / LE)) VT ;
LSYM3 = CORP COTE 2 ;
PINIF = LIGAM POIN INITIAL ;

*-----*
*PARTICULARITE POUR UN CCP *
*-----*

SI (VAL EGA 1) ;
MBAS = CORP ET JOIN ;
*PLAN VERTICALE DE SYMETRIE
LSYM = LSYM1 ET LSYM2 ET LSYM3 ;
LSYM = LSYM COUL VERT ;
*FACE DE CHARGEMENT
SCHAR = CORP COTE 3 ;
SCHAR = SCHAR COUL ROUG ;
*LIGAMENT
LIGAM = LIGAM COUL BLEU ;
*MAILLAGE COMPLET
CCP = MBAS ET MDEP ;
TITR 'EPROUVETTE CCP' ;
* TRAC (CCP ET LIGAM ET LSYM ET SCHAR) ;
FINSI ;

*-----*
*PARTICULARITE POUR UN SENB *
*-----*

SI (VAL EGA 0) ;
LRESID = CORP COTE 3 ;
RESID = LRESID TRAN 1 (0. LE) ;
MBAS = CORP ET JOIN ET RESID ;
*APPUI
PAP = P0 PLUS (0. ((RAP2 / 2.) * W)) ;
PAP = MBAS POIN PROC PAP ;
PAP = MANU PAP POIL VERT ;
*POINT D'APPLICATION DE LA FORCE
PCHAR = P0 PLUS (W 0.) ;
PCHAR = MDEP POIN PROC PCHAR ;
PCHAR = MANU PCHAR POIL ROUG ;
*LIGAMENT
LIGAM = LIGAM COUL BLEU ;
*MAILLAGE COMPLET
SENB = MBAS ET MDEP ;
TITR 'EPROUVETTE SENB' ;
TRAC (SENB ET LIGAM ET PAP ET PCHAR) ;
FINSI ;
*
PFISIN = LSYM POIN INIT ;
CT1 = CONT CCP ;
PSUP = (CT1 DIFF (LIGAM ET LSYM)) POIN DROI PFISIN P1 ;
CT2 = CHAN MOT_S CT1 ;
LIFIS1 = CT2 ELEM APPU STRI PSUP ;
LLBB = ORDO (LIGAM ET LIFIS1) ; LLBB = INVE LLBB ;
CCP = ORIE CCP ;
*
* PREMIERE COUCHE D'ELEMENT AUTOUR DE LA FISSURE
*
ELEFIS = CCP ELEM MOT_E IELEM ;
*
* FIN DE LA DÉFINITION DE LA GÉOMÉTRIE
*
OPTI DIME 3 MODE TRID ;
*
* COURBE DE TRACTION
*
YOUN1 = 2.E05 ;
NU1 = 0.3 ;
ALPH1 = 1.E-6 ;
YIEL1 = 4.E02 ;
ALPH1 = 0.5 ;
NEXPOL = 7 ;
SIG0 = 1.E02 ;
EPS0 = SIG0 / YOUN1 ;
LSIGM = PROG 0. SIG0 ;
LEPSI = PROG 0. EPS0 ;
NPOIN = 50 ;
EPSTOT = 5. ;
SS1 = (EPSTOT*YOUN1/YIEL1/ALPH1)**(1./NEXPOL) ;
SS1 = YIEL1 * SS1 / NPOIN ;
REPETER BCI NPOIN ;
SIG1 = SS1*&BC1 ;

```

```

SI (< SIG1 SIG0) ; ITER BCI ; FINSI ;
EPS1 = (((SIG1/YIEL1)**(NEXPOL - 1))*ALPH1) + 1. ;
EPS1 = EPS1 * SIG1 / YOUN1 ;
LSIGM = LSIGM ET (PROG SIG1) ;
LEPSI = LEPSI ET (PROG EPS1) ;
FIN BCI ;
TRAC1 = EVOL MANU 'EPSI' LEPSI 'SIGM' LSIGM ;
SI (EGA IMATE 2) ; DESS TRAC1 ; FINSI ;
*
* EPAISSEUR ET EXCENTREMENT
*
EPAI_I = (EPAI_T - (EPAI_C*NB_MUL))/(NB_MUL - 1) ;
TBEPAI = TABLE ; TBEXCE = TABLE ;
REPETER BC_MUL1 ((2*NB_MUL) - 1) ;
III = (&BC_MUL1 - NB_MUL) / 2. ;
TBEXCE.&BC_MUL1 = (EPAI_I + EPAI_C)*III ;
SI (EGA 0. ((&BC_MUL1/2.) - (&BC_MUL1/2)) 1.E-10) ;
TBEPAI.&BC_MUL1 = EPAI_I ;
SINON ;
TBEPAI.&BC_MUL1 = EPAI_C ;
FINSI ;
FIN BC_MUL1 ;
*
* DÉFINITION DES MODLES ET DU MATRIAU
*
SI (EGA IMATE 1) ;
MPL1 = TEXT ' ' ; MIR1 = TEXT ' ' ; MIR2 = TEXT ' ' ;
FINSI ;
SI (EGA IMATE 2) ;
MPL1 = TEXT 'ELASTIQUE' ; MIR1 = TEXT 'TRAC' ; MIR2 = TRAC1 ;
EVOL = EVOL MANU 'Temps' (PROG 0 1.E10) 'F(t)' (PROG 0 1.E10) ;
FINSI ;
REPETER BC_MUL2 ((2*NB_MUL) - 1) ;
SI (EGA &BC_MUL2 1) ;
MOD_MUL = MODE ELEFIS MECANIQUE ELASTIQUE
MPL1 MOT_F1 MOT_F2 CONS (CHAI &BC_MUL2) ;
MAT_MUL = MATE MOD_MUL YOUN1 YOUN1 NU NU1 ALPH ALPH1 MIR1
MIR2 EPAI TBEPAI.&BC_MUL2 EXCE TBEXCE.&BC_MUL2 ;
SINON ;
MOD_MUL = MODE ELEFIS MECANIQUE ELASTIQUE
MPL1 MOT_F1 MOT_F2 CONS (CHAI &BC_MUL2) ;
MAT_MUL = MATE MOD_MUL YOUN1 YOUN1 NU NU1 ALPH ALPH1 MIR1
MIR2 EPAI TBEPAI.&BC_MUL2 EXCE TBEXCE.&BC_MUL2 ;
MOD_MUL = MOD_MUL ET MOD_MUL ;
MAT_MUL = MAT_MUL ET MAT_MUL ;
FINSI ;
FIN BC_MUL2 ;
MOD_R = MODE (CCP DIFF ELEFIS) MECANIQUE ELASTIQUE MPL1 MOT_F1 MOT_F2 ;
MAT_R = MATE MOD_R YOUN1 YOUN1 NU NU1 ALPH ALPH1 MIR1 MIR2 EPAI EPAI_T ;
M01 = MOD_MUL ET MOD_R ;
MA0 = MAT_MUL ET MAT_R ;
RIG0 = RIGI M01 MA0 ;
*
* DÉFINITION DES CONDITIONS AUX LIMITES
*
BL1 = BLOQ UY RX RZ LIGAM ;
BL2 = BLOQ UX RY RZ LSYM ;
BL3 = BLOQ UZ SCHAR ;
BLT = BL1 ET BL2 ET BL3 ;
*
* CHARGEMENT : MOMENT DE FLEXION
*
SIGMAX = 10. ;
MOMTOT = SIGMAX * (W * (EPAI_T ** 2) / 6.) ;
ROTATI = (MOMTOT / (YOUN1 * IX)) * (2 * W) ;
PINICH = SCHAR POIN INITIAL ;
PFINCH = SCHAR POIN FINAL ;
SCHAR = SCHAR CHAN POIL ;
PMILCH = SCHAR DIFF (PINICH ET PFINCH) ;
MOEXT = MOMTOT / ((NENO SCHAR) - 1) ;
MOMIL = MOEXT * (NENO PMILCH) ;
FO1 = (MOME MX MOEXT (PINICH ET PFINCH)) ET (MOME MX MOMIL PMILCH) ;
FYTOT = SIGMAX * W * EPAI_T ;
FYEXT = FYTOT / ((NENO SCHAR) - 1) ;
FYMIL = FYEXT * (NENO PMILCH) ;
FO2 = (FORC FY FYEXT (PINICH ET PFINCH)) ET (FORC FY FYMIL PMILCH) ;
LFOR1 = LIFIS1 ELEM APPU LARG P1 ;
LFOR1 = LIFIS1 ELEM APPU LARG LFOR1 ;
LFOR1 = LIFIS1 ELEM APPU LARG LFOR1 ;
FO3 = FORC (0 1000. 800.) (LIFIS1 DIFF LFOR1) ;
EV1 = EVOL MANU 'X1' (PROG 0 70) (PROG -0.0005 0) ;
TEMP1 = VARI EV1 (COOR 1 CCP) 'T' ;
TEMP2 = VARI EV1 (COOR 1 CCP) 'TINF' ;
TEMP3 = VARI EV1 (COOR 1 CCP) 'TSUP' ;
TT = TEMP1 ET TEMP2 ET TEMP3 ;
SIGT1 = THET TT M01 MA0 ;
FO4 = BSIG SIGT1 M01 MA0 ;
SI (EGA ICHAR 1) ; FOEXT = FO1 ; FINSI ;
SI (EGA ICHAR 2) ; FOEXT = FO1 ET FO2 ; FINSI ;
SI (EGA ICHAR 3) ; FOEXT = FO3 ; FINSI ;
SI (EGA ICHAR 4) ; FOEXT = FO4 ; FINSI ;
SI (EGA ICHAR 5) ; FOEXT = FO4 ET FO3 ; FINSI ;
*
* RÉOLUTION
*
SI (EGA IMATE 1) ;

```

```

DEP1 = RESO (RIGO ET BLT) FOEXT;
FINSI;
SI (EGA IMATE 2);
SI (EGA ICHAR 4); FOEXT = FOEXT * 0.; FINSI;
TBTEMP = TABLE;
TBTEMP.0 = TT * 0.; TBTEMP.1 = TT * 2.; TBTEMP.2 = TT * 5.;
TBTEMP.3 = TT * 8.; TBTEMP.4 = TT * 12.; TBTEMP.5 = TT * 20.;
TBTIME = TABLE;
TBTIME.0 = 0.; TBTIME.1 = 0.5; TBTIME.2 = 1.3;
TBTIME.3 = 3.6; TBTIME.4 = 4.7; TBTIME.2 = 8.;
CHAL = (CHAR 'MECA' EVOI FOEXT) ET (CHAR 'T ' TBTIME TBTEMP);
LIST1 = PROG 1. 3. 5;
TABTOUT = TABLE;
TABTOUT.BLOCAGES_MECANIQUES = BLT;
TABTOUT.CARACTERISTIQUES = MA0;
TABTOUT.MODELE = M01;
TABTOUT.CHARGEMENT = CHAL;
TABTOUT.TEMPS_CALCULES = LIST1;
TABTOUT.MAXITERATION = 99;
PASAPAS TABTOUT;
FINSI;
*****
***** SOLUTION NUMERIQUE DE G (PROCEDURE G_THETA)
*****
SUPTAB = TABLE;
SUPTAB.'OBJECTIF' = MOT 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = LIPIS1;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = P1;
SUPTAB.'ELEMENT_MULTICOUCHE' = ELEFIS ;
*
SI (EGA IMATE 1);
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = DEP1;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = MA0;
SUPTAB.'MODELE' = M01;
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = FOEXT;
SI ((EGA ICHAR 4) OU (EGA ICHAR 5));
SUPTAB.'TEMPERATURES' = (TEMP1 ET TEMP2 ET TEMP3);
SI (EGA ICHAR 4);
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = FOEXT * 0.;
FINSI;
SI (EGA ICHAR 5);
SUPTAB.'CHARGEMENTS_MECANIQUES' = FO3;
FINSI;
FINSI;
FINSI;
SI (EGA IMATE 2);
SUPTAB.'SOLUTION_PASAPAS' = TABTOUT;

```

```

FINSI;
NBCOUCHE = 1; PC = PROG; PG = PROG;
*****
REPETER SU01 NBCOUCHE;
SUPTAB.'COUCHE' = 6 ;
G_THETA SUPTAB;
FIN SU01;
G_COQUE = EXTR SUPTAB.EPAISSEUR_RESULTATS ORDO;
COQUE05 = EXTR G_COQUE 21;
COQUE025 = EXTR G_COQUE 16;
mess ' ' ;
mess ' ' ;
mess ' ' ;
mess ' Integral J par elements coques en peau (z=h/2) : ' COQUE05 ;
mess ' Solution SIF par elements massifs en peau : 1.77858E-02 ' ;
mess ' ' ;
mess ' Integral J par elements coques a z=h/4 : ' COQUE025 ;
mess ' Solution SIF par elements massifs a z=h/4 : 4.38290E-03 ' ;
*CODE FONCTIONNEMENT ;
ERR1 = ABS ((COQUE05 - 1.77858E-02)/1.77858E-02);
ERR2 = ABS ((COQUE025 - 4.38290E-03)/4.38290E-03);
mess ' ' ;
SI ((ERR1 < 6.5E-2) et (ERR2 < 9.7E-2)) ;
ERRE 0 ;
SINO ;
ERRE 5 ;
FINSI ;
fin;

```

5.6.14 rupt14-weib.dgibi

Nom du fichier	rupt14-weib.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D mode axisymétrique 3D
Type d'Eléments Finis	2D : QUA8 3D : CU20
Référence	
Description	Test du critère de Weibull (calcul par la procédure CRITLOC) pour un cylindre en traction modélisé en axisymétrique et en 3D. Les résultats 2D axi et 3D sont comparés entre eux.
Objectif	Écart relatif entre calcul 2D axi et 3D < 10% sur la contrainte de Weibull
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 68 : Informations sur le cas test rupt14-weib.dgibi

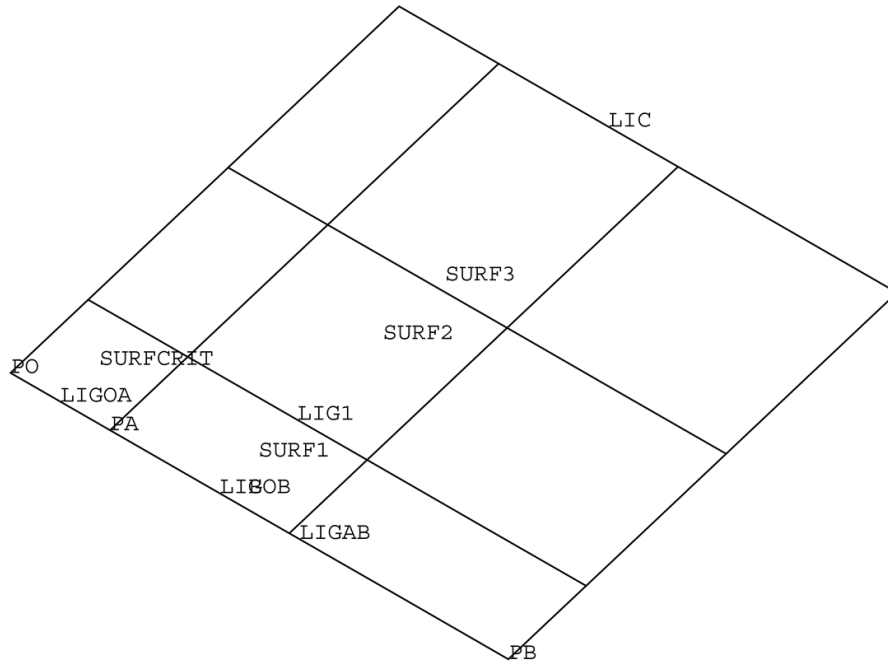


Figure 124 : Maillage du cas-test rupt14-weib.dgibi en 2D

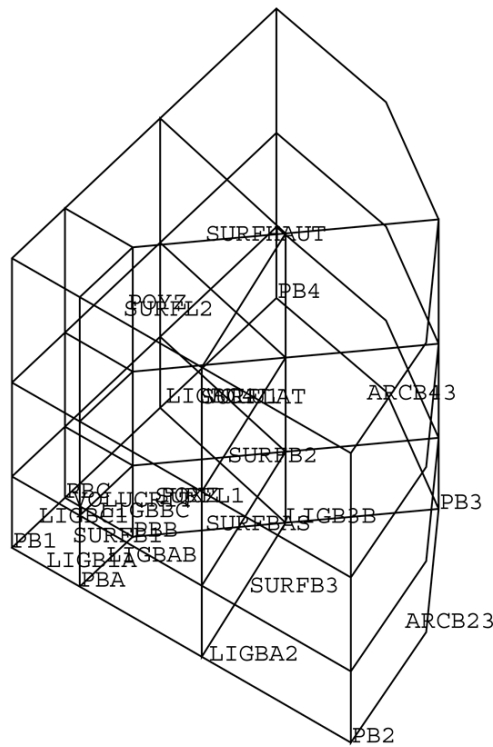


Figure 125 : Maillage du cas-test rupt14-weib.dgibi en 3D


```

*****
*          definition du materiau          *
*****
*
mate2 = MATE mod2 young (503./0.0026) nu 0.3 tract tracevt ;
*
*          rigidite          *
*****
blo1 = bloq uz surfbas ;
rig1 = condit et blo1 ;
rig2 = bloq uz surfhaut ;
rigt = rig1 et rig2 ;
dep2 = dep1 rig2 (4e-3) ;
forcevt = evol manu abs (prog 0. 1.) ord (prog 0. 1.) ;
fo2 = char 'DIMP' dep2 forcevt ;
*
*          definition de la table d'entree  *
*****
tab2 = table ;
tab2.'CARACTERISTIQUES' = mate2 ;
tab2.'MODELE' = mod2 ;
tab2.'BLOCCAGES_MECAIQUES' = rigt ;
tab2.'CHARGEMENT' = fo2 ;
tab2.'TEMPS_CALCULES' = (prog 0. pas 0.5 1.) ;
*
*          procedure de calcul             *
*****
TMASAU=table;
tab2 . 'MES_SAUVEGARDES'=TMASAU;
TMASAU . 'DEFTO'=VRAI;
TMASAU . 'DEFIN'=VRAI;

pasapas tab2 ;
*
*****
*          Calcul de la contrainte de Weibull 3D
*****
*
*          zone du critere
*
volucrit = volul elem contenant pbl ;
zone2 = redu mod2 volucrit;

```

```

*
enttab2 = table ;
enttab2.'XMULT' = 8. ;
enttab2.'OBJMO' = zone2 ;
enttab2.'WEIBULL' = vrai ;
enttab2.'NONL' = tab2 ;
enttab2.'M' = m ; enttab2.'V0' = v0 ; enttab2.'SIGU' = sigu ;
enttab2.'IC' = ic ; enttab2.'N' = n ;
enttab2.'TEMPER' = 0 ;
*
sortab2 = critloc enttab2 ;
*
sigw3d = (sortab2.'SIGW').1. ;
*
*****
*          Test d'erreur
*****
ecart = ( abs(sigwaxi-sigw3d) ) / sigwaxi ;
mess 'ecart relatif : ' (ecart*100.) '%' ;
si (ecart < 0.1 ) ;
erre 0 ;
sinon ;
erre 5 ;
finsi ;
*
*
fin ;
*
*-----

```

5.6.15 rupt15-rice.dgibi

Nom du fichier	rupt15-rice.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D mode axisymétrique 3D
Type d'Eléments Finis	2D : QUA8 3D : CU20
Référence	
Description	Test du critère de Rice (calcul par la procédure CRITLOC) pour un cylindre en traction modélisé en 2D axisymétrique et en 3D. Les résultats 2D axi et 3D sont comparés entre eux.
Objectif	Écart relatif < 10% sur le taux de tri-axialité des contraintes
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 69 : Informations sur le cas test rupt15-rice.dgibi

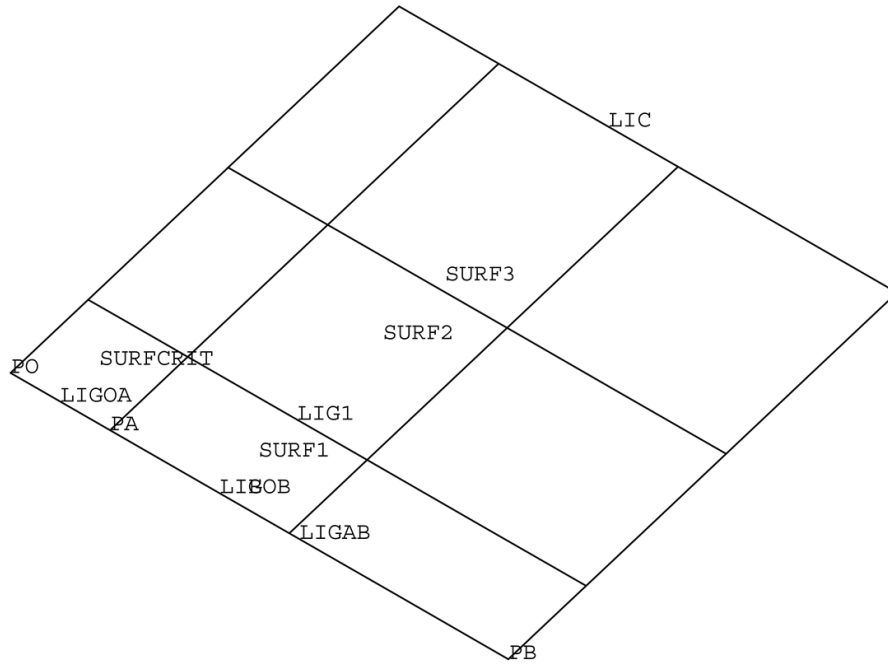


Figure 126 : Maillage du cas-test rupt15-rice.dgibi en 2D

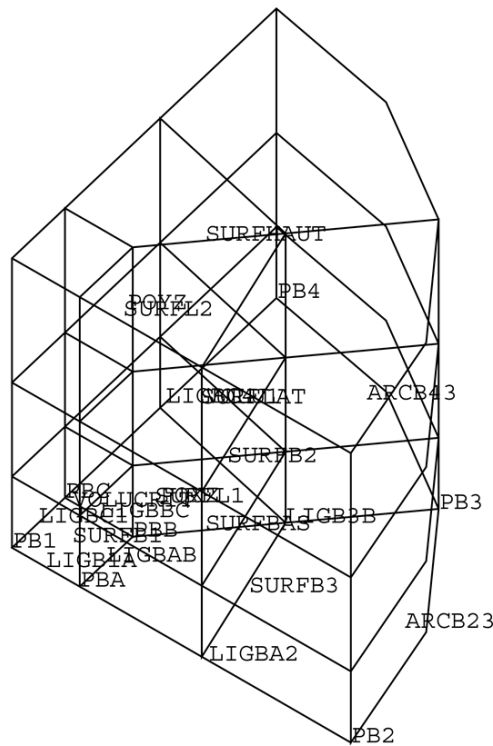


Figure 127 : Maillage du cas-test rupt15-rice.dgibi en 3D

Jeu de données :

```
* fichier : rupt15-rice.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*-----*
* *
* Test du critere de Rice pour un cylindre *
* en traction modelisé en axisymétrique et en 3D *
*-----*
* *
* opti echo 1 ;
* parametres du modele ;
alpha = 0.283 ; beta = 1.5 ; epsc = 1.d-6 ;
* *
*****
* MODELE AXISYMETRIQUE *
*****
* Maillage *
*****
opti elem qua8 dime 2 mode axis ;
* *
* densites utilisees *
l1 = 1. ; d1 = 0.2 ; d2 = 0.65 ; d11 = d1/10. ;
* *
* coordonnees des points *
po = 0. 0. ; pb = l1 0. ; pc = 0. d1 ; pd = 0. l1 ;
pa = d1 0. ;
* *
* definition des lignes *
ligoa = droi po pa 1 ;
ligab = droi pa pb dini 0.45 dfini d2 ;
ligob = ligoa et ligab ;
surf1 = ligob tran 1 pc ;
* *
lig1 = cote 3 surf1 ;
* *
* création de la surface *
surf3 = lig1 tran 'DINI' 0.45 'DFIN' d2 (0. (l1-d1)) ;
surf2 = surf1 et surf3 ;
* *
* extraction des lignes *
lib = cote 1 surf2 ;
lic = cote 3 surf2 ;
* *
elim surf2 1e-3 ;
* *
*****
* création du modèle *
*****
modl = mode surf2 mecanique elastique plastique ;
* *
*****
* définition du matériau *
*****
* *
* courbe de traction *
peps = prog 0. 0.0026 0.0027 0.0030 0.0035 0.0045 0.0065 0.0085 ;
0.0105 0.0125 0.0176 0.0227 0.0329 ;
psig = prog 0. 503. 503. 503. 503. 503. 503. 503. 516. 538. ;
557. 594. ;
* *
tracevt = evol manu 'eps' peps 'sig' psig ;
* *
mat1 = mate mod1 youn (503./0.0026) nu 0.3 tract tracevt ;
* *
*****
* rigidité *
*****
cdl0 = bloq uz lib ;
cdl2 = bloq uz lic ;
depl = depi cdl2 2e-2 ;
forcevt = evol manu abs (prog 0. 1.) ord (prog 0. 1.) ;
fol = char 'DIMP' depl forcevt ;
* *
*****
* définition de la table d'entree *
*****
tabl = table ;
tabl.caracteristiques = mat1 ;
tabl.modele = mod1 ;
tabl.blocages_mecaniques = cdl0 et cdl2 ;
tabl.chargement = fol ;
tabl.temps_calcules = (prog 0. pas 0.5 1.) ;
* *
*****
* procedure de calcul *
*****
TMASAU=table;
tabl. 'MES_SAUVEGARDES'=TMASAU;
```

```
TMASAU . 'DEFTO'=VRAI;
TMASAU . 'DEFIN'=VRAI;
pasapas tabl ;
* *
*****
* Calcul du taux de croissance axi *
*****
* *
* zone du critere *
surfcrit = elem surf2 1 ;
zonal = redu mod1 surfcrit ;
* *
enttabl = table ;
enttabl.'OBJMO' = zonal ;
enttabl.'RICE' = vrai ;
enttabl.'INONL' = tabl ;
enttabl.'EPSILON' = vrai ; enttabl.'ALPHA' = alpha ;
enttabl.'BETA' = beta ; enttabl.'EPSC' = epsc ;
* *
sortabl = critloc enttabl ;
* *
tauxaxi = ((sortabl.'RAPPORT').1.) ;
taxipbl = extr tauxaxi scal 1 1 1 ;
* *
*****
* MODELE 3D *
*****
* *
* Maillage *
*****
opti dime 3 elem cu20 mode trid ;
* *
* variables *
a1 = 2*(-0.5) ;
l1 = 0.2 ; l2 = 1. ; oeil = 2 -1000 300 ;
* *
* coordonnees des points *
pbl = 0. 0. 0. ; pba = l1 0. 0. ; pbc = 0. l1 0. ;
pbb = l1 l1 0. ; pb2 = l2 0. 0. ; pb3 = (l2*a1) (l2*a1) 0. ;
pb4 = 0. l2 0. ; ph1 = 0. 0. l2 ;
* *
* densites utilisees *
d1 = 0.45 ; d2 = 0.65 ;
* *
* definition des lignes *
ligb1a = droit 1 pbl pba ;
ligbab = droit 1 pba pbb ;
ligbbc = droit 1 pbb pbc ;
ligbc1 = droit 1 pbc pbl ;
ligba2 = droit pba pb2 dini d1 dfini d2 ;
ligb3b = droit 2 pb3 pbb ;
ligbc4 = droit pbc pb4 dini d1 dfini d2 ;
arcb23 = cerc 1 pb2 pbl pb3 ;
arcb43 = cerc 1 pb4 pbl pb3 ;
* *
* definition de la surface du bas *
surfb1 = dall ligb1a ligbab ligbbc ligbc1 plan ;
surfb2 = dall ligb3b ligbbc ligbc4 arcb43 plan ;
surfb3 = dall ligba2 arcb23 ligb3b ligbab plan ;
surfbas = surfb1 et surfb2 et surfb3 ;
* *
* creation du volume *
volu1 = surfbas volu dini l1 dfini d2 tran ph1 ;
surfhaut = face 2 volu1 ;
surflat = face 3 volu1 ;
* *
* extraction des surfaces laterales *
*surface oxz
poxz = poin surflat plan pbl (2. 0. 2.) (0. 0. 2.) (1e-3) ;
surfl1 = elem surflat appu strict poxz ;
*surface poyz
poyz = poin surflat plan pbl pb4 ph1 (1e-3) ;
surfl2 = elem surflat appu strict poyz ;
* *
elim volu1 (1e-3) ;
elim (surfbas et surfhaut et surfl1 et surfl2) (1e-3) ;
* *
*****
* conditions de symetrie *
*****
condi1 = symt depl pbl ph1 pb2 volu1 (1e-3) ;
condi2 = symt depl pbl ph1 pb4 volu1 (1e-3) ;
condi3 = symt depl pbl pb2 pb4 volu1 (1e-3) ;
condit = condi1 et condi2 et condi3 ;
* *
*****
* creation du modele *
*****
mod2 = MODE volu1 mecanique elastique plastique ;
* *
*****
* definition du materiau *
*****
```

```

*****
*
mate2 = MATE mod2 young (503./0.0026) nu 0.3 tract tracevt
*
*****
*          rigidite
*
blo1 = bloq uz surfbas
rig1 = condit et blo1
rig2 = bloq uz surfhaut
rigt = rig1 et rig2
dep2 = dep1 rig2 (2e-2)
forcevt = evol manu abs (prog 0. 1.) ord (prog 0. 1.)
fo2 = char 'DIMP' dep2 forcevt
*
*****
*          definition de la table d'entree
*
*****
tab2 = table
tab2.'CARACTERISTIQUES' = mate2
tab2.'MODELE' = mod2
tab2.'BLOCAGES_MECAINIQUES' = rigt
tab2.'CHARGEMENT' = fo2
tab2.'TEMPS_CALCULES' = (prog 0. pas 0.5 1.)
*
*****
*          procedure de calcul
*
*****
TMASAU=table;
tab2 . 'MES_SAUVEGARDES'=TMASAU;
TMASAU .'DEFTO'=VRAI;
TMASAU .'DEFIN'=VRAI;
pasapas tab2
*
*****
*          Calcul du taux de croissance 3D
*
*****
*          zone du critere
*

```

```

volucrit = volul elem 1
zone2 = redu mod2 volucrit
*
enttab2 = table
enttab2.'OBJMO' = zone2
enttab2.'RICE' = vrai
enttab2.'TNONL' = tab2
enttab2.'EPSILON' = vrai ; enttab2.'ALPHA' = alpha
enttab2.'BETA' = beta ; enttab2.'EPSC' = epsc
*
sortab2 = critloc enttab2
*
taux3d = ((sortab2.'RAPPORT').1.)
t3dpcb1 = extr taux3d scal 1 1 1
*
*****
*          Comparaison des résultats
*
*****
ecart = ( abs(taxipb1-t3dpcb1) ) / taxipb1
mess 'ecart relatif : ' (ecart*100.) '%'
si (ecart < 0.1 )
    erre 0
sinon
    erre 5
fin
*
fin
*
-----

```

5.6.16 rupt16-weib.dgibi

Nom du fichier	rupt16-weib.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D mode axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	
Description	Test du critère de Weibull (calcul par la procédure CRITLOC) pour un cylindre en traction modélisé en axisymétrique. On compare les résultats en prenant sigu constante ou bien une évolution constante.
Objectif	Écart relatif < 10% sur la contrainte de Weibull
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 70 : Informations sur le cas test rupt16-weib.dgibi

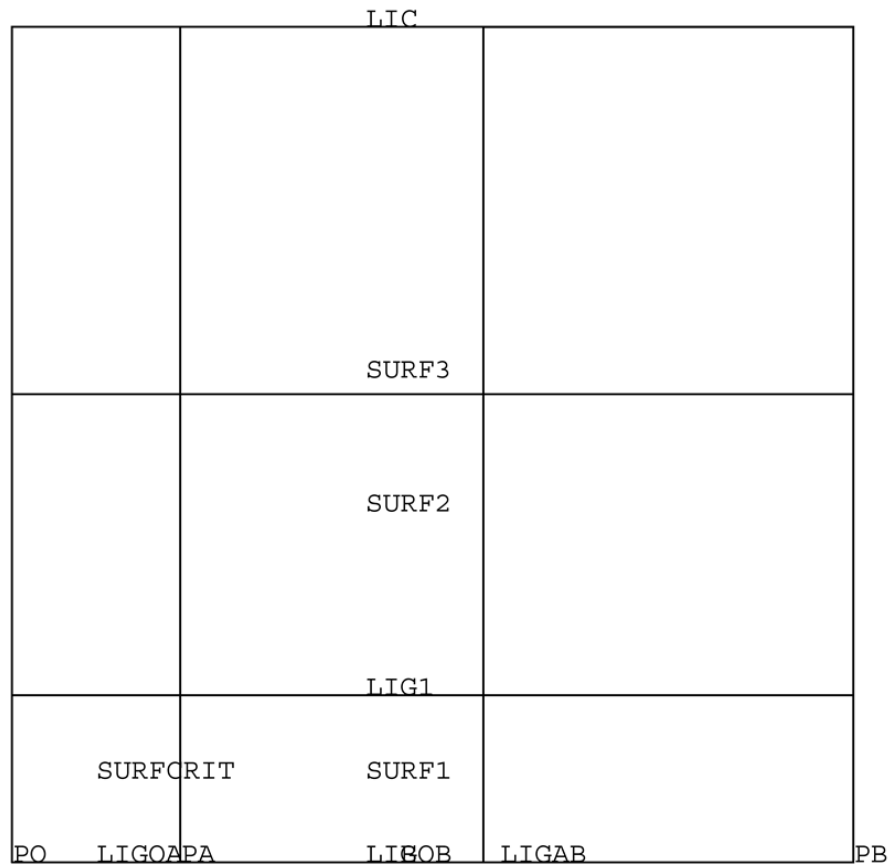


Figure 128 : Maillage du cas-test rupt16-weib.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt16-weib.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*-----*
* *
* Test du critère de Weibull pour un cylindre *
* en traction modelisé en axisymétrique *
* sigu constante ou évolution constante *
* *
*-----*
* *
* opti echo 1 ;
* paramètres pour calculer la contrainte de Weibull *
m = 22. ; v0 = 0.000125 ; ic = 1. ; n = 2. ;
*sigu = cste ;
sigul = 2530. ;
*sigu = evol_cste ;
ltel = prog -1000. 1000. ; lsigu = prog 2530. 2530. ;
sigu2 = evol manu 'temper' ltel 'sigu' lsigu ;
*
*
* MODELE AXISYMETRIQUE
*
*****
*
* Maillage
*
opti elem qua8 dime 2 mode axis ;
*
* densites utilisees
l1 = 0.25 ; d1 = 50e-3 ; d2 = 120e-3 ; d11 = d1/10. ;
*
* coordonnees des points
po = 0. 0. ; pb = 11 0. ; pc = 0. d1 ; pd = 0. 11 ;
pa = d1 0. ;
*
* definition des lignes
ligoa = droi po pa 1 ;
ligab = droi pa pb 'DINI' 0.08 'DFIN' 0.12 ;
ligob = ligoa et ligab ;
surf1 = ligob tran 1 pc ;
*
lig1 = cote 3 surf1 ;
*
* création de la surface
surf3 = lig1 tran 'DINI' 0.08 'DFIN' 0.12 (0. (11-d1)) ;
surf2 = surf1 et surf3 ;
*
* extraction des lignes
lib = cote 1 surf2 ;
lic = cote 3 surf2 ;
*
elim surf2 1e-3 ;
*
*****
* création du modèle
*****
modl = mode surf2 mecanique elastique plastique ;
*
* définition du matériau
*****
*
* courbe de traction
peps = prog 0. 0.0026 0.0027 0.0030 0.0035 0.0045 0.0065 0.0085 ;
0.0105 0.0125 0.0176 0.0227 0.0329 ;
psig = prog 0. 503. 503. 503. 503. 503. 503. 503. 516. 538. ;
557. 594. ;
tracevt = evol manu 'eps' peps 'sig' psig ;
*
mat1 = mate modl youn (503./0.0026) nu 0.3 tract tracevt ;
alpha 1.e-5 ;
*
* rigidité
*****
cdl0 = bloq uz lib ;
cdl2 = bloq uz lic ;
depl = depi cdl2 4e-3 ;
forcevt = evol manu abs (prog 0. 1.) ord (prog 0. 1.) ;
char1 = char 'DIMP' depl forcevt ;
*
*
tabtps = table ;
tabtps. 0 = 0. ;
tabtps. 1 = 1. ;
```

```
tabT = table ;
tabT. 0 = manu 'CHPO' surf2 1 'T' 100. ;
tabT. 1 = manu 'CHPO' surf2 1 'T' -100. ;

char2 = CHAR 'T' tabtps tabT ;

*****
* definition de la table d'entree
*****
tabl = table ;
tabl.caracteristiques = mat1 ;
tabl.modele = modl ;
tabl.blocages_mecaniques = cdl0 et cdl2 ;
tabl.chargement = char1 et char2 ;
tabl.temps_calcules = (prog 0. pas 0.5 1.) ;
tabl.alpha_reference = 20. ;
*
*
* procedure de calcul
*****
IMASAU=table;
tabl . 'MES_SAUVEGARDES' = IMASAU;
IMASAU . 'DEFTO' = VRAI;
IMASAU . 'DEFIN' = VRAI;
pasapas tabl ;
*
*****
* Calcul de la contrainte de Weibull axi
*****
*sigu est une constante
*
* zone du critere
surfcrit = elem surf2 1 ;
zonal = redu modl surfcrit;
*
enttab1 = table ;
enttab1.'XMULT' = 2. ;
enttab1.'OBJMO' = zonal ;
enttab1.'WEIBULL' = vrai ;
enttab1.'TNONL' = tabl ;
enttab1.'M' = m ; enttab1.'V0' = v0 ; enttab1.'SIGU' = sigul ;
enttab1.'IC' = ic ; enttab1.'N' = n ;
enttab1.'TEMPER' = 0 ;
*
sortab1 = critloc enttab1;
*
sigw1 = (sortab1.'SIGW').1. ;
*
*****
* Calcul de la contrainte de Weibull axi
*****
*sigu est une evolution constante
*
* zone du critere
surfcrit = elem surf2 1 ;
zonal = redu modl surfcrit;
*
enttab2 = table ;
enttab2.'XMULT' = 2. ;
enttab2.'OBJMO' = zonal ;
enttab2.'WEIBULL' = vrai ;
enttab2.'TNONL' = tabl ;
enttab2.'M' = m ; enttab2.'V0' = v0 ; enttab2.'SIGU' = sigu2 ;
enttab2.'IC' = ic ; enttab2.'N' = n ;
enttab2.'TEMPER' = 1 ;
enttab2.'TEREF' = 150. ;
*
sortab2 = critloc enttab2;
*
sigw2 = (sortab2.'SIGW').1. ;
*
* Test d'erreur
*****
ecart = ( abs(sigw1-sigw2) ) / sigw1 ;
mess 'ecart relatif : ' (ecart*100.) '%' ;
si (ecart < 0.1 ) ;
erre 0 ;
sinon ;
erre 5 ;
fin ;
*
*
*
fin ;
```

5.6.17 rupt17.dgibi

Nom du fichier	rupt17.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	
Description	Calcul de l'intégrale J avec la procédure G_THETA en thermoplasticité pour fissure proche (ou sur) interface liaison bimétallique.
Objectif	Les valeurs de J au dernier pas de temps doivent rester comprises entre 70 et 80 quel que soit le nombre de couches utilise pour le calcul.
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 71 : Informations sur le cas test rupt17.dgibi

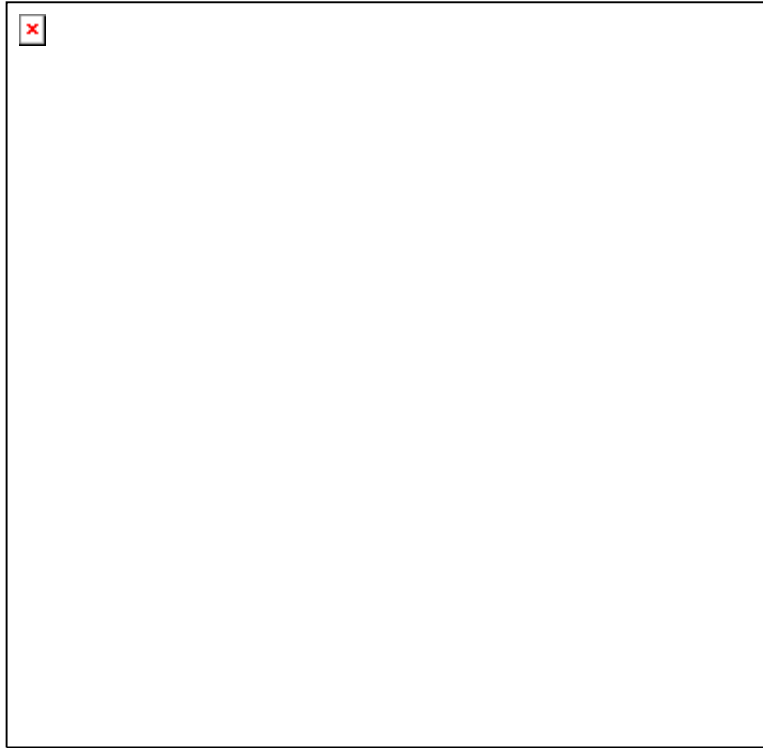


Figure 129 : Maillage du cas-test rupt17.dgibi

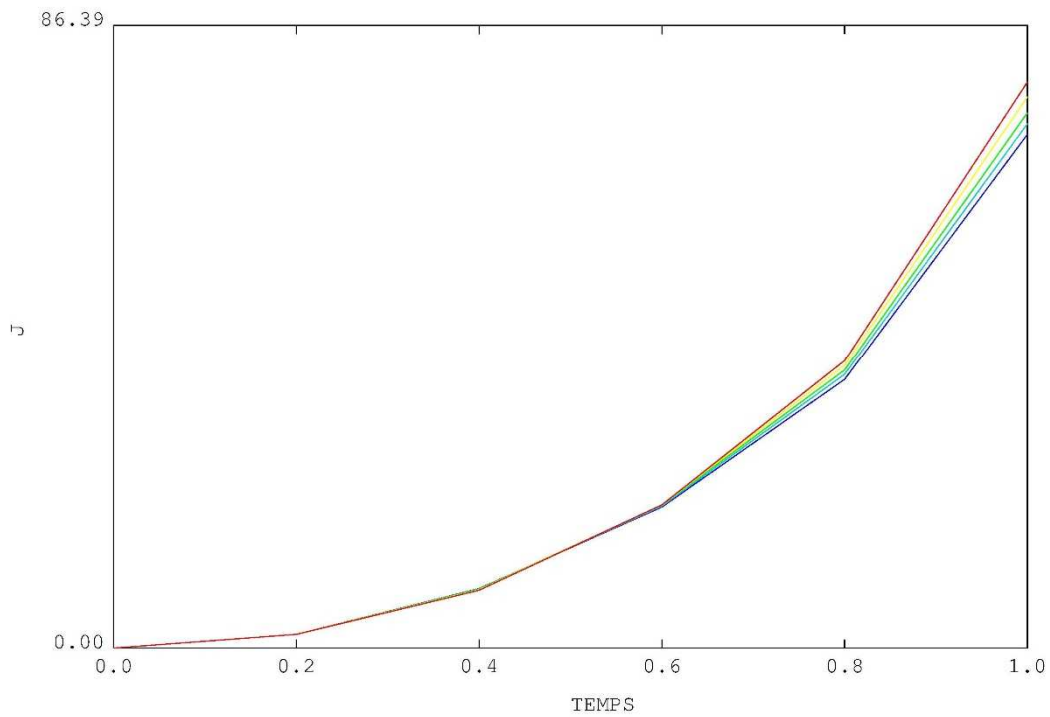


Figure 130 : Evolution de J en fonction du temps

Jeu de données :

```
* fichier : rupt17.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*
* rupt17.dgibi
*
* CAS TEST SUR LE CALCUL DE J EN THERMOPLASTICITE
* POUR FISSURE PROCHE (ou SUR) INTERFACE LIAISON BIMETALLIQUE
*
* CREATION : BP, 11 Aout 2011
* MODIFS :
*
* REM : - la presence de decharges induit une legere dependance au
contour
* - fissure parallele a l'interface => pas besoin du
'MODELES_COMPOSITES'
*****
*****
*** Options de calcul et de tracés
OPTI DIME 2 ELEM QUA8 MODE plan defo ;
*deformation lineaire
OPTI 'EPSI' 'LINEAIRE';
*calcul elastique?
* calel = vrai ;
calel = faux ;
* Complet => modif de la finesse du maillage + du pas de chargement
COMPLET = faux;
* COMPLET = vrai;
* options de tracé
GRAPH = vrai;
opti 'TRAC' 'PSC' 'EPT' 5;
*****
*** Géométrie
dxelim = 1e-6 ;
h = 100. ;
W = 100. ;
hint = 50. ;
hfis = 34. ;
* hfis = 50. ;
* avec hfis = 50., on a la fissure dans l'interface (à tester + tard)
asW = 0.5 ;
*****
*** Données matériau
*--- Données de l'acier inox 304L (20 et 350°C)
lT11 = prog 20. 350. ;
lE1 = prog 197. 172. ;
evE1 = evol manu 'T' lT11 'YOUN' (lE1*1e3) ;
*
lep201 = prog 0. 0.0006935 0.00104 0.00140
0.00198 0.00305 0.00511 0.00716 0.0112 0.0163 0.0315
0.0516 0.1020 0.152 0.303 0.503 1.004 5.006 ;
lsi201 = prog 0. 136.6 165.6 178.0 192.5 207.0
219.4 227.7 240.1 254.6 287.7 323.2 391.8 456.2 545.3
630.4 767.5 1212.0 ;
ta201 = evol manu lep201 lsi201 ;
*
le3501 = prog 0. 0.0006347 0.00087 0.00119
0.00171 0.00274 0.00478 0.00682 0.0109 0.0159 0.0311
0.0513 0.1017 0.152 0.303 0.503 1.004 5.006 ;
ls3501 = prog 0. 109.2 115.6 118.1 121.9 127.0
134.6 141.0 151.1 161.3 189.2 221.8 290.5 354.8 443.9
529.0 666.1 1110.6 ;
ta3501 = evol manu le3501 ls3501 ;
*
CTrac1 = NUAGE 'COMP' 'T' 20. 350.
'COMP' 'TRAC' ta201 ta3501 ;
*--- Données des aciers 16 et 18MND5 (20 - 350°C)
lT12 = prog 20. 350. ;
lE2 = prog 204. 180. ;
evE2 = evol manu 'T' lT12 'YOUN' (lE2*1e3) ;
* dans le cas COMPLET pb avec la pente de lsi202
* lep202 = prog 0. 0.001691 0.001891 0.00219 0.00269
0.00369 0.00569 0.00769 0.00969 0.0117 0.0168 0.0219
0.0320 0.0421 0.0522 0.0623 0.0723 0.0823 0.0924
0.102 0.303 1.00 5.00 ;
* lsi202 = prog 0. 345 345 345 345 345 345 345 355.4
372.6 386.4 410.6 434.2 448.1 461.2 470.8 477.7
484.6 491.6 570.9 671.5 834.2 ;
* lep202 = prog 0. 0.001691 0.00969 0.0117 0.0168 0.0219
0.0320 0.0421 0.0522 0.0623 0.0723 0.0823 0.0924
```

```
* 0.102 0.303 1.00 5.00 ;
* lsi202 = prog 0. 345 346 355.4
* 372.6 386.4 410.6 434.2 448.1 461.2 470.8 477.7
* 484.6 491.6 570.9 671.5 834.2 ;
lep202 = prog 0. (0.300/204.) 0.002 0.0025 0.008 0.0117
0.0168 0.0219
0.0320 0.0421 0.0522 0.0623 0.0723 0.0823 0.0924
0.102 0.303 1.00 5.00 ;
lsi202 = prog 0. 300. 320. 330. 345. 355.4
372.6 386.4 410.6 434.2 448.1 461.2 470.8 477.7
484.6 491.6 570.9 671.5 834.2 ;
ta202 = evol manu lep202 lsi202 ;
*
le3502 = prog 0. 0.001423 0.001679 0.00206 0.0026
0.00366 0.00573 0.00778 0.00983 0.0119 0.0169 0.0220
0.0321 0.0422 0.0523 0.0623 0.0724 0.0824 0.0925
0.102 0.303 1.00 5.00 ;
ls3502 = prog 0. 256.2 266.1 281.0 290.0 299.0 310.9
319.9 328.9 334.9 349.8 364.8 385.7 400.2 412.3 422.9
429.0 435.0 441.0 447.0 509.0 586.7 709.3 ;
ta3502 = evol manu le3502 ls3502 ;
*
CTrac2 = NUAGE 'COMP' 'T' 20. 350.
'COMP' 'TRAC' ta202 ta3502 ;
si(GRAPH);
dess ((coul ta201 bleu) et (ta3501 coul rouge)
et (coul ta202 turg) et (ta3502 coul rose));
dess ((coul ta201 bleu) et (ta3501 coul rouge)
et (coul ta202 turg) et (ta3502 coul rose))
'XBOR' 0. 0.02;
fins;
*****
*** Maillage
si(COMPLET); nW = 50 ;
sino; nW = 24;
fins;
nhF = enti (nW * (h - hint) / h) ;
P1 = 0. (-0.5 * h) ;
P2 = W (-0.5 * h) ;
l1 = P1 d nW p2 ;
si (hfis ega hint) ;
nhA = enti (nW * hint / h) ;
SA = l1 tran nhA (0. hint) ;
l2 = l1 plus (0. hint) ;
SF = l2 tran nhF (0. (h - hint)) ;
pfis = l2 point proc ((asW * W) (hint - (0.5 * h))) ;
p3 = l2 point proc (W (hint - (0.5 * h))) ;
l1ig = l2 elem comp pfis p3 ;
elim dxelim (l1ig et SA) ;
l3 = l1 plus (0. h) ;
elim dxelim (SF et l3) ;
levF = diff l2 l1ig ;
levA = levF plus (0. 0.) ;
elim dxelim (SA et levA) ;
sino;
nhA = enti (nW * hfis / h) ;
SA1 = l1 tran nhA (0. hfis) ;
l2 = l1 plus (0. hfis) ;
SA2 = l2 tran (nhF - nhA) (0. (hint - hfis)) ;
l4 = l1 plus (0. hint) ;
SF = l4 tran nhF (0. (h - hint)) ;
pfis = l2 point proc ((asW * W) (hint - (0.5 * h))) ;
p3 = l2 point proc (W (hint - (0.5 * h))) ;
l1ig = l2 elem comp pfis p3 ;
elim dxelim (l1ig et SA1) ;
l3 = l1 plus (0. h) ;
elim dxelim (SF et l3) ;
levF = diff l2 l1ig ;
levA = levF plus (0. 0.) ;
elim dxelim (SA1 et levA) ;
elim dxelim (SA2 et SF) ;
SA = SA1 et SA2 ;
finsi ;
plaq = (SA coul bleu) et (SF coul rouge) ;
si(GRAPH);trac plaq ;fins;
*****
*** MODELE MECANIQUE
*--- Modèle elastique ou elasto plastique ?
si calel ;
mo316 = MODELE sa MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE ;
mo508 = MODELE sf MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE ;
ma316 = materiau mo316 young evE1 nu 0.3 alph 1E-5 ;
ma508 = materiau mo508 young evE2 nu 0.3 alph 1E-5 ;
sino;
mo316 = MODELE sa MECANIQUE ELASTIQUE plastique ;
mo508 = MODELE sf MECANIQUE ELASTIQUE plastique ;
```

```

ma316 = materiau mo316 young evE1 nu 0.3 alph 1E-5 trac CTrac1 ;
ma508 = materiau mo508 young evE2 nu 0.3 alph 1E-5 trac CTrac2 ;
finsi ;
mo = mo316 et mo508 ;
ma = ma316 et ma508 ;

* ----- CONDITIONS LIMITEES
cd1 = bloq l1 UY ;
cd2 = RELA ENSE UY l3 ;
cd3 = bloq pfis UX ;
cdl = cd1 et cd2 et cd3 ;

*----- Chargement
lx1 = prog 0. 1. ;
ly1 = prog 0. 1. ;
ev1 = evol manu lx1 ly1 ;
PRES1 = PRES MASS mo (-100.) l3 ;
*PRES1 = PRES MASS mo dxelim l3 ;
CHAP = CHAR MECA PRES1 ev1 ;

* ----- Définition de la temperature
Ti = 20. ; Tf = 350. ;
cht1 = manu chpo plaq 1 'T' Ti ;
chx = plaq coor 1 ;
cht2 = cht1 - (nomo 'T' (chx / W * (Ti - Tf))) ;
TT1 = table ; TT1 . 0 = 0. ; TT1 . 1 = 1. ;
TT2 = table ; TT2 . 0 = cht1 ; TT2 . 1 = cht2 ;
CHAT = CHAR 'T' TT1 TT2 ;

* si (COMPLET); tcha = prog 0. 0.1 pas 0.05 1. ;
si (COMPLET); tcha = prog 0. pas 0.05 1. ;
sino; tcha = prog 0. pas 0.20 1. ;
fins;

*****
*** PROCEDURE PAS A PAS

TAB2 = TABLE;
TAB2.'MODELE' = mo ;
TAB2.'CARACTERISTIQUES' = ma ;
TAB2.'BLOCAGES_MECAIQUES' = cdl ;
TAB2.'CHARGEMENT' = CHAP et CHAT ;
TAB2.'TEMPS_CALCULES' = tcha ;

PASAPAS TAB2 ;

si(GRAPH);

ii = (dime tcha) - 1 ;
def = defo tab2.deplacements.ii plaq ;
trac cht2 def 'TIIR' 'T et deformee finale';

si (non calel);
var2 = TAB2 . 'VARIABLES_INTERNES' . ii;
var2prg = (prog 0.) et (exp ((prog -3. PAS 0.1 -1.) * (log 10.)));
trac var2 mo def var2prg 'TIIR' 'variables_internes finales';
fins;

fins;

*****
*** CALCUL DU TAUX DE RESTITUTION D'ENERGIE

*--- boucle sur les contours lnc -----
si(COMPLET);
lnc = lect 1 2 3 5 7 8 9 11 ;
lcoul = mots VIOL BLEU TURQ VERT OLIV JAUN ORAN ROUG;
sino;
lnc = lect 1 2 3 5 7 ;
lcoul = mots BLEU TURQ VERT JAUN ROUG;
fins;
nlc = dime lnc ; i = 0 ;
tath = table ;
LJM = prog ;
tath.0 = tcha ;

repete blocl nlc ;
i = i + 1 ;

```

```

nco = extr lnc i;

SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = 'J';
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = levF ;
SUPTAB.'LEVRE_INFERIEURE' = levA;
SUPTAB.'COUCHE' = nco ;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = pfis ;
SUPTAB.'SOLUTION_PASAPAS' = TAB2;
G_THETA SUPTAB ;

dess suptab.EVOLUTION_RESULTATS
'TIIR' (chai i 'couche' nco'(G_THETA));

moco11 = extr lcoul i;
si(ega i 1);
evotot = coul suptab.EVOLUTION_RESULTATS moco11;
sino;
evotot = evotot et (coul suptab.EVOLUTION_RESULTATS moco11);
fins;

tath.i = extr (suptab.EVOLUTION_RESULTATS) ordo ;
Jmaxi = extr tath.i (dime tath.i);
LJM = LJM et Jmaxi ;

fin blocl ;
*--- fin de boucle sur les contours lnc -----

lel = W / nW ;
evJ = evol 'BLEU' manu 'dimcouche' (lel*lnc) 'J' LJM ;
dess (evJ) 'TIIR' (chai 'stabilite de J');

ybor0 = 0.;
ybor1 = maxi (extr evJ 'ORDO');
ybor1 = (1.1 * ybor1);
tdess1 = tabl;
tdess1 . 1 = mot 'MARQ PLUS';
dess evJ 'YBOR' ybor0 ybor1 tdess1
'TIIR' (chai 'stabilite de J');

dess evotot 'YBOR' ybor0 ybor1 'TIIR' (chai 'evolution de J');

* opti donn 5 trac X ;

*****
*** TEST DE BON FONCTIONNEMENT

* valeurs testees
Jmax1 = maxi LJM; Jmin1 = mini LJM;
mess 'Jmax1 Jmin1=' Jmax1 Jmin1;

* bornes de references (au 11 aout 2011)
si(COMPLET); Jmax0 = 75.; Jmin0 = 65.;
sino; Jmax0 = 80.; Jmin0 = 70.;
fins;

*test
SI ((Jmax1 < Jmax0) et (Jmin1 > Jmin0));
ERRE 0;
SINON;
ERRE 5;
FINSI;

FIN ;

```

5.6.18 rupt18.dgibi

Nom du fichier	rupt18.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA4
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.5% - Erreur relative J Pression < 0.5% - Erreur relative J Thermique < 0.2%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 72 : Informations sur le cas test rupt18.dgibi

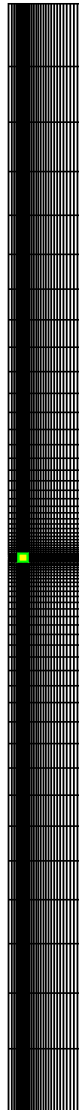


Figure 131 : Maillage du cas-test rupt18.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt18.dgibi
opti epsi lineaire ;
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*****
*
*      Test rupt18.dgibi: Jeux de données
*
*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 2 avec des elements QUA4 sur un maillage complet
*non symetrique

opti dime 2 elem qua4 mode axis echo 0 ;

* igl : mettre a vrai pour activer traces
igl      = faux ;

*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t/5 ;
ri = t*5;
re = ri+t;

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. ;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
n_fiss = 10 ;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
t_el = 200e-6 ; t_el2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
tt_el2 = 4.*t_el2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = n_fiss * t_el ; lc2 = t_el2 * n_fiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*=====
*+++++
*
*      DEBUT DU MAILLAGE
*
*+++++
*=====
*****
*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1) ;
pfl = pf plus (0. lc1) ;
plchg = pfl moins (lc1 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0.) ;

dlch = droi (2*n_fiss) plchg plchd;
dlcg = droi (n_fiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (n_fiss) plcbd plchd ;
dlcbg = droi (n_fiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (n_fiss) pf plcbd ;

cout1 = regl n_fiss dlch (dlcbg et dlcbd) ;
cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

p2cbd = pf plus (lc2 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2) ;
pf2 = pf plus (0. lc2) ;
p2chg = pf2 moins (lc2 0.) ;
```

```
p2cbg = pf moins (lc2 0.) ;

d2ch = droi (2*n_fiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (n_fiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (n_fiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl n_fiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****
*------( DERAFA A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. tt_el2) ;
pid2 = pid1 plus (0. t_el2) ;
pid3 = pid2 plus (0. t_el2) ;
pid4 = pid3 plus (0. t_el2) ;
pid5 = pid4 plus (0. t_el2) ;
pid6 = pid2 moins (t_el2 0.) ;
pid7 = pid3 moins (t_el2 0.) ;
pid8 = pid4 moins (t_el2 0.) ;
pid9 = pid1 moins (tt_el2 0.) ;
pid10 = pid3 moins (tt_el2 0.) ;
pid11 = pid5 moins (tt_el2 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*------( DERAFA A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. t_el2) ;
pad3 = pad2 plus (0. t_el2) ;
pad4 = pad3 plus (0. t_el2) ;
pad5 = pad2 moins (t_el2 0.) ;
pad6 = pad3 moins (t_el2 0.) ;
pad7 = pad1 moins (tt_el2 0.) ;
pad8 = pad4 moins (tt_el2 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*i0*t_el2) ) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lc1 lc1);
p_diago = p2chg moins (lc1 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1);

d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagog;

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagog ;
elim sihd 1.e-5 ;

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*----- PARTIE COIN -----
```

```

dg = droi 1 pid11 p2chg;
dcg = dg tran 1 (0. tt_el2);
dcd = dcg syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

cout_tot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd cout_tot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 cout_tot) 0.;
pt2 = (mini (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partg ;
p_ri = ri 0.;
pg = d_partg tran
(((coor 1 p_ri)-(mini(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 cout_tot) 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partd = cout_tot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
d_partd = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partd ;
p_re = re 0.;
pd = d_partd tran
(((coor 1 p_re)-(maxi(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bas_cout = pg et pd et cout_tot ; elim bas_cout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
p6 = (maxi (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
pt_parth = bas_cout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
d_partd = (cont bas_cout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = d_partd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bas_cout))))
dini 1.6e-3 dfin t ;

*Structure haute
*-----

stru_hau = ph et bas_cout ; elim stru_hau 1.e-5 ;

*Structure basse
*-----
p7 = (mini (coor 1 bas_cout)) (mini (coor 2 bas_cout));
p8 = (maxi (coor 1 bas_cout)) (mini (coor 2 bas_cout));

stru_bas = stru_hau syme droit pf p8;
elim stru_bas 1.e-5;

pa = stru_hau poin proc (ri 0.);
pb = stru_hau poin proc (re 0.);
pad = stru_bas poin proc (ri 0.);

lig1 = (cont stru_hau) elem compris plcbd pb;

*Structure totale
*****
s0 = stru_bas et stru_hau; elim stru_bas (dlcbd et lig1) 1.e-5;
*****

*DEFINITION DES LEVRES
lvsup = (cont stru_hau) elem compris pa pf ;
pff = (cont stru_bas) POINT PROC pf;
lvinf = (cont stru_bas) elem compris pad pff;
lvinf = INVE lvinf;
*lvsup = lvsup coul roug ; lvinf = lvinf coul bleu;

*Definition des bords
*bord haut
l_hau = cote 3 ph;

*bord gauche
p_gau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)))
(ri (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_gau = (cont s0) elem appuye strictement p_gau ;

*bord droit
p_droi = s0 poin droit (re (mini (coor 2 s0)))
(re (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_droi = (cont s0) elem appuye strictement p_droi ;

*bord bas
p_bas = s0 poin droi (ri (mini(coor 2 s0)))
(re (mini(coor 2 s0))) 1.e-5;
l_bas = (cont s0) elem appuye strictement p_bas ;

si ig1 ;

```

```

trac S0 titr ' Maillage ' ;
fins ;

*****
*****
*+++++
*
* FIN DU MAILLAGE
*****
*+++++

*-----
*
* PARTIE CALCULS
*****
*+++++

* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode s0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uz l_bas ;
c12 = rela ense uz l_hau ;
c10 = c11 et c12;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE l_hau 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE lvsup ET lvinf 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((s0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chr);

*****
* SOLUTIONS ANALYTIQUES
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposées pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0)+ (i1*sig1*(a/t)))*(pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;
sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE' = lvinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelTI = tabJel.resultats ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;

```

```

tabJel . 'SOLUTION_RESO'          = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE'                 = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES'      = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES'          = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'         = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats ;

*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul RESO + G_THETA
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINIES') evph ;
evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINIES') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                      (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = cl0 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS'      = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF'              = MOT 'J' ;

```

```

tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE'      = lvsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE'     = lvinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'        = pf ;
tabJel . 'COUCHE'               = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats.1 ;
JelP2 = tabJel.resultats.2 ;
JelTH2 = tabJel.resultats.3 ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique      : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)     : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.2) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.19 rupt19.dgibi

Nom du fichier	rupt19.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.3% - Erreur relative J Pression < 0.3% - Erreur relative J Thermique < 0.4%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 73 : Informations sur le cas test rupt19.dgibi

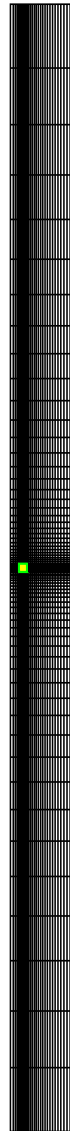


Figure 132 : Maillage du cas-test rupt19.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : rupt19.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt19.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 2 avec des elements QUA8 sur un maillage complet
*non symetrique

opti dime 2 elem qua8 mode axis echo 0 ;

* igl : mettre a vrai pour activer traces
igl      = faux ;

*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t/5 ;
ri = t*5;
re = ri+t;

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. ;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
n_fiss = 10 ;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
t_el = 200e-6 ; t_el2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
tt_el2 = 4.*t_el2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = n_fiss * t_el ; lc2 = t_el2 * n_fiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*=====
*+++++
*          DEBUT DU MAILLAGE
*=====
*+++++

*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1) ;
pf1 = pf plus (0. lc1) ;
plchg = pf1 moins (lc1 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0.) ;

dlch = droi (2*n_fiss) plchg plchd;
dlcg = droi (n_fiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (n_fiss) plcbd plchd ;
dlcbg = droi (n_fiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (n_fiss) pf plcbd ;

cout1 = regl n_fiss dlch (dlcbg et dlcbd) ;
cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

p2cbd = pf plus (lc2 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2) ;
pf2 = pf plus (0. lc2) ;

```

```

p2chg = pf2 moins (lc2 0.) ;
p2cbg = pf moins (lc2 0.) ;

d2ch = droi (2*n_fiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (n_fiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (n_fiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl n_fiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*------( DERAF A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. tt_el2) ;
pid2 = pid1 plus (0. t_el2) ;
pid3 = pid2 plus (0. t_el2) ;
pid4 = pid3 plus (0. t_el2) ;
pid5 = pid4 plus (0. t_el2) ;
pid6 = pid2 moins (t_el2 0.) ;
pid7 = pid3 moins (t_el2 0.) ;
pid8 = pid4 moins (t_el2 0.) ;
pid9 = pid1 moins (tt_el2 0.) ;
pid10 = pid3 moins (tt_el2 0.) ;
pid11 = pid5 moins (tt_el2 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*------( DERAF A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. t_el2) ;
pad3 = pad2 plus (0. t_el2) ;
pad4 = pad3 plus (0. t_el2) ;
pad5 = pad2 moins (t_el2 0.) ;
pad6 = pad3 moins (t_el2 0.) ;
pad7 = pad1 moins (tt_el2 0.) ;
pad8 = pad4 moins (tt_el2 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*t_el2) ) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lc1 lc1);
p_diago = p2chg moins (lc1 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1);

d_diagod = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagod ;
elim sihd 1.e-5 ;

```

```

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*----- PARTIE COIN -----

dg = droi l pidl1 p2chg;
dcg = dg tran l (0. tt_el2);
dod = dcg syne droi ((coor l pf) 0.) ((coor l pf) lc2) ;
sic = dod et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

cout_tot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd cout_tot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor l cout_tot) 0.;
pt2 = (mini (coor l cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partg ;
p_ri = ri 0.;
pg = d_partg tran
(((coor l p_ri)-(mini(coor l cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor l cout_tot) 0.;
pt4 = (maxi (coor l cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partd = cout_tot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
d_partd = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partd ;
p_re = re 0.;
pd = d_partd tran
(((coor l p_re)-(maxi(coor l cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bas_cout = pg et pd et cout_tot ; elim bas_cout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor l bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
p6 = (maxi (coor l bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
pt_parth = bas_cout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
d_partd = (cont bas_cout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = d_partd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bas_cout))))
dini 1.6e-3 dfin t ;

*Structure haute
*-----
stru_hau = ph et bas_cout ; elim stru_hau 1.e-5 ;

*Structure basse
*-----
p7 = (mini (coor l bas_cout)) (mini (coor 2 bas_cout));
p8 = (maxi (coor l bas_cout)) (mini (coor 2 bas_cout));

stru_bas = stru_hau syne droit pf p8;
elim stru_bas 1.e-5;

pa = stru_hau poin proc (ri 0.);
pb = stru_hau poin proc (re 0.);
pad = stru_bas poin proc (ri 0.);

lig1 = (cont stru_hau) elem compris plcbd pb;

*Structure totale
*****
s0 = stru_bas et stru_hau; elim stru_bas (dlcbd et lig1) 1.e-5;
*****

*DEFINITION DES LEVRES
lvsup = (cont stru_hau) elem compris pa pf ;
pff = (cont stru_bas) POINT PROC pf;
lvinf = (cont stru_bas) elem compris pad pff;
lvinf = INVE lvinf;
*lvsup = lvsup coul roug ; lvinf = lvinf coul bleu;

*Definition des bords
*bord haut
l_hau = cote 3 ph;

*bord gauche
p_gau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)))
(ri (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_gau = (cont s0) elem appuye strictement p_gau ;

*bord droit
p_droi = s0 poin droit (re (mini (coor 2 s0)))
(re (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_droi = (cont s0) elem appuye strictement p_droi ;

*bord bas
p_bas = s0 poin droi (ri (mini(coor 2 s0)))
(re (mini(coor 2 s0))) 1.e-5;
l_bas = (cont s0) elem appuye strictement p_bas ;

```

```

si igl ;
trac s0 titr ' Maillage ' ;
fins ;

*=====
*****
*+++++ FIN DU MAILLAGE
*+++++
*=====
*****
*+++++ PARTIE CALCULS
*+++++
*=====
*****
* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode s0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uz l_bas ;
c12 = rela ense uz l_hau ;
c10 = c11 et c12;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE l_hau 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE (lvsup ET lvinf) 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((s0 coor l) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chr);

*****
* SOLUTIONS ANALYTIQUES
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposées pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0)+ (i1*sig1*(a/t)))*(pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;
sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECAIQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE' = lvinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestP ;

```

```

g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE' = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES' = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats ;

*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul RESO + G_THETA
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINTE') evph ;
evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINTE') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                    (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = cl0 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;

```

```

tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE' = lvinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats.1 ;
JelP2 = tabJel.resultats.2 ;
JelTH2 = tabJel.resultats.3 ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO) : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en % : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en % : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.4) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.20 rupt20.dgibi

Nom du fichier	rupt20.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CUB8
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.5% - Erreur relative J Pression < 0.5% - Erreur relative J Thermique < 0.2%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 74 : Informations sur le cas test rupt20.dgibi

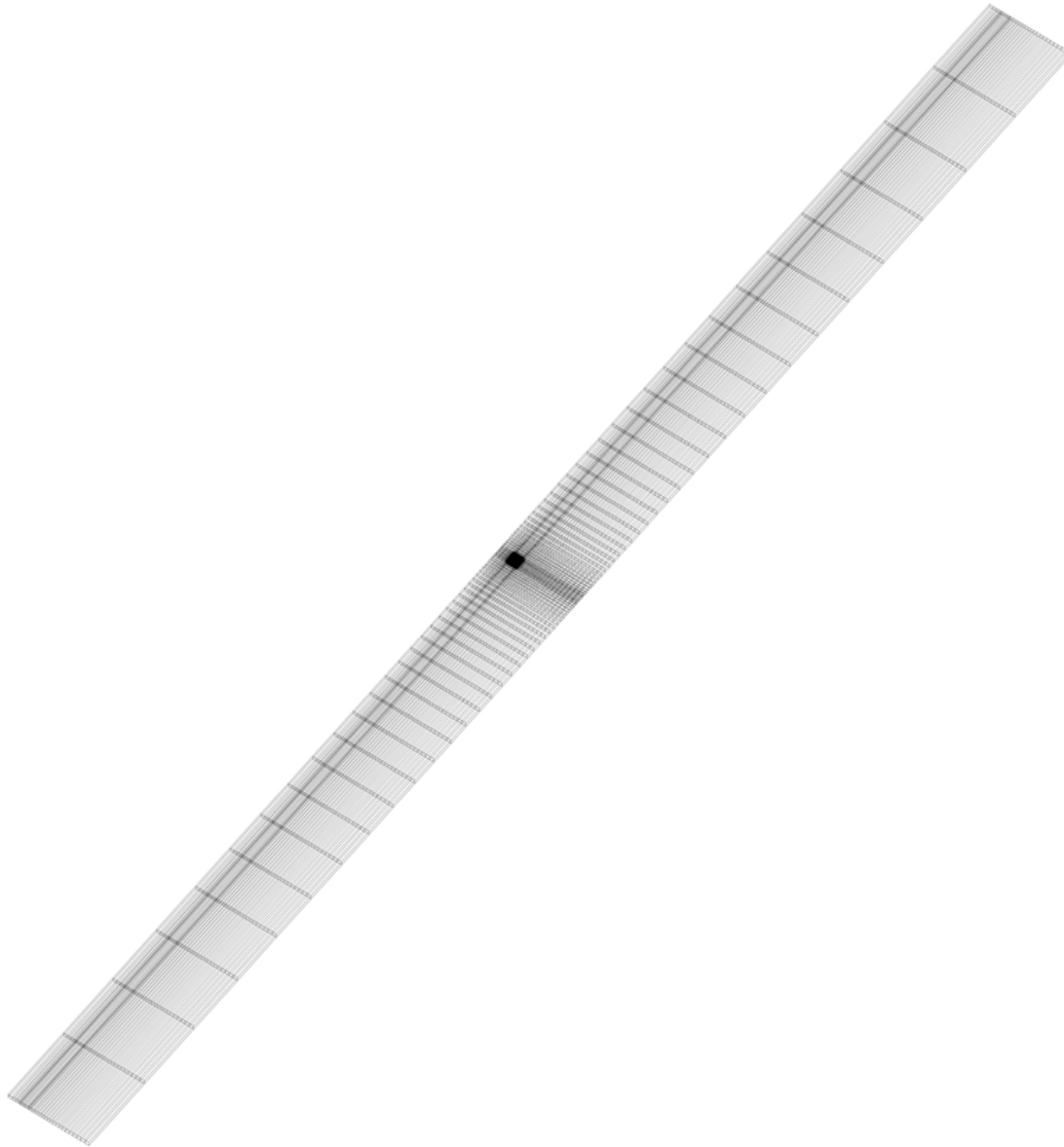


Figure 133 : Maillage du cas-test rupt20.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : rupt20.dgibi
opti epsi lineaire ;
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt20.dgibi: Jeux de données          *
*          -----          *
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 3 avec des elements CUB8 sur un maillage complet
*non symetrique

opti dime 3 elem cub8 echo 0 ;
*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t / 5. ;
ri = t * 5.;
re = ri + t;

*NB D'ELEMENT ET LE DEGREE DE REVOLUTION
nl = 1;
degl = 0.5 ;

*POINTS POUR L'AXE DE REVOLUTION
p0 = (0. 0. 0.);
py = (0. 1. 0.);

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. 0.;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
nfiss = 10;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
tel = 200e-6 ; tel2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
ttel2 = 4.*tel2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lcl = nfiss * tel ; lc2 = tel2 * nfiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*-----
*****
*+++++
*
*          DEBUT DU MAILLAGE
*
*-----
*****
*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****
*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

```

```

p2cbd = pf plus (lc2 0. 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2 0.) ;
pf2 = pf plus (0. lc2 0.) ;
p2chg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;
p2cbg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;

d2ch = droi (2*nfiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (nfiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (nfiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl nfiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
*cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*------( DERAFF A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. ttel2 0.) ;
pid2 = pid1 plus (0. tel2 0.) ;
pid3 = pid2 plus (0. tel2 0.) ;
pid4 = pid3 plus (0. tel2 0.) ;
pid5 = pid4 plus (0. tel2 0.) ;
pid6 = pid2 moins (tel2 0. 0.) ;
pid7 = pid3 moins (tel2 0. 0.) ;
pid8 = pid4 moins (tel2 0. 0.) ;
pid9 = pid1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid10 = pid3 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid11 = pid5 moins (ttel2 0. 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*trac sil;

*------( DERAFF A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0. 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. tel2 0.) ;
pad3 = pad2 plus (0. tel2 0.) ;
pad4 = pad3 plus (0. tel2 0.) ;
pad5 = pad2 moins (tel2 0. 0.) ;
pad6 = pad3 moins (tel2 0. 0.) ;
pad7 = pad1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pad8 = pad4 moins (ttel2 0. 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*i0*tel2) 0.) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*trac sal;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lcl lc1 0.);
p_diago = p2chg moins (lcl 0. 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lcl 0.);

d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

```

```

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagod ;
elim sihd 1.e-5 ;

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*trac sih;

*----- PARTIE COIN -----

dgi = droi 1 pid11 p2chg;
dci = dgi tran 1 (0. ttel2 0.);
dcd = dci syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
sic = dcd et dci; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

couth = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcdbd couth 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 couth) 0. 0.;
pt2 = (mini (coor 1 couth) (maxi (coor 2 couth) 0.);
ptpart = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
dpart = (cont couth) elem appuye strictement ptpart ;
pri = ri 0. 0.;
pg = dpart tran
(((coor 1 pri)-(mini(coor 1 couth))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 couth) 0. 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 couth) (maxi (coor 2 couth) 0.);
ptpartd = couth poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
dpartd = (cont couth) elem appuye strictement ptpartd ;
pre = re 0. 0.;
pd = dpartd tran
(((coor 1 pre)-(maxi(coor 1 couth))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bascout = pg et pd et couth ; elim bascout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bascout) (maxi (coor 2 bascout) 0.);
p6 = (maxi (coor 1 bascout) (maxi (coor 2 bascout) 0.);
ptparth = bascout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
dpartd = (cont bascout) elem appuye strictement ptparth ;
ph = dpartd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bascout))) 0.)
dini 1.6e-3 dfin t;

*Lèvre et Ligament sur partie haute
*-----
struhau = ph et bascout ;
pri = struhau poin proc (ri 0. 0.) ;
pre = struhau poin proc (re 0. 0.) ;
prh = struhau poin proc (re (0.5 * h) 0.) ;
ll1 = struhau poin droit pri pre 1e-7 ;
ll2 = (cont struhau) elem appuye strictement ll1 ;
llvsup = ll2 elem comp pri pf ;
llig = ll2 elem comp pre pf ;

*Structure haute
*-----
vhau = struhau volu nl rota degl p0 py ;
levsup = llvsup rota nl degl p0 py ;
slig = llig rota nl degl p0 py ;
elim (vhau et slig et levsup)1.e-7 ;

*Structure basse
*-----
pri2 = pri plus (0. 0. 1.) ;
vbas = vhau syme plan pri pri2 pre ;
levinf = levsup plus (0. 0. 0.) ;
levinf = INVE levinf ;
elim (vbas et levinf et slig) 1.e-7 ;

*****

*bord haut
zm = maxi (coor 2 vhau) ;
sab5 = POIN vhau PLAN (0. zm 0.) (0. zm 1.)(1. zm 0.) 1e-6;
sursup = ELEM (ENVE vhau) APPU STRIC sab5;
sursup = INVE sursup;

*Surface bas
zm = mini (coor 2 vbas) ;
sab6 = POIN vbas PLAN (0. zm 0.) (0. zm 1.)(1. zm 0.) 1e-6;
surbas = ELEM (ENVE vbas) APPU STRIC sab6;

*Trois points sur la surface f2
zm = mini (vhau coor 3) ;

```

```

PC = vhau poin proc (ri 0. zm) ;
PD = vhau poin proc (re 0. zm) ;
PE = vhau poin proc (ri (h / 2.) zm) ;

*TRAC (VBAS et VHAU);

*-----
*****
***** FIN DU MAILLAGE *****
*****
*****
***** PARTIE CALCULS *****
*****
***** PROPRIETE MATERIAUX A 300°C *****
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

v0 = vbas et vhau;
FRONT = (cont levsup) elem appuye strictement slig ;

mo0 = mode v0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uy surbas ;
c12 = rela ense uy sursup ;
c13 = v0 symt depl pri pre prh 1.e-6 ;
c14 = v0 symt depl PC PD PE 1.e-6 ;
c10 = c11 et c12 et c13 et c14 ;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE sursup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE (levsup ET levinf) 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((v0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chr);

*****
***** SOLUTIONS ANALYTIQUES *****
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposées pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*pOT)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*pOP)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0) + (i1*sig1*(a/t)))*((pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' pOT ;
fOT = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' pOP ;
fOP = BSIG mopl mapl ;

sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
fOTH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) fOT fOP fOTH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;

```



```

tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE'      = levsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE'     = levinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'        = FRONT ;
tabJel . 'COUCHE'               = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE'                = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES'     = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'        = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE'                = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES'     = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES'         = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'        = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats.global ;

*Erreurs sur J entre la solution analytique et le MEF
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINIES') evph ;

evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINIES') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                      (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

```

```

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*ATTENTION, IL FAUT RETIRER LE CHARGEMENT MECA DE PRESSION SUR LES
*LEVRES ET UTILISER LE CHARGEMENT PLEV
*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS'      = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF'              = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE'     = levsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE'     = levinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'        = FRONT ;
tabJel . 'COUCHE'               = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats. 1 . global ;
JelP2 = tabJel.resultats. 2 . global ;
JelTH2 = tabJel.resultats. 3 . global ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique      : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)     : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.2) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.21 rupt21.dgibi

Nom du fichier	rupt21.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CU20
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 1.0% - Erreur relative J Pression < 1.0% - Erreur relative J Thermique < 0.6%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 75 : Informations sur le cas test rupt21.dgibi

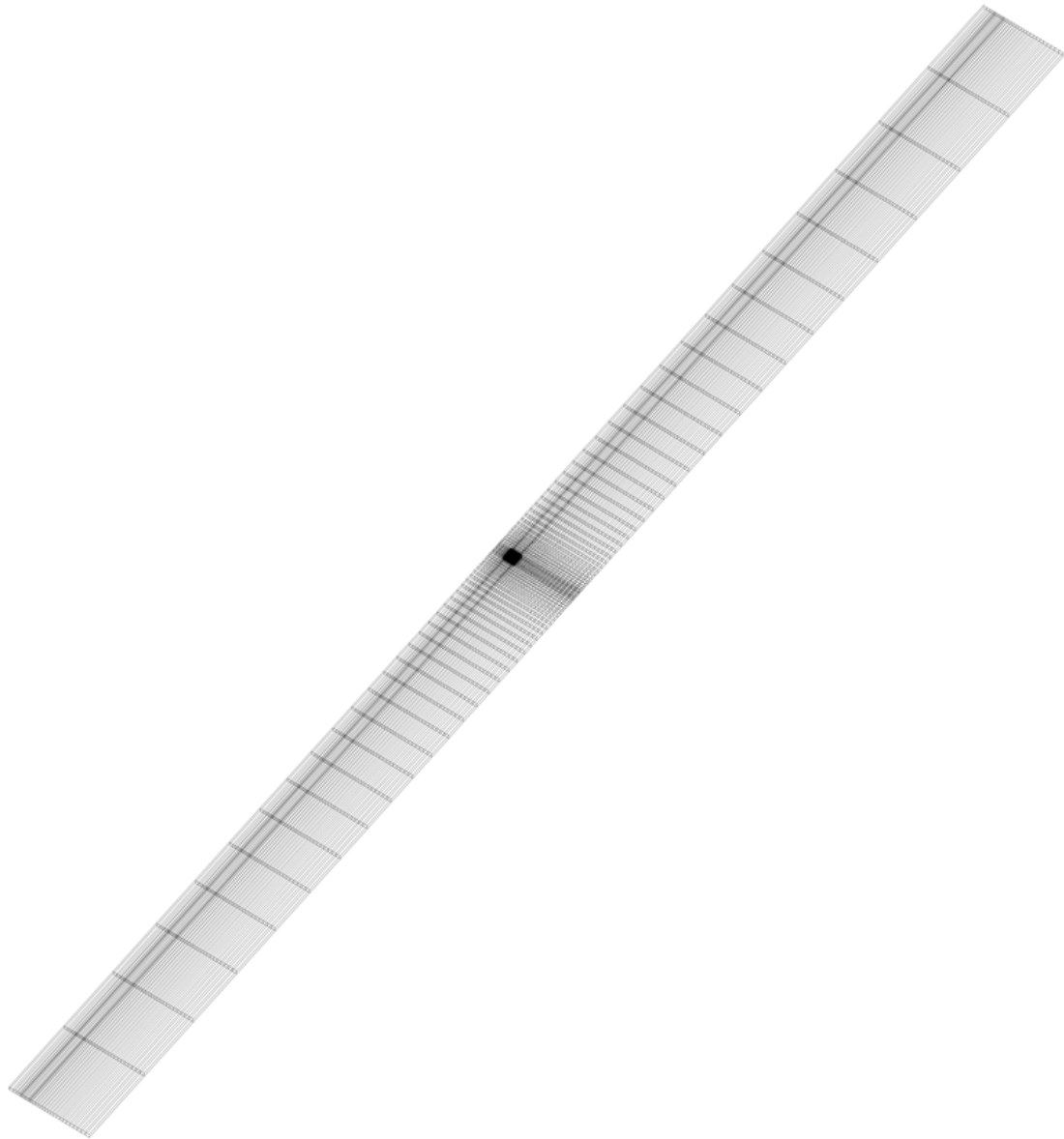


Figure 134 : Maillage du cas-test rupt21.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt21.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt21.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 3 avec des elements CU20 sur un maillage complet
*non symetrique

opti dime 3 elem cu20 echo 0 ;
*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t / 5. ;
ri = t * 5. ;
re = ri + t ;

*NB D'ELEMENT ET LE DEGREE DE REVOLUTION
nl = 1 ;
degl = 0.5 ;

*POINTS POUR L'AXE DE REVOLUTION
p0 = (0. 0. 0.);
py = (0. 1. 0.);

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. 0. ;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
nfiss = 10;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
tel = 200e-6 ; tel2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
ttel2 = 4.*tel2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = nfiss * tel ; lc2 = tel2 * nfiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300. ;

*=====
*+++++
*          DEBUT DU MAILLAGE
*+++++
*=====

*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0. 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1 0.) ;
pf1 = pf plus (0. lc1 0.) ;
plchg = pf1 moins (lc1 0. 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0. 0.) ;

dlch = droi (2*nfiss) plchg plchd ;
dlcg = droi (nfiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (nfiss) plcbd plchd ;
dlcbg = droi (nfiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (nfiss) pf plcbd ;

cout1 = regl nfiss dlch (dlcbg et dlcbd) ;
*cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****
```

```
p2cbd = pf plus (lc2 0. 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2 0.) ;
pf2 = pf plus (0. lc2 0.) ;
p2chg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;
p2cbg = pf moins (lc2 0. 0.) ;

d2ch = droi (2*nfiss) p2chg p2chd ;
d2cg = droi (nfiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (nfiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl nfiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
*cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2 ;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*------( DERAF A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. ttel2 0.) ;
pid2 = pid1 plus (0. tel2 0.) ;
pid3 = pid2 plus (0. tel2 0.) ;
pid4 = pid3 plus (0. tel2 0.) ;
pid5 = pid4 plus (0. tel2 0.) ;
pid6 = pid2 moins (tel2 0. 0.) ;
pid7 = pid3 moins (tel2 0. 0.) ;
pid8 = pid4 moins (tel2 0. 0.) ;
pid9 = pid1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid10 = pid3 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid11 = pid5 moins (ttel2 0. 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*trac sil ;

*------( DERAF A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0. 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. tel2 0.) ;
pad3 = pad2 plus (0. tel2 0.) ;
pad4 = pad3 plus (0. tel2 0.) ;
pad5 = pad2 moins (tel2 0. 0.) ;
pad6 = pad3 moins (tel2 0. 0.) ;
pad7 = pad1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pad8 = pad4 moins (ttel2 0. 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6)) ;
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*i0*tel2) 0.) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*trac sal ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lc1 lc1 0.) ;
p_diago = p2chg moins (lc1 0. 0.) ;
p_diagog = p_diago plus (0. lc1 0.) ;
```

```
d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

sihg = sig syne droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syne droi plchd p_diagog ;
elim sihd 1.e-5 ;

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*trac sih;

*----- PARTIE COIN -----

dg = droi 1 pidl1 p2chg;
dcg = dg tran 1 (0. ttel2 0.);
dcd = dcg syne droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

couttot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd couttot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt2 = (mini (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartg ;
pri = ri 0. 0.;
pg = d_partg tran
(((coor 1 pri)-(mini(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartd = couttot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
dpartd = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartd ;
pre = re 0. 0.;
pd = dpartd tran
(((coor 1 pre)-(maxi(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bascout = pg et pd et couttot ; elim bascout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
p6 = (maxi (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
pt_parth = bascout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
dpartd = (cont bascout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = dpartd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bascout))) 0.)
dini 1.6e-3 dfin t;

*Lèvre et Ligament sur partie haute
*-----
struhau = ph et bascout ;
pri = struhau poin proc (ri 0. 0.) ;
pre = struhau poin proc (re 0. 0.) ;
prh = struhau poin proc (re (0.5 * h) 0.) ;
l11 = struhau poin droit pri pre 1e-7 ;
l12 = (cont struhau) elem appuye strictement l11 ;
llvsup = l12 elem comp pri pf ;
l1ig = l12 elem comp pre pf ;

*Structure haute
*-----
vhau = struhau volu n1 rota degl p0 py ;
levsup = llvsup rota n1 degl p0 py ;
slig = l1ig rota n1 degl p0 py ;
elim (vhau et slig et levsup)1.e-7 ;

*Structure basse
*-----
pri2 = pri plus (0. 0. 1.) ;
vbas = vhau syne plan pri pri2 pre ;
levinf = levsup plus (0. 0. 0.) ;
levinf = INVE levinf ;
elim (vbas et levinf et slig) 1.e-7 ;

*****

*bord haut
zm = maxi (coor 2 vhau) ;
sab5 = POIN vhau PLAN (0. zm 0.) (0. zm 1.)(1. zm 0.) 1e-6;
sursup = ELEM (ENVE vhau) APPU STRIC sab5;
sursup = INVE sursup;

*Surface bas
zm = mini (coor 2 vbas) ;
sab6 = POIN vbas PLAN (0. zm 0.) (0. zm 1.)(1. zm 0.) 1e-6;
surbas = ELEM (ENVE vbas) APPU STRIC sab6;

*Trois points sur la surface f2
```

```
zm = mini (vhau coor 3) ;
PC = vhau poin proc (ri 0. zm) ;
PD = vhau poin proc (re 0. zm) ;
PE = vhau poin proc (ri (h / 2.) zm) ;

*TRAC (VBAS et VHAU);

*=====
*****
*+++++
*
* FIN DU MAILLAGE
*
*=====
*****
*+++++
*
* PARTIE CALCULS
*=====
*****
*+++++
*
* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

v0 = vbas et vhau;
FRONT = (cont levsup) elem appuye strictement slig ;

mo0 = mode v0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uy surbas ;
c12 = rela ense uy sursup ;
c13 = v0 synt depl pri pre prh 1.e-6 ;
c14 = v0 synt depl PC PD PE 1.e-6 ;
c10 = c11 et c12 et c13 et c14 ;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE sursup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE levsup ET levinf 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((v0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chr);

*****
***** SOLUTIONS ANALYTIQUES *****
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposées pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0)+ (i1*sig1*(a/t)))*(pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;

sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = levsup ;
```

```

tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE' = levinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'   = FRONT ;
tabJel . 'COUCHE'         = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE'         = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'  = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE'         = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES'   = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'  = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats.global ;

*Erreurs sur J entre la solution analytique et le MEF
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINTES') evph ;

evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINTES') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                      (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET mopl ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCCAGES_MECANIQUES' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

```

```

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*ATTENTION, IL FAUT RETIRER LE CHARGEMENT MECA DE PRESSION SUR LES
*LEVRES ET UTILISER LE CHARGEMENT PLEV
*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF'         = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = levsup ;
tabJel . 'LEVRE_INFERIEURE' = levinf ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'   = FRONT ;
tabJel . 'COUCHE'         = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats. 1 . global ;
JelP2 = tabJel.resultats. 2 . global ;
JelTH2 = tabJel.resultats. 3 . global ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

```

```

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique' : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)' : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %' : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS)' : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %' : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.4) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.22 rupt22.dgibi

Nom du fichier	rupt22.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA4
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.6% - Erreur relative J Pression < 0.6% - Erreur relative J Thermique < 0.2%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 76 : Informations sur le cas test rupt22.dgibi

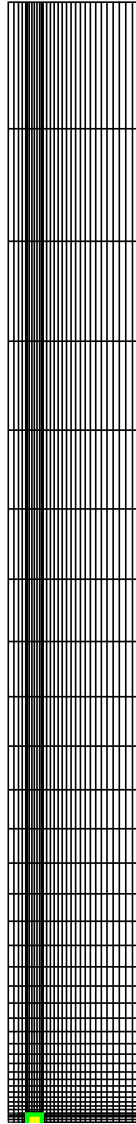


Figure 135 : Maillage du cas-test rupt22.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt22.dgibi
opti epsi lineaire ;
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****
*
*      Test rupt22.dgibi: Jeux de données      *
*      -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST
*
*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique
*
*Calcul en dimension 2 avec des elements QUA4 sur un maillage complet
*symetrique
opti dime 2 elem qua4 mode axis echo 0 ;
*
* igl : mettre a vrai pour activer traces
igl      = faux ;
*
*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *
*
h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t/5 ;
ri = t*5;
re = ri+t;
*
*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. ;
*
*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
n_fiss = 10 ;
*
*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
t_el = 200e-6 ; t_el2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
tt_el2 = 4.*t_el2 ;
*
*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = n_fiss * t_el ; lc2 = t_el2 * n_fiss;
*
*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;
*
*****
*+++++
*
*      DEBUT DU MAILLAGE
*
*****
*+++++
*
*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****
p1cbd = pf plus (lc1 0.) ;
p1chd = pf plus (lc1 lc1) ;
p1 = pf plus (0. lc1) ;
p1chg = p1 moins (lc1 0.) ;
p1cbg = p1 moins (lc1 0.) ;
*
d1ch = droi (2*n_fiss) p1chg p1chd;
d1cg = droi (n_fiss) p1cbg p1chg ;
d1cd = droi (n_fiss) p1cbd p1chd ;
d1cbg = droi (n_fiss) p1cbg pf ;
d1cbd = droi (n_fiss) pf p1cbd ;
*
cout1 = regl n_fiss d1ch (d1cbg et d1cbd) ;
cout1 = coul jaun cout1 ;
*
*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****
p2cbd = pf plus (lc2 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2) ;
pf2 = pf plus (0. lc2) ;
p2chg = pf2 moins (lc2 0.) ;
```

```
p2cbg = pf moins (lc2 0.) ;
d2ch = droi (2*n_fiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (n_fiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (n_fiss) p2cbd p2chd ;
*
cout2 = regl n_fiss (d1cd et d1ch et d1cg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
cout2 = coul vert cout2 ;
*
coutlet2 = cout1 et cout2;
*
*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****
*------( DERAFA A 4 ELEMENT )-----
*
pid1 = p2chg moins (0. tt_el2) ;
pid2 = pid1 plus (0. t_el2) ;
pid3 = pid2 plus (0. t_el2) ;
pid4 = pid3 plus (0. t_el2) ;
pid5 = pid4 plus (0. t_el2) ;
pid6 = pid2 moins (t_el2 0.) ;
pid7 = pid3 moins (t_el2 0.) ;
pid8 = pid4 moins (t_el2 0.) ;
pid9 = pid1 moins (tt_el2 0.) ;
pid10 = pid3 moins (tt_el2 0.) ;
pid11 = pid5 moins (tt_el2 0.) ;
*
did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;
*
sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
(regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
(regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;
*
*------( DERAFA A 3 ELEMENT )-----
*
pad1 = pf moins (lc2 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. t_el2) ;
pad3 = pad2 plus (0. t_el2) ;
pad4 = pad3 plus (0. t_el2) ;
pad5 = pad2 moins (t_el2 0.) ;
pad6 = pad3 moins (t_el2 0.) ;
pad7 = pad1 moins (tt_el2 0.) ;
pad8 = pad4 moins (tt_el2 0.) ;
*
dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;
*
sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
(regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*i0*t_el2) ) ;
fin i0 ;
sal = sal et saal ;
elim sal 1.e-5 ;
*
*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;
*
*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
elim sid 1.e-5 ;
*
*----- PARTIE HAUTE -----
*
*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagog = p2chd plus (lc1 lc1);
p_diago = p2chg moins (lc1 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1);
*
d_diagog = droi 1 p1chg p_diagog;
d_diagod = droi 1 p1chd p_diagog;
*
sihg = sig syme droi p1chg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi p1chd p_diagog ;
elim sihd 1.e-5 ;
*
sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;
*
*----- PARTIE COIN -----
```

```

dg = droi 1 pid11 p2chg;
dcg = dg tran 1 (0. tt_el2);
dcd = dcg syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

cout_tot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd cout_tot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 cout_tot) 0.;
pt2 = (mini (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partg ;
p_re = ri 0.;
pg = d_partg tran
((coor 1 p_re)-(mini(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 cout_tot) 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partd = cout_tot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
d_partd = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partd ;
p_re = re 0.;
pd = d_partd tran
((coor 1 p_re)-(maxi(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bas_cout = pg et pd et cout_tot ; elim bas_cout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
p6 = (maxi (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
pt_parth = bas_cout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
d_partd = (cont bas_cout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = d_partd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bas_cout))))
dini 1.6e-3 dfin t ;

*Structure totale
*****
***** LEVRE SUPERIEUR *****
*****

s0 = ph et bas_cout ; elim s0 1.e-5 ;
*****

pa = s0 poin proc (ri 0.);
pb = s0 poin proc (re 0.);

lig1 = (cont s0) elem compris plcbd pb;

lvsup = (cont s0) elem compris pa pf ;

*Definition des bords

l_hau = cote 3 ph;
l_bas = (cont s0) elem compris pf pb ;
p_gau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)))
(ri (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_gau = (cont s0) elem appuye strictement p_gau ;

*=====  

*****  

*+++++  

* FIN DU MAILLAGE  

*=====  

*****  

*+++++  

*=====  

*****  

*+++++  

* PARTIE CALCULS  

*=====  

*****  

*+++++  

* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C  

E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode s0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uz l_bas ;
c12 = rela ense uz l_hau ;

```

```

c10 = c11 et c12;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE l_hau 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE lvsup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((s0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nonc 'T' (dt0 * chr);

*****
* SOLUTIONS ANALYTIQUES
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposees pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*pOT)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*pOP)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0) + (i1*sig1*(a/t)))*(pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' pOT ;
fOT = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' pOP ;
fOP = BSIG mopl mapl ;
sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
fOTH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) fOT fOP fOTH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE' = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES' = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats ;

*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul RESO + G_THETA
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINIES') evph ;
evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINIES') evpl ;

```

```

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                    (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats.1 ;
JelP2 = tabJel.resultats.2 ;
JelTH2 = tabJel.resultats.3 ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

```

```

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique' : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)' : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %' : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS)' : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %' : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.5) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.5) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.2) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.23 rupt23.dgibi

Nom du fichier	rupt23.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 2D axisymétrique
Type d'Eléments Finis	QUA8
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.3% - Erreur relative J Pression < 0.3% - Erreur relative J Thermique < 0.4%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 77 : Informations sur le cas test rupt23.dgibi

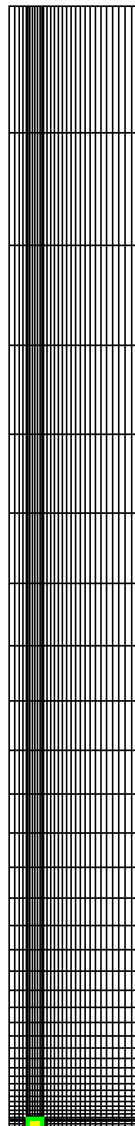


Figure 136 : Maillage du cas-test rupt23.dgibi

Jeu de données :

```

* fichier : rupt23.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt23.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 2 avec des elements QUA8 sur un maillage complet
*symetrique

opti dime 2 elem qua8 mode axis echo 0 ;

* igl : mettre a vrai pour activer traces
igl      = faux ;

*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t/5 ;
ri = t*5;
re = ri+t;

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. ;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
n_fiss = 10 ;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
t_el = 200e-6 ; t_el2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
tt_el2 = 4.*t_el2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = n_fiss * t_el ; lc2 = t_el2 * n_fiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*=====
*****
*+++++
*          DEBUT DU MAILLAGE
*=====
*****
*+++++

*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1) ;
pf1 = pf plus (0. lc1) ;
plchg = pf1 moins (lc1 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0.) ;

dlch = droi (2*n_fiss) plchg plchd;
dlcg = droi (n_fiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (n_fiss) plcbd plchd ;
dlcbg = droi (n_fiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (n_fiss) pf plcbd ;

cout1 = regl n_fiss dlch (dlcbg et dlcbd) ;
cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

p2cbd = pf plus (lc2 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2) ;
pf2 = pf plus (0. lc2) ;

```

```

p2chg = pf2 moins (lc2 0.) ;
p2cbg = pf moins (lc2 0.) ;

d2ch = droi (2*n_fiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (n_fiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (n_fiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl n_fiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*------( DERAF A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. tt_el2) ;
pid2 = pid1 plus (0. t_el2) ;
pid3 = pid2 plus (0. t_el2) ;
pid4 = pid3 plus (0. t_el2) ;
pid5 = pid4 plus (0. t_el2) ;
pid6 = pid2 moins (t_el2 0.) ;
pid7 = pid3 moins (t_el2 0.) ;
pid8 = pid4 moins (t_el2 0.) ;
pid9 = pid1 moins (tt_el2 0.) ;
pid10 = pid3 moins (tt_el2 0.) ;
pid11 = pid5 moins (tt_el2 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*------( DERAF A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. t_el2) ;
pad3 = pad2 plus (0. t_el2) ;
pad4 = pad3 plus (0. t_el2) ;
pad5 = pad2 moins (t_el2 0.) ;
pad6 = pad3 moins (t_el2 0.) ;
pad7 = pad1 moins (tt_el2 0.) ;
pad8 = pad4 moins (tt_el2 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*t_el2) ) ;
fin i0 ;
sal = sal et saal ;
elim sal 1.e-5 ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lc1 lc1);
p_diago = p2chg moins (lc1 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1);

d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagod ;
elim sihd 1.e-5 ;

```

```

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*----- PARTIE COIN -----

dg = droi 1 pid11 p2chg;
dcg = dg tran 1 (0. tt_el2);
dcd = dcg syne droi ((coor 1 pf) 0.) ((coor 1 pf) lc2) ;
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

cout_tot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcdbd cout_tot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 cout_tot) 0.;
pt2 = (mini (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partg ;
p_ri = ri 0.;
pg = d_partg tran
(((coor 1 p_ri)-(mini(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 cout_tot) 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 cout_tot)) (maxi (coor 2 cout_tot));
pt_partd = cout_tot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
d_partd = (cont cout_tot) elem appuye strictement pt_partd ;
p_re = re 0.;
pd = d_partd tran
(((coor 1 p_re)-(maxi(coor 1 cout_tot))) 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bas_cout = pg et pd et cout_tot ; elim bas_cout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
p6 = (maxi (coor 1 bas_cout)) (maxi (coor 2 bas_cout));
pt_parth = bas_cout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
d_partd = (cont bas_cout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = d_partd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bas_cout))))
dini 1.6e-3 dfin t ;

*Structure totale
*****
s0 = ph et bas_cout ; elim s0 1.e-5 ;
*****
***** LEVRE SUPERIEUR *****
*****

pa = s0 poin proc (ri 0.);
pb = s0 poin proc (re 0.);

lig1 = (cont s0) elem compris plcbd pb;

lvsup = (cont s0) elem compris pa pf ;

*Definition des bords

l_hau = cote 3 ph;
l_bas = (cont s0) elem compris pf pb ;
p_gau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)))
(ri (maxi (coor 2 s0))) 1.e-5 ;
l_gau = (cont s0) elem appuye strictement p_gau ;

*=====
*****
***** FIN DU MAILLAGE *****
*****
*=====
*****
***** PARTIE CALCULS *****
*****
*=====
* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode s0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uz l_bas ;

```

```

c12 = rela ense uz l_hau ;
c10 = c11 et c12;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE l_hau 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE lvsup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chr = ((s0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chr);

*****
* SOLUTIONS ANALYTIQUES
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposees pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0) + (i1*sig1*(a/t)))*((pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;
sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECAIQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE' = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES' = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats ;

*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul RESO + G_THETA
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINTE') evph ;
evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chap1 = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINTE') evpl ;

* Chargement thermique

```

```

chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                    (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECAINIQUES' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = lvsup ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = pf ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats.1 ;
JelP2 = tabJel.resultats.2 ;
JelTH2 = tabJel.resultats.3 ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

```

```

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique      : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)     : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %             : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.3) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.3) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.4) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```


5.6.24 rupt24.dgibi

Nom du fichier	rupt24.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CUB8
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.5% - Erreur relative J Pression < 0.5% - Erreur relative J Thermique < 0.2%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 78 : Informations sur le cas test rupt24.dgibi

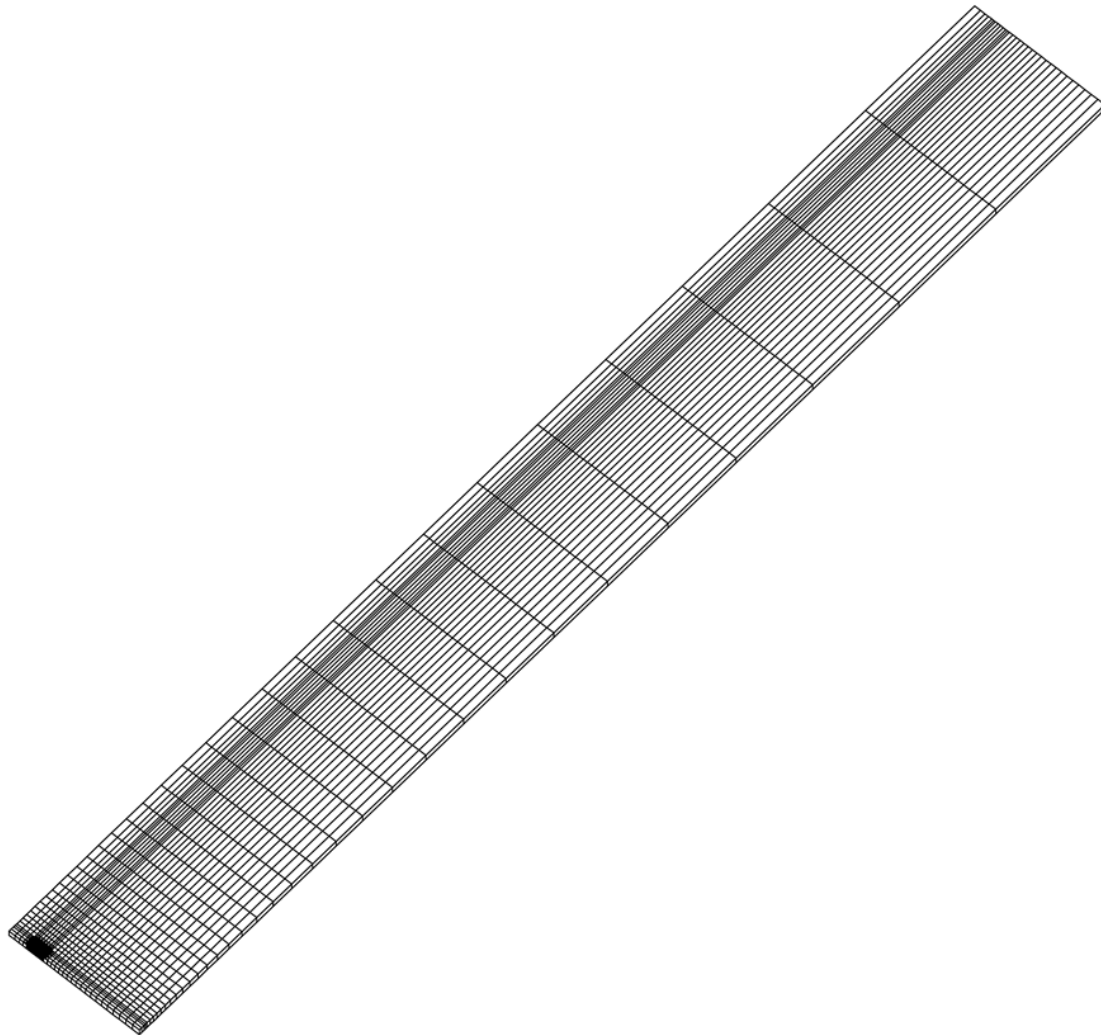


Figure 137 : Maillage du cas-test rupt24.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt24.dgibi
opti epsi lineaire ;
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt24.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 3 avec des elements CUB8 sur un maillage complet
*symetrique

opti dime 3 elem cub8 echo 0 ;
*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t / 5. ;
ri = t * 5.;
re = ri + t;

*POINTS POUR L'AXE DE REVOLUTION
p0 = (0. 0. 0.);
py = (0. 1. 0.);

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. 0.;

*NOMBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
nfiss = 10;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
tel = 200e-6 ; tel2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
ttel2 = 4.*tel2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lcl = nfiss * tel ; lc2 = tel2 * nfiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*=====
*+++++
*          DEBUT DU MAILLAGE
*=====
*+++++

*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0. 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1 0.) ;
pfl = pf plus (0. lc1 0.) ;
plchg = pfl moins (lc1 0. 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0. 0.) ;

dlch = droi (2*nfiss) plchg plchd;
dlcg = droi (nfiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (nfiss) plcbd plchd ;
dlcbg = droi (nfiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (nfiss) pf plcbd ;

cout1 = regl nfiss dlch (dlcbg et dlcbd) ;
*cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

p2cbd = pf plus (lc2 0. 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2 0.) ;
pf2 = pf plus (0. lc2 0.) ;
p2chg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;
```

```
p2cbg = pf moins (lc2 0. 0.) ;

d2ch = droi (2*nfiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (nfiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (nfiss) p2cbd p2chd ;

cout2 = regl nfiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
*cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*------( DERAFA A 4 ELEMENT )-----

pid1 = p2chg moins (0. ttel2 0.) ;
pid2 = pid1 plus (0. tel2 0.) ;
pid3 = pid2 plus (0. tel2 0.) ;
pid4 = pid3 plus (0. tel2 0.) ;
pid5 = pid4 plus (0. tel2 0.) ;
pid6 = pid2 moins (tel2 0. 0.) ;
pid7 = pid3 moins (tel2 0. 0.) ;
pid8 = pid4 moins (tel2 0. 0.) ;
pid9 = pid1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid10 = pid3 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid11 = pid5 moins (ttel2 0. 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*------( DERAFA A 3 ELEMENT )-----

pad1 = pf moins (lc2 0. 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. tel2 0.) ;
pad3 = pad2 plus (0. tel2 0.) ;
pad4 = pad3 plus (0. tel2 0.) ;
pad5 = pad2 moins (tel2 0. 0.) ;
pad6 = pad3 moins (tel2 0. 0.) ;
pad7 = pad1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pad8 = pad4 moins (ttel2 0. 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*i0*tel2) 0.) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagog = p2chd plus (lc1 lc1 0.);
p_diago = p2chg moins (lc1 0. 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1 0.);

d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagod ;
elim sihd 1.e-5 ;

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*----- PARTIE COIN -----
```

```

dg = droi 1 pid11 p2chg;
dcg = dg tran 1 (0. ttel2 0.);
dcd = dcg syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.);
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

couttot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd couttot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt2 = (mini (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartg ;
pri = ri 0. 0.;
pg = d_partg tran
(((coor 1 pri)-(mini(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartd = couttot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
dpartd = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartd ;
pre = re 0. 0.;
pd = dpartd tran
(((coor 1 pre)-(maxi(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bascout = pg et pd et couttot ; elim bascout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
p6 = (maxi (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
pt_parth = bascout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
dpartd = (cont bascout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = dpartd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bascout))) 0.)
dini 1.6e-3 dfin t;

*Structure totale EN AXI
*****
s0 = ph et bascout ; elim s0 1.e-5 ;
*****

pa = s0 poin proc (ri 0. 0.);
pb = s0 poin proc (re 0. 0.) ;

lvsup = (cont s0) elem compris pa pf ;

*Definition des bords du maillage AXI
lhau = cote 3 ph;
lbas = (cont s0) elem compris pf pb ;
pgau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)) 0.)
(ri (maxi (coor 2 s0)) 0.) 1.e-5 ;
lgau = (cont s0) elem appuye strictement pgau ;

nl = 1;
degl = 0.5 ;

*Structure totale EN 3D
*****
v0 = s0 volu nl rota degl p0 py ; elim v0 1.e-5 ;
*****

f1 f2 f3 = face v0;
f1 = f1 coul bleu;
f2 = f2 coul rouge;

* Creation des surfaces inferieure et superieure.
surliga = lbas rota nl degl p0 py;
sursup = lhau rota nl degl p0 py;
surlev = lvsup rota nl degl p0 py;

*Defintion du front de fissure
pfx1 = (coor 1 pf)*(cos (-1.*degl));
pfx3 = (coor 1 pf)*(sin (-1.*degl));
pfx = pfx1 0. pfx3;
frfiss = cerc nl pf p0 pfx;
frfiss = frfiss coul cyan;

elim (v0 et surliga et sursup et surlev et
pfx et frfiss et f1 et f2) 1.e-5;

*Trois points sur la surface f2
zm = mini (f2 coor 3) ;
PC = f2 poin proc (ri 0. zm) ;
PD = f2 poin proc (re 0. zm) ;
PE = f2 poin proc (ri (h / 2.) zm) ;

*=====

```

```

*****
*+++++
*
* FIN DU MAILLAGE
*
*+++++

*-----
*****
*+++++
*
* PARTIE CALCULS
*
*-----
*****
*+++++

* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode v0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uy surliga ;
c12 = rela ense uy sursup ;
c13 = bloq uz f1 ;
c14 = v0 synt depl PC PD PE 1.e-5 ;
c10 = c11 et c12 et c13 et c14 ;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE sursup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE surlev 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chx = ((v0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nmc 'T' (dt0 * chx);

*****
***** SOLUTIONS ANALYTIQUES *****
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
i1 = 0.718 ;

*Contraintes imposees pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*(pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0)+ (i1*sig1*(a/t)))*(pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;

sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = surlev ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = frfiss ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelTI = tabJel.resultats.global ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;

```

```

tabJel . 'SOLUTION_RESO'      = utestP ;
g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE'            = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES'     = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO'    = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats.global ;

*Erreurs sur J entre la solution analytique et le MEF
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINTES') evph ;

evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINTES') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                      (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*ATTENTION, IL FAUT RETIRER LE CHARGEMENT MECA DE PRESSION SUR LES
*LEVRES ET UTILISER LE CHARGEMENT PLEV
*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)

```

```

tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF'         = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = surlev ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE'    = frfiss ;
tabJel . 'COUCHE'          = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats. 1 . global ;
JelP2 = tabJel.resultats. 2 . global ;
JelTH2 = tabJel.resultats. 3 . global ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique      : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO)    : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en %           : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en %           : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.5) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.2) ;
  erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.25 rupt25.dgibi

Nom du fichier	rupt25.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CU20
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres - chargement thermique
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Erreur relative J Traction < 0.6% - Erreur relative J Pression < 0.6% - Erreur relative J Thermique < 0.4%
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 79 : Informations sur le cas test rupt25.dgibi

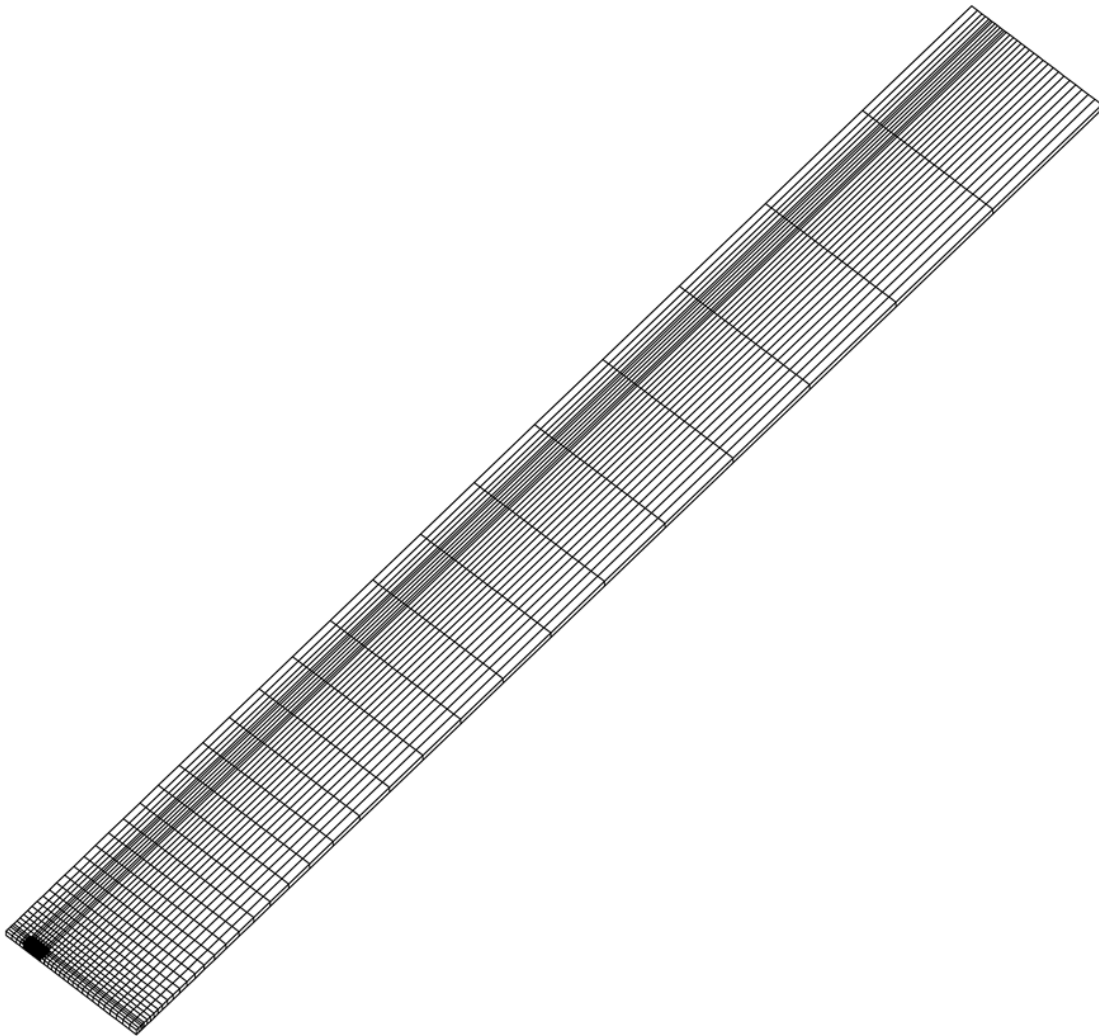


Figure 138 : Maillage du cas-test rupt25.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt25.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt25.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****
* CAS TEST DU 15/12/15      PROVENANCE : TEST

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement en traction
*- chargement avec pression sur levres
*- chargement thermique

*Calcul en dimension 3 avec des elements CU20 sur un maillage complet
*symetrique

opti dime 3 elem cu20 echo 0 ;
*****
*Données paramétriques :
*****
* a : profondeur de la fissure *
* t : epaisseur du tube *
* ri, re : rayon interne/externe *
* h : hauteur du tube *

h = 1. ;
t = 60.e-3 ;
a = t / 5. ;
ri = t * 5.;
re = ri + t;

*POINTS POUR L'AXE DE REVOLUTION
p0 = (0. 0. 0.);
py = (0. 1. 0.);

*COORDONNEE DE LA POINTE DE LA FISSURE
pf = (a + ri) 0. 0.;

*NBRE D'ELEMENTS AUTOUR DE LA POINTE DE LA FISSURE (1 et 2 COUT)
nfiss = 10;

*TAILLE D'UN ELEMENT DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
tel = 200e-6 ; tel2 = 400e-6 ;
*Facteur d'agrandissement de la taille du derafinement
ttel2 = 4.*tel2 ;

*LONGUEUR DE LA 1ERE ET 2EME COUTURE*
lc1 = nfiss * tel ; lc2 = tel2 * nfiss;

*NIVEAU DE CHARGEMENT
p0T = -400. ; p0P = 400. ; dt0 = 300.;

*=====
*****
*+++++
*          DEBUT DU MAILLAGE
*=====
*****
*+++++

*****
***** 1ERE COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
*****

plcbd = pf plus (lc1 0. 0.) ;
plchd = pf plus (lc1 lc1 0.) ;
pf1 = pf plus (0. lc1 0.) ;
plchg = pf1 moins (lc1 0. 0.) ;
plcbg = pf moins (lc1 0. 0.) ;

dlch = droi (2*nfiss) plchg plchd;
dlcg = droi (nfiss) plcbg plchg ;
dlcd = droi (nfiss) plchd plchd ;
dlcbg = droi (nfiss) plcbg pf ;
dlcbd = droi (nfiss) pf plcbd ;

cout1 = regl nfiss dlch (dlcbg et dlcd) ;
*cout1 = coul jaun cout1 ;

*****
***** 2EME COUTURE *****
***** (Autour de la pointe de la fissure) *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

p2cbd = pf plus (lc2 0. 0.) ;
p2chd = pf plus (lc2 lc2 0.) ;
pf2 = pf plus (0. lc2 0.) ;
```

```
p2chg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;
p2cbg = pf2 moins (lc2 0. 0.) ;

d2ch = droi (2*nfiss) p2chg p2chd;
d2cg = droi (nfiss) p2cbg p2chg ;
d2cd = droi (nfiss) p2chd p2chd ;

cout2 = regl nfiss (dlcd et dlch et dlcg) (d2cd et d2ch et d2cg) ;
*cout2 = coul vert cout2 ;

coutlet2 = cout1 et cout2;

*****
***** DERAFINEMENT DES COUTURES *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*----- ( DERAFA 4 ELEMENT ) -----

pid1 = p2chg moins (0. ttel2 0.) ;
pid2 = pid1 plus (0. tel2 0.) ;
pid3 = pid2 plus (0. tel2 0.) ;
pid4 = pid3 plus (0. tel2 0.) ;
pid5 = pid4 plus (0. tel2 0.) ;
pid6 = pid2 moins (tel2 0. 0.) ;
pid7 = pid3 moins (tel2 0. 0.) ;
pid8 = pid4 moins (tel2 0. 0.) ;
pid9 = pid1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid10 = pid3 moins (ttel2 0. 0.) ;
pid11 = pid5 moins (ttel2 0. 0.) ;

did1 = droi 1 pid1 pid2 ;
did2 = droi 1 pid2 pid3 ;
did3 = droi 1 pid3 pid4 ;
did4 = droi 1 pid4 pid5 ;
did5 = droi 1 pid9 pid6 ;
did6 = droi 1 pid6 pid7 ;
did7 = droi 1 pid7 pid8 ;
did8 = droi 1 pid11 pid8 ;
did9 = droi 1 pid10 pid7 ;

sil = (regl 1 did1 did5) et (regl 1 did2 did6) et
      (regl 1 did3 did7) et (regl 1 did4 (inve did8)) et
      (regl 1 did8 did9) et (regl 1 did9 did5) ;
elim sil 1.e-5 ;

*----- ( DERAFA 3 ELEMENT ) -----

pad1 = pf moins (lc2 0. 0.) ;
pad2 = pad1 plus (0. tel2 0.) ;
pad3 = pad2 plus (0. tel2 0.) ;
pad4 = pad3 plus (0. tel2 0.) ;
pad5 = pad2 moins (tel2 0. 0.) ;
pad6 = pad3 moins (tel2 0. 0.) ;
pad7 = pad1 moins (ttel2 0. 0.) ;
pad8 = pad4 moins (ttel2 0. 0.) ;

dad1 = droi 1 pad1 pad2 ;
dad2 = droi 1 pad2 pad3 ;
dad3 = droi 1 pad3 pad4 ;
dad4 = droi 1 pad7 pad5 ;
dad5 = droi 1 pad5 pad6 ;
dad6 = droi 1 pad6 pad8 ;

sal = (regl 1 dad1 dad4) et (regl 1 dad2 dad5) et
      (regl 1 dad3 dad6) et (regl 1 dad4 (inve dad6));
saal = sal ;
repe i0 1 ;
ssal = sal plus ( 0. (3.*&i0*tel2) 0.) ;
fin i0 ;
sal = sal et ssal ;
elim sal 1.e-5 ;

*----- PARTIE GAUCHE -----
sig = sal et sil ; elim sig 1.e-5 ;

*----- PARTIE DROITE -----
sid = sig syme droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
elim sid 1.e-5 ;

*----- PARTIE HAUTE -----

*lignes diagonales pour la symetrie
p_diagod = p2chd plus (lc1 lc1 0.);
p_diago = p2chg moins (lc1 0. 0.);
p_diagog = p_diago plus (0. lc1 0.);

d_diagog = droi 1 plchg p_diagog;
d_diagod = droi 1 plchd p_diagod;

sihg = sig syme droi plchg p_diagog ;
elim sihg 1.e-5 ;
sihd = sid syme droi plchd p_diagod ;
elim sihd 1.e-5 ;
```



```

sih = sihd et sihg ; elim sih 1.e-5 ;

*----- PARTIE COIN -----

dg = droi l pidl1 p2chg;
dcg = dg tran l (0. ttel2 0.);
dcd = dcg syne droi ((coor 1 pf) 0. 0.) ((coor 1 pf) lc2 0.) ;
sic = dcd et dcg; elim sic 1.e-5;
cout3 = sig et sid et sih et sic ; elim cout3 1.e-5 ;

couttot = cout1 et cout2 et cout3;
elim dlcbd couttot 1.e-5 ;

*****
***** RESTE DU MAILLAGE *****
***** Partie au-dessus de la fissure *****
*****

*Partie de gauche
*-----
pt1 = mini (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt2 = (mini (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartg = cout3 poin droit pt1 pt2 1.e-5 ;
d_partg = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartg ;
pri = ri 0. 0.;
pg = d_partg tran
(((coor 1 pri)-(mini(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;

*Partie de droite
*-----
pt3 = maxi (coor 1 couttot) 0. 0.;
pt4 = (maxi (coor 1 couttot)) (maxi (coor 2 couttot)) 0.;
ptpartd = couttot poin droit pt3 pt4 1.e-5 ;
dpartd = (cont couttot) elem appuye strictement ptpartd ;
pre = re 0. 0.;
pd = dpartd tran
(((coor 1 pre)-(maxi(coor 1 couttot))) 0. 0.) dini 1.6e-3 dfin 3.2e-3;
bascout = pg et pd et couttot ; elim bascout 1.e-5 ;

*Partie du haut
*-----
p5 = (mini (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
p6 = (maxi (coor 1 bascout)) (maxi (coor 2 bascout)) 0.;
pt_parth = bascout poin droit p5 p6 1.e-5 ;
dpartd = (cont bascout) elem appuye strictement pt_parth ;
ph = dpartd tran (0. ((h/2.) - (maxi(coor 2 bascout))) 0.)
dini 1.6e-3 dfin t;

*Structure totale EN AXI
*****
s0 = ph et bascout ; elim s0 1.e-5 ;
*****

pa = s0 poin proc (ri 0. 0.);
pb = s0 poin proc (re 0. 0.);

lvsup = (cont s0) elem compris pa pf ;

*Definition des bords du maillage AXI
lhau = cote 3 ph;
lbas = (cont s0) elem compris pf pb ;
pgau = s0 poin droit (ri (mini (coor 2 s0)) 0.)
(ri (maxi (coor 2 s0)) 0.) 1.e-5 ;
lgau = (cont s0) elem appuye strictement pgau ;

nl = 1;
degl = 0.5 ;

*Structure totale EN 3D
*****
v0 = s0 volu nl rota degl p0 py ; elim v0 1.e-5 ;
*****

f1 f2 f3 = face v0;
f1 = f1 coul bleu;
f2 = f2 coul rouge;

* Creation des surfaces inferieure et superieure.
surliga = lbas rota nl degl p0 py;
sursup = lhau rota nl degl p0 py;
surlev = lvsup rota nl degl p0 py;

*Defintion du front de fissure
pfx1 = (coor 1 pf)*(cos (-1.*degl));
pfx3 = (coor 1 pf)*(sin (-1.*degl));
pfx = pfx1 0. pfx3;
frfiss = cerc nl pf p0 pfx;
frfiss = frfiss coul cyan;

elim (v0 et surliga et sursup et surlev et
pfx et frfiss et f1 et f2) 1.e-5;

*Trois points sur la surface f2
zm = mini (f2 coor 3) ;
PC = f2 poin proc (ri 0. zm) ;
PD = f2 poin proc (re 0. zm) ;
PE = f2 poin proc (ri (h / 2.) zm) ;

```

```

*=====
*****
*+++++ FIN DU MAILLAGE ++++++
*
*=====
*****
*+++++ PARTIE CALCULS ++++++
*
*=====
*****
* PROPRIETE MATERIAUX A 300°C
E0 = 185e3; nu0 = 0.3; alfa0 = 13.08e-6;

mo0 = mode v0 mecanique elastique isotrope ;
ma0 = mate mo0 YOUN E0 nu nu0 alph alfa0 ;
rg0 = rigi mo0 ma0 ;

*CONDITIONS AUX LIMITES
*Blocages
c11 = bloq uy surliga ;
c12 = rela ense uy sursup ;
c13 = bloq uz f1 ;
c14 = v0 synt depl PC PD PE 1.e-5 ;
c10 = c11 et c12 et c13 et c14 ;

*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
moph = MODE sursup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;

*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE surlev 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

*Elevation de temperature
chx = ((v0 coor 1) - ri) / (re - ri) ;
cht0 = nomc 'T' (dt0 * chx);

*****
***** SOLUTIONS ANALYTIQUES *****
*****
*Fonctions d'influence
i0 = 1.211 ;
il = 0.718 ;

*Contraintes imposées pour le gradient de temperature
sig0 = ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0)) * (ri/(3*t)) *
((2*(re**2))/(ri*(re+ri)) - 1);
sig1 = -1. * ((E0*alfa0*dt0)/(1-nu0));

* J analytiques
JT = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0T)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JP = (1-(nu0**2)) * ((i0*(-1.*p0P)*((pi*a)**(1./2.))**2) / E0;
JTH = (1-(nu0**2)) *
(((i0*sig0)+ (il*sig1*(a/t)))*((pi*a)**(1./2.)) **2)/E0;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC RESO - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' p0T ;
f0T = BSIG moph maph ;
mapl = MATE mopl 'PRES' p0P ;
f0P = BSIG mopl mapl ;

sgth0 = THET mo0 ma0 cht0 ;
f0TH = BSIG mo0 sgth0 ;

* RESOLUTION ELASTIQUE DES 3 PROBLEMES
utestT utestP utestTH = RESO (rg0 ET c10) f0T f0P f0TH;
mena ;

*PROCEDURE G_THETA
*cas 1 : traction seule
tabJel = table ;
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET moph ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'BLOCAGES_MECHANQUES' = c10 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = surlev ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = frfiss ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 2 : pression sur les levres
tabJel . 'MODELE' = mo0 ET mopl ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET mapl ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestP ;

```

```

g_theta tabJel ;
JelP1 = tabJel.resultats.global ;

*cas 3 : gradient de temperature
tabJel . 'MODELE' = mo0 ;
tabJel . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ;
tabJel . 'TEMPERATURES' = cht0 ;
tabJel . 'SOLUTION_RESO' = utestTH ;
g_theta tabJel ;
JelTH1 = tabJel.resultats.global ;

*Erreurs sur J entre la solution analytique et le MEF
errT1 = ((JelT1-JT)/JT)*100.;
errP1 = ((JelP1-JP)/JP)*100.;
errTH1 = ((JelTH1-JTH)/JTH)*100.;

*****
* CALCUL ELASTIQUE AVEC PASAPAS - CALCUL DE J ELASTIQUE
*****

* Chargements de pression (obligatoires si modele de pression)
evph = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 1. 0. 0.) ;
chaph = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' maph 'CONTRAINTE') evph ;

evpl = EVOL 'MANU' 'TEMP' (PROG 0. 1. 2. 3.)
      'PRES' (PROG 0. 0. 1. 0.) ;
chapl = CHAR 'PRES' (CHAN 'TYPE' mapl 'CONTRAINTE') evpl ;

* Chargement thermique
chath = CHAR 'T' cht0 (EVOL 'MANU' (PROG 0. 1. 2. 3.)
                        (PROG 0. 0. 0. 1.)) ;

*RESOLUTION AVEC PASAPAS DES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*AU PAS 1 : Traction seule
*AU PAS 2 : Pression sur les levres
*AU PAS 3 : Gradient de temperature
tabT = TABL ;
tabT . 'MODELE' = mo0 ET moph ET mopl ;
tabT . 'CARACTERISTIQUES' = ma0 ET maph ET mapl ;
tabT . 'BLOCAGES_MECA' = c10 ;
tabT . 'CHARGEMENT' = chaph ET chapl ET chath ;
tabT . 'TEMPS_CALCULES' = PROG 1. 2. 3. ;
PASAPAS tabT ;

*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)
*ATTENTION, IL FAUT RETIRER LE CHARGEMENT MECA DE PRESSION SUR LES
*LEVRES ET UTILISER LE CHARGEMENT PLEV
*PROCEDURE G_THETA POUR LES 3 PROBLEMES (UN A CHAQUE PAS DE TEMPS)

```

```

tabJel = TABL ;
tabJel . 'SOLUTION_PASAPAS' = tabT ;
tabJel . 'OBJECTIF' = MOT 'J' ;
tabJel . 'LEVRE_SUPERIEURE' = surlev ;
tabJel . 'FRONT_FISSURE' = frfiss ;
tabJel . 'COUCHE' = 5 ;
g_theta tabJel ;
JelT2 = tabJel.resultats.1.global ;
JelP2 = tabJel.resultats.2.global ;
JelTH2 = tabJel.resultats.3.global ;
*Erreurs sur J : solution analytique VS calcul PASAPAS + G_THETA
errT2 = ((JelT2-JT)/JT)*100.;
errP2 = ((JelP2-JP)/JP)*100.;
errTH2 = ((JelTH2-JTH)/JTH)*100.;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;
mess 'Solution Theorique : ' JT JP JTH ;
mess ;
mess 'Solution MEF (RESO) : ' JelT1 JelP1 JelTH1 ;
mess 'Erreur en % : ' errT1 errP1 errTH1 ;
mess ;
mess 'Solution MEF (PASAPAS) : ' JelT2 JelP2 JelTH2 ;
mess 'Erreur en % : ' errT2 errP2 errTH2 ;

* Test sur les erreurs
errT = MAXI 'ABS' (PROG errT1 errT2) ;
si ((abs errT) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelT' ;
fins ;
errP = MAXI 'ABS' (PROG errP1 errP2) ;
si ((abs errP) > 0.3) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelP' ;
fins ;
errTH = MAXI 'ABS' (PROG errTH1 errTH2) ;
si ((abs errTH) > 0.4) ;
erre 'Erreur sur le calcul de JelTH' ;
fins ;

FIN ;

```

5.6.26 rupt26.dgibi

Nom du fichier	rupt26.dgibi
Type de calcul	Mécanique de la rupture 3D
Type d'Eléments Finis	CU20
Référence	Solution analytique
Description	Calcul de l'intégrale J avec G_THETA sous plusieurs chargements : <ul style="list-style-type: none"> - chargement en traction - chargement avec pression sur lèvres (avec plusieurs types d'éléments sur le maillage de la fissure)
Objectif	Écart relatif < 1% entre les résultats des 2 calculs
Version de Cast3M	CAST3M 2016
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 80 : Informations sur le cas test rupt26.dgibi

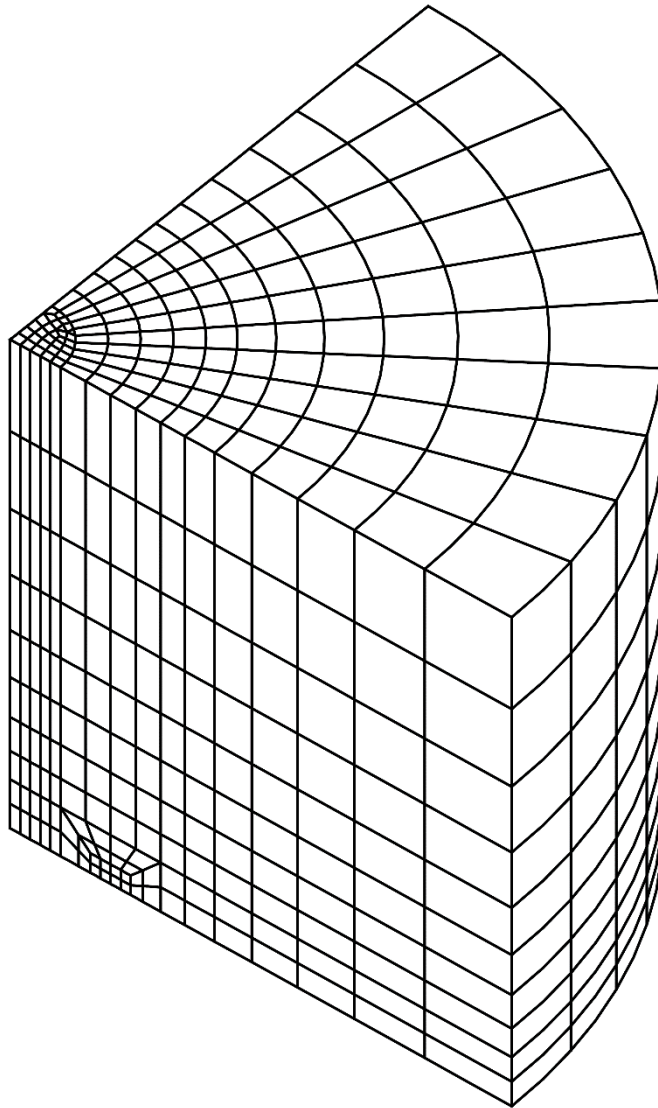


Figure 139 : Maillage du cas-test rupt26.dgibi

Jeu de données :

```
* fichier : rupt26.dgibi
*****
* Section : Mecanique Endommagement
*****

*****
*          Test rupt26.dgibi: Jeux de données          *
*          -----*
*****

*Cas test de validation pour le calcul de J sous plusieurs chargement
*avec les procedures g_theta.procedur et g_calcul.procedur
*
*- chargement avec pression sur levres avec plusieurs types d elements
* sur le maillage de la fissure

*Calcul en dimension 3 avec des elements CU20 et PRI15 sur un maillage
*complet symetrique

* DONNEES GEOMETRIQUES
*-----
opti dime 3 elem cu20 echo 0;
zz = 1e-6 ;

aa = 2. ; Rsa = 5. ;
*
R = Rsa * aa ;
dda = aa / 40. ;
*
* ----- MAILLAGE
*
pfond = aa 0. 0. ;
np = 4 ; nt = 10 ;
p1 = pfond plus ((np*dda) 0. 0.) ;
p2 = p1 plus (0. 0. (np*dda)) ;
p4 = pfond moins ((np*dda) 0. 0.) ;
p3 = p4 plus (0. 0. (np*dda)) ;
ss1 = (p1 d np pfond d np p4) tran np (0. 0. (np*dda)) ;
p5 = pfond plus ((aa / 2.) 0. 0.) ;
p6 = p5 plus (0. 0. (aa / 2.)) ;
p8 = pfond moins ((aa / 2.) 0. 0.) ;
p7 = p8 plus (0. 0. (aa / 2.)) ;
l11 = p1 d np p2 d (2*np) p3 d np p4 ;
l12 = p5 d np p6 d (2*np) p7 d np p8 ;
ss2 = l11 regl l12 dini dda dfin (aa/8.) ;

dx = R - (1.5 * aa) ;
ss3 = (p5 d np p6) tran (dx 0. 0.) dini (aa/4.) dfin aa ;
ss4 = ss1 et ss2 et ss3 ; elim zz ss4 ;
vv1 = ss4 volu nt rota 90. (0. 0. 0.) (0. 0. 1.) ;

pc = 0. 0. 0. ;
p9 = 0. (aa / 2.) 0. ;
nq = 4 ;
l13 = (p8 c nt pc p9) et (p9 d nq pc d nq p8) ;
ss5 = surf l13 plane ;
vv2 = ss5 volu tran np (0. 0. (aa / 2.)) ;
elim zz (vv1 et vv2) ;

ss6 = (vv1 et vv2) poin plan p6 p7 (0. 1. (aa / 2.)) zz ;
ss7 = (enve (vv1 et vv2)) elem appuye strictement ss6 ;
dz = R - (0.5 * aa) ;
vv3 = ss7 volu tran (0. 0. dz) dini (aa/4.) dfin aa ;

vtot = vv1 et vv2 et vv3 ;

*----- Lignes et surfaces nommées
ss0 = vtot poin plan pc p8 p9 zz ;
ss1 = (enve vtot) elem appuye strictement ss0 ;
chx = ss1 coor 1 ; chy = ss1 coor 2 ;
chr = ((chx ** 2) + (chy ** 2)) ** 0.5 ;
chrr = chan cham chr ssl ;
sulev = chrr elem infe (aa - zz) ;
sulig = diff ssl sulev ;
ffis = (cont sulev) elem appuye strictement sulig ;

ss0 = vtot poin plan pc p8 p7 zz ;
symy = (enve vtot) elem appuye strictement ss0 ;

ss0 = vtot poin plan pc p9 (0. 0. 1.) zz ;
symx = (enve vtot) elem appuye strictement ss0 ;

ss0 = vtot point plan (0. 0. R) (1. 0. R) (0. 1. R) zz ;
ssup = (enve vtot) elem appuye strictement ss0 ;

*****

*-- Modele mecanique et parametres materiau
EI20 = 197000. ; ALI20 = 15.54E-6 ;
mo2 = MODE vtot MECANIQUE ELASTIQUE ISOTROPE ;
ma2 = MATE mo2 'YOUN' EI20 'NU' 0.3 'ALPH' ALI20 ;
ril = RIGI mo2 ma2 ;

*--- Conditions aux limites
* Blocages
cdl = BLOQ symx 'UX' ;
```

```
cd2 = BLOQ symy 'UY' ;
cd3 = BLOQ sulig 'UZ' ;
cdl = cdl ET cd2 ET cd3 ;
*Traction uniaxiale (via un modele de pression)
pp = 100. ;
moph = MODE ssup 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'HAUT' ;
*Pression sur les levres (via un modele de pression)
mopl = MODE sulev 'CHARGEMENT' 'PRESSION' 'CONS' 'LEVRES' ;

* Construction des second membres
maph = MATE moph 'PRES' pp ;
effN = BSIG moph maph ;
map11 = MATE mopl 'PRES' pp ;
ff0 = BSIG mopl map11 ;
zer1 = ZERO mopl 'RIGIDITE' ;
chx chy chz = COOR zer1 ;
chr = (((chx ** 2) + (chy ** 2)) ** 0.5) / aa ;
*ch2 = pp * (1. - (chr ** 2)) ** 0.5 ;
ch2 = pp * (chr ** 2) ;
map12 = MATE mopl 'PRES' ch2 ;
ff2 = BSIG mopl map12 ;

*--- 11 - RESOLUTION
depN dep0 dep2 = RESO (ril ET cdl) effN ff0 ff2 ;

*--- 12 - Calcul de J pour les trois conditions aux limites
*-----
EE = EI20 / 910. ; rpa = (3.1416 * aa / 1000.) ** 0.5 ;
* cas 1 : traction seule
SUPTAB = TABLE ;
SUPTAB.'MODELE' = mo2 ET moph ;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = ma2 ET maph ;
SUPTAB.'BLOCAGES_MECANIQUE' = cdl ;
SUPTAB.'OBJECTIF' = 'J' ;
SUPTAB.'LEVRE_SUPERIEURE' = sulev ;
SUPTAB.'COUCHE' = 4 ;
SUPTAB.'FRONT_FISSURE' = ffis ;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = depN ;
G_THETA SUPTAB ;
Jc0 = suptab.resultats.global ;
kc0 = (Jc0 * EE) ** 0.5 ;
ic0 = kc0 / rpa / pp ;

* cas 2 : pression uniforme sur les levres
SUPTAB.'MODELE' = mo2 ET mopl ;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = ma2 ET map11 ;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = dep0 ;
G_THETA SUPTAB ;
Jc1 = suptab.resultats.global ;
kc1 = (Jc1 * EE) ** 0.5 ;
ic1 = kc1 / rpa / pp ;

* cas 3 : pression parabolique sur les levres
SUPTAB.'MODELE' = mo2 ET mopl ;
SUPTAB.'CARACTERISTIQUES' = ma2 ET map12 ;
SUPTAB.'SOLUTION_RESO' = dep2 ;
G_THETA SUPTAB ;
Jc2 = suptab.resultats.global ;
kc2 = (Jc2 * EE) ** 0.5 ;
ic2 = kc2 / rpa / pp ;

*****
* CALCUL DE L'ERREUR
*****
**--> Les 2 résultats doivent être identiques
**--> et converger vers la solution d'Irwin : 2/Pi
**--> Le résultat ic2 doit lui converger vers 4/(3.Pi)
err0 = ABS (100. * ((ic0 * pi / 2.) - 1.)) ;
err1 = ABS (100. * ((ic1 * pi / 2.) - 1.)) ;
err2 = ABS (100. * ((ic2 * 3. * pi / 4.) - 1.)) ;

*****
* AFFICHAGE DES RESULTATS ET DES ERREURS
*****
SAUT 5 'LIGNE' ;

mess 'Erreurs en % : ' err0 err1 err2 ;
mess ;

SI (err0 > 0.6) ;
ERRE 'Erreur sur le calcul de Jc0' ;
FINS ;
SI (err1 > 0.6) ;
ERRE 'Erreur sur le calcul de Jc1' ;
FINS ;
SI (err2 > 0.4) ;
ERRE 'Erreur sur le calcul de Jc2' ;
FINS ;

FIN;
```

|

6. THERMIQUE

6.1 RÉGIME PERMANENT LINÉAIRE

6.1.1 ther1.dgibi

Nom du fichier	ther1.dgibi																		
Type de calcul	Thermique Conduction Convection Statique 2D																		
Type d'Éléments Finis	QUA4, TRI3																		
Référence	Solution analytique																		
Description	<p>CONDITIONS AUX LIMITES DE CONDUCTION THERMIQUE</p> <p>Ce test permet de vérifier le bon fonctionnement des divers opérateurs thermiques pour les matériaux isotropes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériau isotrope: Une plaque est soumise à une température imposée à une de ses extrémités et successivement à une condition de convection forcée, une condition de flux imposé et à une condition de source volumique imposée. 																		
Objectif	<p>Température au point D2 (1,5 6) dans les différentes conditions :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$T_{D2} (conv)$</td> <td>100°C</td> <td>100°C</td> <td>$1,4 \cdot 10^{-14}$</td> </tr> <tr> <td>$T_{D2} (flux)$</td> <td>11,2°C</td> <td>11,2°C</td> <td>$1,6 \cdot 10^{-14}$</td> </tr> <tr> <td>$T_{D2} (source)$</td> <td>11°C</td> <td>11,332°C</td> <td>3%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	$T_{D2} (conv)$	100°C	100°C	$1,4 \cdot 10^{-14}$	$T_{D2} (flux)$	11,2°C	11,2°C	$1,6 \cdot 10^{-14}$	$T_{D2} (source)$	11°C	11,332°C	3%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif																
$T_{D2} (conv)$	100°C	100°C	$1,4 \cdot 10^{-14}$																
$T_{D2} (flux)$	11,2°C	11,2°C	$1,6 \cdot 10^{-14}$																
$T_{D2} (source)$	11°C	11,332°C	3%																
Version de Cast3M	Du jour																		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																		

Tableau 81 : Informations sur le cas test ther1.dgibi

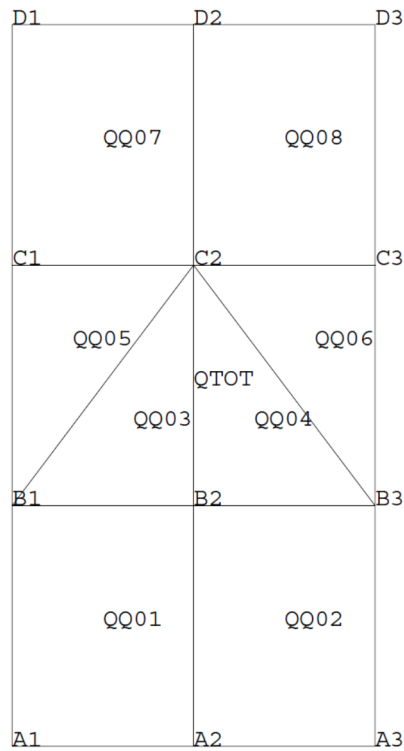


Figure 140 : Maillage du cas-test ther1.dgibi

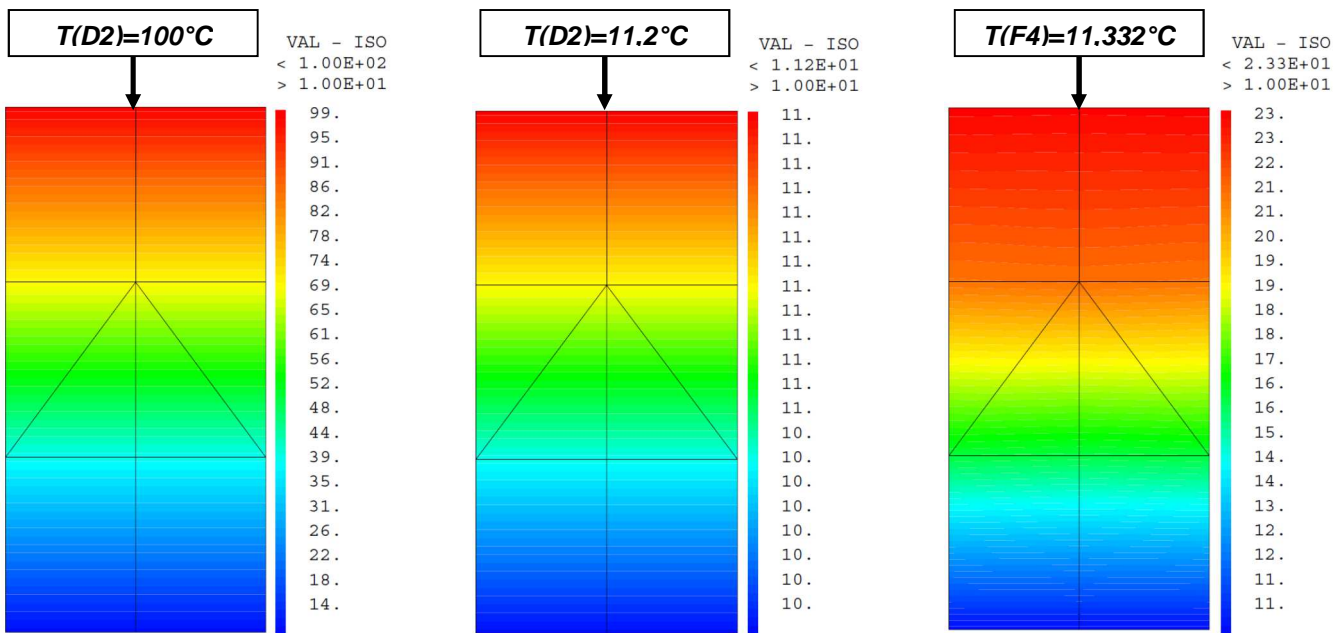


Figure 141 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée

Jeu de données :

```

* fichier : therl.dgibi
*****
* Section : Thermique Convection
*****

*****
*   Test therl.dgibi: jeux de données   *
*   -----                             *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
*                THER1                *
*-----*
*   TEST DES CL DE TEMPERATURE POUR   *
*   LES ELEMENTS QUA4 ET TRI3         *
*   BIDIMENSIONNELS                   *
*-----*
*   TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION  *
*   + FLUX                             *
*   + SOURCE                            *
*-----*
* Ce test permet de vérifier le bon    *
* fonctionnement des divers           *
* opérateurs thermiques de CAST3M     *
*-----*
* Une plaque rectangulaire constituée *
* d'éléments QUA4 et TRI3 est soumise à *
* une température imposée à une des   *
* extrémités et successivement à une  *
* condition de convection forcée, à une *
* condition de flux imposé et à une    *
* condition de source volumique imposée. *
*-----*
* Les résultats sont présentés sous forme *
* d'isothermes (elles doivent être    *
* parallèles aux deux faces supérieure et *
* inférieure de la plaque) et par la  *
* valeur de la température obtenue à la *
* face inférieure de la plaque (la    *
* température est imposée sur la surface *
* supérieure).                          *
*-----*

*----- OPTIONS GENERALES DE CALCUL -----*
TITR (CHAI 'C.L. DE TEMPERATURE - ELEMENTS'
      ' TRI3 ET QUA4' ) ;
OPTION DIME 2 ELEM QUA4 ;

TEMPS ;

*-- CREATION DE LA GEOMETRIE:          *
*   POINTS SUPPORTS DES ELEMENTS - *

A1 = 0. 0. ;A2 = 1.5 0. ;A3 = 3. 0. ;
B1 = 0. 2. ;B2 = 1.5 2. ;B3 = 3. 2. ;
C1 = 0. 4. ;C2 = 1.5 4. ;C3 = 3. 4. ;
D1 = 0. 6. ;D2 = 1.5 6. ;D3 = 3. 6. ;

*-- CREATION DES QUADRANGLES ET TRIANGLES -*

QQ01 = MANU QUA4 A1 A2 B2 B1 ;
QQ02 = MANU QUA4 A2 A3 B3 B2 ;
QQ03 = MANU TRI3 B1 B2 C2 ;
QQ04 = MANU TRI3 B2 B3 C2 ;
QQ05 = MANU TRI3 B1 C2 C1 ;
QQ06 = MANU TRI3 B3 C3 C2 ;
QQ07 = MANU QUA4 C1 C2 D2 D1 ;
QQ08 = MANU QUA4 C2 C3 D3 D2 ;

QTOT = QQ01 ET QQ02 ET QQ03 ET QQ04 ET QQ05
      ET QQ06 ET QQ07 ET QQ08 ;

SI(NEG GRAPH 'N') ;
  TRACE 'QUAL' QTOT ;
FINSI;

QSOUR = QQ07 ET QQ08 ;

DD1 = D 1 D3 D2 ;
DD2 = D 1 D2 D1 ;

```

```

L_SUP = DD1 ET DD2 ;

DD3 = D 1 A3 A2 ;
DD4 = D 1 A2 A1 ;
L_INF = DD3 ET DD4 ;

*--- DONNEES DU PROBLEME DE THERMIQUE ----*
*----- MODELISATION -----*

MOD1 = MODE QTOT THERMIQUE ISOTROPE ;
MOD2 = MODE L_SUP THERMIQUE CONVECTION ;

*DONNEES DES CARACTERISTIQUES DU MATERIAU

KCOND = 100. ;
MAT1 = MATE MOD1 'K' KCOND ;

HCONV = 15. ;
MAT2 = MATE MOD2 'H' HCONV ;

*-- CREATION DES MATRICES DE CONDUCTIVITE -*

CND1 = CONDUCTIVITE MOD1 MAT1 ;
CND2 = CONDUCTIVITE MOD2 MAT2 ;

*-- TEMPERATURES IMPOSEES: BLOQUE + DEPI --*

BB1 = BLOQUE L_INF 'T' ;
T0 = 10. ;
EE1 = DEPI BB1 T0. ;

*-- FLUX EQUIVALENTS A LA CONDITION DE
*   CONVECTION -*

CNV1 = CONVECTION MOD2 MAT2 'T' 200. ;

*----- FLUX IMPOSE -----*
FLU1 = FLUX MOD1 20. L_SUP ;

*----- SOURCE DE CHALEUR -----*
VALQ = 10 ;
S1 = SOURCE MOD1 VALQ QSOUR ;

*-- ASSEMBLAGE DES TERMES DE CONDUCTIVITE -*
CCC1 = CND1 ET CND2 ET BB1 ;
CCC2 = CND1 ET BB1 ;

*--ASSEMBLAGE DES TERMES DE FLUX EQUIVALENTS
FFF1 = EE1 ET CNV1 ;
FFF2 = EE1 ET FLU1 ;
FFF3 = EE1 ET S1 ;

*----- 1ERE RESOLUTION : CONVECTION -----*
CCCLbis = 'KOPS' 'RIMA' CCC1 ;
CCCLbis = 'KOPS' 'CHANINCO' CCCLbis
('MOTS' 'T' 'LX') ('MOTS' 'T' 'LX')
('MOTS' 'Q' 'FLX') ('MOTS' 'T' 'LX') ;
CCCLbis = kops TRANSPOS CCCLbis;
FFF1bis = 'NOMC' FFF1 ('MOTS' 'Q' 'FLX')
('MOTS' 'T' 'LX')
'NATURE' 'DISCRET' ;

rv='EQEX' ;
rv . 'METHINV' . 'TYPINV' = 5 ;
rv . 'METHINV' . 'IMPINV' = 2 ;
rv . 'METHINV' . 'MATASS' = CCCLbis ;
rv . 'METHINV' . 'MAPREC' = CCCLbis ;
chtrlb = 'KRES' CCCLbis 'TYPI'
(rv . 'METHINV') 'SMER' FFF1bis ;

CHTER1 = RESO CCC1 FFF1 ;
MESS 'Ecart entre les deux solveurs : '
MESS ('MAXI' ('-' chtrlb chter1) 'ABS') ;

*----- 2EME RESOLUTION : FLUX -----*
CHTER2 = RESO CCC2 FFF2 ;

*----- 3EME RESOLUTION: SOURCE -----*
CHTER3 = RESO CCC2 FFF3 ;

*--- POST-TRAITEMENT: TRACE DES CHAMPS ---*
*   RESULTATS *
*-- ET CALCUL DES VALEURS CARACTERISTIQUES *
TITR 'ELEMENTS TRI3 ET QUA4 : CONVECTION' ;
SI(NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC QTOT CHTER1 ;
FINSI;
TITR 'ELEMENTS TRI3 ET QUA4 : FLUX IMPOSE' ;
SI(NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC QTOT CHTER2 ;
FINSI;
TITR 'ELEMENTS TRI3 ET QUA4 : SOURCE' ;
SI(NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC QTOT CHTER3 ;
FINSI;

T1 = EXTR CHTER1 T D2 ;

```

```
T2 = EXTR CHIER2 T D2 ;
T3 = EXTR CHIER3 T D2 ;

TEMPS ;

* CODE DE FONCTIONNEMENT
TREF1 = 100.;
TREF2 = 11.2;

* Calcul de la température en D2
TREF3 = T0 - ( (VALQ / (2. * KCOND)) *
(
((COOR 2 D2)**2) -
(2*(COOR 2 D2)*(COOR 2 D2))+
((COOR 2 C2)**2)
)
);

RESI1=100. * (ABS((T1-TREF1)/TREF1));
RESI2=100. * (ABS((T2-TREF2)/TREF2));
RESI3=100. * (ABS((T3-TREF3)/TREF3));

* TEST CONVECTION
MESS 'Temperature theorique : ' TREF1 '°C';
MESS 'Temperature calculee : ' T1 '°C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

* TEST FLUX
MESS 'Temperature theorique : ' TREF2 '°C';
MESS 'Temperature calculee : ' T2 '°C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI2 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

* TEST SOURCE
MESS 'Temperature theorique : ' TREF3 '°C';
MESS 'Temperature calculee : ' T3 '°C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI3 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

RESITOT = PROG RESI1 RESI2 RESI3;
SI((MAXI RESITOT) <EG 5.);
ERRE 0;
SINO;
ERRE 5;
FINSI;
FIN;
```

6.1.2 ther1bis.dgibi

Nom du fichier	ther1bis.dgibi										
Type de calcul	Thermique Conduction Convection Stationnaire 2D										
Type d'Éléments Finis	QUA4										
Référence	Solution analytique $\begin{cases} T_{S1}(z) = \frac{Q}{k}(b-a)z + T_0 \\ T_{S2}(z) = -\frac{Q}{2k}(z^2 - 2bz + a^2) + T_0 \end{cases}$ avec $\begin{cases} a = \ AB\ \\ b = \ BC\ \end{cases}$										
Description	PROBLEME DE THERMIQUE AVEC SOURCE VOLUMIQUE DE CHALEUR Le problème représente une plaque soumise à une température imposée T_0 sur L1 et possède une condition de source volumique imposée sur S2.										
Objectif	Température au point C2 (3 6) : <table border="1" data-bbox="491 1010 1430 1084"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T_{C2}</td> <td>110°C</td> <td>110,8°C</td> <td>0,72%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	T_{C2}	110°C	110,8°C	0,72%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif								
T_{C2}	110°C	110,8°C	0,72%								
Version de Cast3M	Du jour										
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits										

Tableau 82 : Informations sur le cas test ther1bis.dgibi

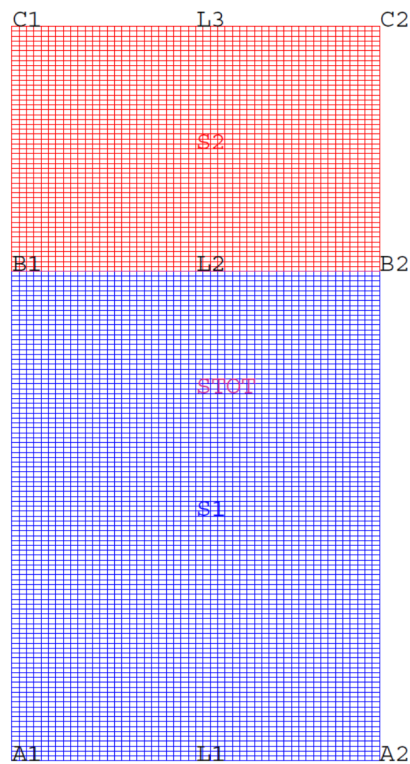


Figure 142 : Maillage du cas-test ther1bis.dgibi

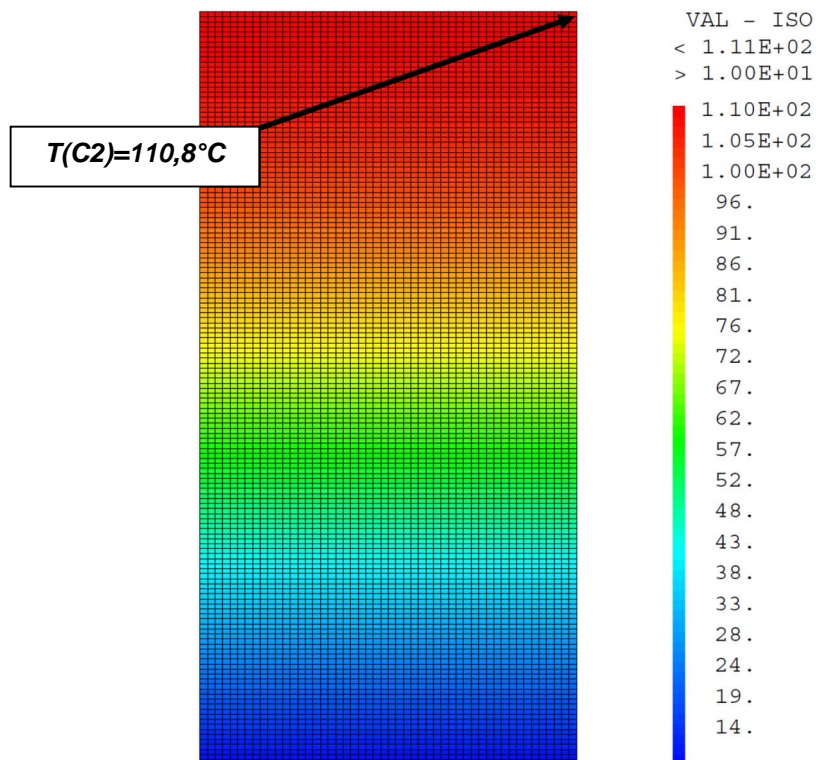


Figure 143 : Champ de température solution

Jeu de données :

```

* fichier : therlbis.dgibi
*****
* Section : Thermique Convection
*****

*****
* Test therlbis.dgibi: jeux de données *
* ----- *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
*                THER1BIS                *
*-----*
*  TEST D'UN PROBLEME DE DIFFUSION        *
*  AVEC UNE TEMPERATURE IMPOSEE         *
*  ET UNE SOURCE REPARTIE                *
*-----*
*  TEMPERATURE IMPOSEE + SOURCE          *
*-----*
* Ce test permet de vérifier le bon      *
* fonctionnement des divers             *
* opérateurs thermiques de CAST3M       *
*-----*
* Une plaque rectangulaire constituée    *
* d'éléments QUA4 est soumise à         *
* une température imposée à une de ses  *
* extrémités et une condition de source  *
* volumique imposée sur une partie      *
*-----*
* Les résultats sont comparés à la      *
* solution analytique du problème        *
*-----*

*----- OPTIONS GENERALES DE CALCUL -----*
OPTI DIME 2 ELEM QUA4 ;

TEMPS ;

*- CREATION DE LA GEOMETRIE:            *
* POINTS SUPPORTS DES ELEMENTS - *

A1 = 0. 0. ;A2 = 3. 0. ;
B1 = 0. 4. ;B2 = 3. 4. ;
C1 = 0. 6. ;C2 = 3. 6. ;

*- CREATION DES LIGNES -*
L1 = D 50 A1 A2;
L2 = D 50 B1 B2;
L3 = D 50 C1 C2;

*- CREATION DES SURFACES -*
S1 = (REGL 100 L1 L2) COUL BLEU;
S2 = (REGL 50 L2 L3) COUL ROUG;

STOT = S1 ET S2;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRACE 'QUAL' STOT ;
FINSI;

*--- DONNEES DU PROBLEME DE THERMIQUE ---*

*----- MODELISATION -----*

MOD1 = MODE STOT THERMIQUE ISOTROPE ;

*DONNEES DES CARACTERISTIQUES DU MATERIAU

KCOND = 100. ;
MAT1 = MATE MOD1 'K' KCOND ;

*- CREATION DES MATRICES DE CONDUCTIVITE -*

CND1 = CONDUCTIVITE MOD1 MAT1 ;

*- TEMPERATURES IMPOSEES: BLOQUE + DEPI -*

BBL = BLOQUE L1 'T' ;
T0 = 10. ;
EEL = DEPI BBL T0. ;

```

```

*----- SOURCE DE CHALEUR -----*
VALQ = 1000. ;
S1 = SOURCE MOD1 VALQ S2 ;

*- ASSEMBLAGE DES TERMES DE CONDUCTIVITE -*
CCC = CND1 ET BBL ;

*-ASSEMBLAGE DES TERMES DE FLUX EQUIVALENTS
FFF = EEL ET S1 ;

*----- RESOLUTION -----*
CHTER = RESO CCC FFF ;

*--- POST-TRAITEMENT: TRACE DES CHAMPS ---*
*          RESULTATS                *
*- ET CALCUL DES VALEURS CARACTERISTIQUES *

TITR 'TEMPERATURE' ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRACER STOT CHTER ;
FINSI;

T = EXTR CHTER T C2 ;

TEMPS ;

* CODE DE FONCTIONNEMENT

* Calcul de la température en C2
TREF = T0 - ( (VALQ / (2. * KCOND)) *
  (
    ((COOR 2 C2)**2) -
    (2*(COOR 2 C2)*(COOR 2 C2))+
    ((COOR 2 B2)**2)
  )
);

RESI1=100. * (ABS((T-TREF)/TREF));

* TEST SOURCE
MESS 'Temperature theorique : ' TREF '°C';
MESS 'Temperature calculee : ' T '°C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
SAUTER 1 LIGNES ;

RESITOT = PROG RESI1 ;
SI ((MAXI RESITOT) <EG 1.);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;

```

6.1.3 ther2.dgibi

Nom du fichier	ther2.dgibi																
Type de calcul	Thermique Conduction Convection Stationnaire 2D axisymétrique																
Type d'Éléments Finis	QUA4																
Référence	<p>Solution analytique dans 3 cas différents (Flux fixe, source de chaleur volumique et flux convectif à la surface vers un thermostat extérieur)</p> $\left\{ \begin{array}{l} T_1(r) = T_i + \frac{\phi \cdot R_e}{k} \ln\left(\frac{r}{R_i}\right) \\ T_2(r) = T_i + \frac{Q}{2k} \cdot \left(R_e^2 \ln\left(\frac{r}{R_i}\right) - \frac{1}{2} \cdot (r^2 - R_i^2) \right) \\ T_3(r) = T_i + \frac{h \cdot (T_{R_e} - T_{ext}) \cdot R_e}{k} \ln\left(\frac{r}{R_i}\right) \end{array} \right.$ $avec T_{R_e} = \frac{k \cdot T_1 + h \cdot R_e \ln\left(\frac{R_e}{R_i}\right) \cdot T_{ext}}{k + h \cdot R_e \ln\left(\frac{R_e}{R_i}\right)}$																
Description	<p>PROBLEME DE THERMIQUE AVEC CONDITIONS AUX LIMITES DIVERSES</p> <p>Le problème représente un anneau conduisant la chaleur avec un coefficient de conduction thermique k. Dans les trois cas une température T_i est appliquée sur le rayon intérieur R_i de l'anneau. Les chargements des 3 cas sont présentés ci-dessous :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Flux constant imposé au rayon extérieur R_e de l'anneau 2- Source de chaleur volumique Q appliquée dans tout l'anneau 3- Flux convectif imposé au rayon extérieur R_e de l'anneau avec le coefficient d'échange h et une température extérieur T_{ext}. 																
Objectif	<p>Température au point de rayon maximal</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #d9d9d9;"> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$T_1(R_e)$</td> <td>0,57152°C</td> <td>0,57152°C</td> <td>$6,3 \cdot 10^{-4}\%$</td> </tr> <tr style="background-color: #d9d9d9;"> <td>$T_2(R_e)$</td> <td>1510,9°C</td> <td>1505,3°C</td> <td>0,37%</td> </tr> <tr> <td>$T_3(R_e)$</td> <td>122,69°C</td> <td>122,68°C</td> <td>$4,1 \cdot 10^{-3}\%$</td> </tr> </tbody> </table>		Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	$T_1(R_e)$	0,57152°C	0,57152°C	$6,3 \cdot 10^{-4}\%$	$T_2(R_e)$	1510,9°C	1505,3°C	0,37%	$T_3(R_e)$	122,69°C	122,68°C	$4,1 \cdot 10^{-3}\%$
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif														
$T_1(R_e)$	0,57152°C	0,57152°C	$6,3 \cdot 10^{-4}\%$														
$T_2(R_e)$	1510,9°C	1505,3°C	0,37%														
$T_3(R_e)$	122,69°C	122,68°C	$4,1 \cdot 10^{-3}\%$														
Version de Cast3M	Du jour																
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																

Tableau 83 : Informations sur le cas test ther2.dgibi



Figure 144 : De gauche à droite, maillages des trois configurations du cas-test ther2.dgibi

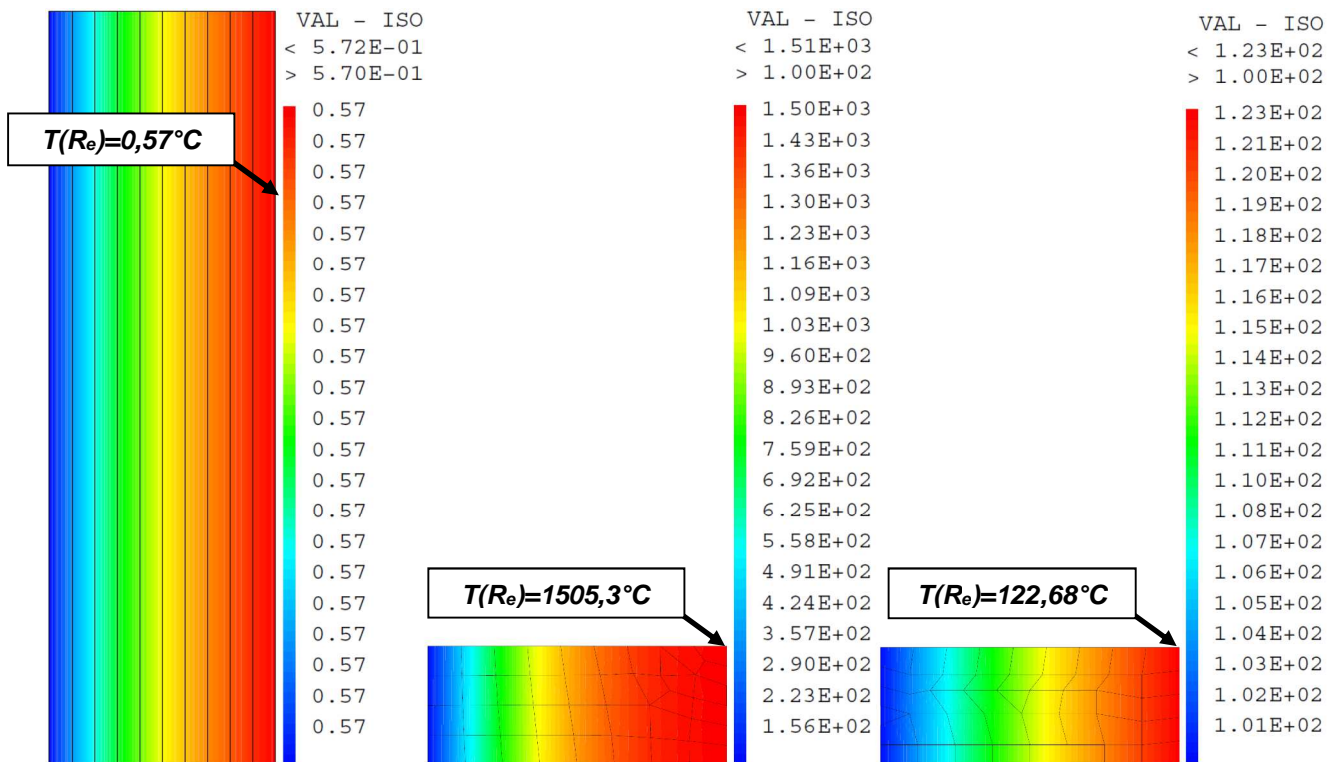


Figure 145 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de flux imposé, avec source volumique imposée et de convection imposée

Jeu de données :

```
* fichier : ther2.dgibi
*****
* Section : Thermique Convection
*****

*****
* Test ther2.dgibi: jeux de données *
* ----- *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
OPTI ECHO 1 ;
OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* THER2 *
* *
* TEST DES CL DE TEMPERATURE *
* EN MODE AXISYMETRIQUE *
*-----*
* *
* TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION *
* + FLUX *
* + SOURCE *
* *
* Comme dans le test THER1, cet exemple *
* permet de tester les conditions aux *
* limites de température en calcul *
* axisymétrique. *
* *
* Trois cas sont envisagés ici : *
* - un tube épais soumis à une *
* température imposée et à un *
* flux imposé *
* - un tube épais soumis à une *
* température imposée et à une *
* source volumique de chaleur *
* - un tube épais soumis à une *
* température imposée et à une *
* convection forcée *
*-----*
*
*--- 1er problème
* -----
*
*--- Description :
*
* établir le champ de température dans
* un tube épais soumis à une condition
* de température imposée et à un flux
* imposé
* -----
*--- Description de la géométrie :
*
* | axe de symétrie
* .
* |
* .
* .
* .
* .
* .
* | K=130.
* .
* | TI=0.57 F=0.72
* RI=0.0515 RE=0.2015
*
*--- Commentaires :
*
* le problème est à symétrie de révolution
* température imposée sur la paroi interne
* (TI=0.57)
* flux imposé sur la paroi externe
* (F=0.72)
* conductibilité isotrope
* (K=130)
*
*--- Solution analytique :
*
* T(R) = TI + LOG(R/RI) * (F * RE) / K
* Le test est réalisé en T(R=Re)
*
```

```
*-----*
TITR 'THER2 - C.L. TEMPERATURE -
CALCUL AXISYMETRIQUE';
OPTI DIME 2 ELEM QUA4 MODE AXIS ;
TEMPS ;

*--- CREATION DE LA GEOMETRIE:
P1 = 0.0515 0. ;P20 = 0.0665 0. ;
P19 = 0.0665 0.5 ;P2 = 0.0515 0.5 ;
P18 = 0.0815 0. ;P17 = 0.0815 0.5 ;
P16 = 0.0965 0. ;P15 = 0.0965 0.5 ;
P14 = 0.1115 0. ;P13 = 0.1115 0.5 ;
P12 = 0.1265 0. ;P11 = 0.1265 0.5 ;
P10 = 0.1415 0. ;P9 = 0.1415 0.5 ;
P8 = 0.1565 0. ;P7 = 0.1565 0.5 ;
P6 = 0.1715 0. ;P5 = 0.1715 0.5 ;
P24 = 0.1865 0. ;P23 = 0.1865 0.5 ;
P4 = 0.2015 0.5 ;P3 = 0.2015 0. ;

SURF1 = MANUEL QUA4 P1 P20 P19 P2 ;
SURF2 = MANUEL QUA4 P20 P18 P17 P19 ;
SURF3 = MANUEL QUA4 P18 P16 P15 P17 ;
SURF4 = MANUEL QUA4 P16 P14 P13 P15 ;
SURF5 = MANUEL QUA4 P14 P12 P11 P13 ;
SURF6 = MANUEL QUA4 P12 P10 P9 P11 ;
SURF7 = MANUEL QUA4 P10 P8 P7 P9 ;
SURF8 = MANUEL QUA4 P8 P6 P5 P7 ;
SURF9 = MANUEL QUA4 P6 P24 P23 P5 ;
SURF10 = MANUEL QUA4 P24 P3 P4 P23 ;
SURF11 = SURF1 ET SURF2 ET SURF3 ET SURF4
ET SURF5 ET SURF6 ET SURF7
ET SURF8 ET SURF9 ET SURF10;

D1 = DROITE 1 P1 P2 ;
D3 = DROITE 1 P3 P4 ;

*--- DONNEES DU PROBLEME DE THERMIQUE:

*--- MODELISATION:
MOD1 = MODE SURF11 THERMIQUE ISOTROPE ;

*--- CARACTERISTIQUES DU MATERIAU:
KC = 130. ;
MAT1 = MATE MOD1 K KC ;

*--- MATRICE DE CONDUCTIVITE:
CND1 = CONDUCTIVITE MOD1 MAT1 ;

*--- TEMPERATURES IMPOSEES: BLOQUE + DEPI
B1 = BLOQUE T D1 ;
TI = 0.57 ;
E1 = DEPI B1 TI ;

*--- FLUX IMPOSE:
F = 0.72;
F1 = FLUX MOD1 F D3 ;

*--- ASSEMBLAGE:
RIG1 = CND1 ET B1 ;
FF1 = E1 ET F1 ;

*--- RESOLUTION:
CHTHER1 = RESO RIG1 FF1 ;
TETAL = EXTR CHTHER1 T P3 ;

SI(NEG GRAPH 'N');
TRAC 'QUAL' SURF11 ;
TRAC CHTHER1 SURF11 ;
FINSI;

*--- TEST DE NON REGRESSION:
R = COOR 1 P3;
RI = COOR 1 P1;
RE = COOR 1 P4;

TREF1 = TI + ((LOG (R/RI)) * (F * RE) / KC);
RESI1=100. * (ABS((TETAL-TREF1)/TREF1));

MESS 'Temperature theorique : ' TREF1 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETAL ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
RESITOT = PROG RESI1 ;

SAUTER 1 LIGNES ;

*-----*
*--- 2eme problème
*
* établir le champ de température dans un
* tube épais soumis à une condition de
* température imposée ainsi qu'à une source
* volumique
*
*--- Description de la géométrie :
```



```
TEMPS ;  
*          CODE DE FONCTIONNEMENT  
SI ((MAXI RESITOT) <EG 0.4);  
  ERRE 0;  
SINO;  
  ERRE 5;  
FINSI;  
FIN;
```

6.1.4 ther3.dgibi

Nom du fichier	ther3.dgibi																		
Type de calcul	Thermique Conduction Convection Stationnaire 3D																		
Type d'Éléments Finis	PYR5 CUB8 TET4 PRI6																		
Référence	<p>Solution analytique dans 3 cas différents (Flux fixe, source de chaleur volumique et flux convectif à la surface vers un thermostat extérieur)</p> $T_1(z) = T_i - \frac{h \cdot (T_{surf} - T_{ext}) \cdot z}{k}$ <p>avec $T_{surf} = \frac{k \cdot T_i + h \cdot z_2 \cdot T_{ext}}{k + h \cdot z_2}$</p> $T_2(r) = T_i - \frac{\phi \cdot z}{k}$ $T_3(z) = T_i - \frac{Q}{k} \cdot \left(\frac{z^2}{2} - z_2 \cdot z \right)$																		
Description	<p>CONDITIONS AUX LIMITES DE CONDUCTION THERMIQUE</p> <p>Ce test permet de vérifier le bon fonctionnement des divers opérateurs thermiques pour les matériaux isotropes en 3D. Il est similaire au cas-test ther1.dgibi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériau isotrope: Un parallélépipède rectangle est soumis à une température imposée à une de ses extrémités et successivement à une condition de convection forcée, une condition de flux imposé et à une condition de source volumique imposée. 																		
Objectif	<p>Température au point F4 (0 1,5 6) dans les différentes conditions suivantes :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$T_{F4} (conv)$</td> <td>100°C</td> <td>100,83°C</td> <td>0,83%</td> </tr> <tr> <td>$T_{F4} (flux)$</td> <td>11,2°C</td> <td>11,203°C</td> <td>2,8.10⁻³%</td> </tr> <tr> <td>$T_{F4} (source)$</td> <td>10,360°C</td> <td>10,259°C</td> <td>0,98%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	$T_{F4} (conv)$	100°C	100,83°C	0,83%	$T_{F4} (flux)$	11,2°C	11,203°C	2,8.10 ⁻³ %	$T_{F4} (source)$	10,360°C	10,259°C	0,98%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif																
$T_{F4} (conv)$	100°C	100,83°C	0,83%																
$T_{F4} (flux)$	11,2°C	11,203°C	2,8.10 ⁻³ %																
$T_{F4} (source)$	10,360°C	10,259°C	0,98%																
Version de Cast3M	Du jour																		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																		

Tableau 84 : Informations sur le cas test ther3.dgibi

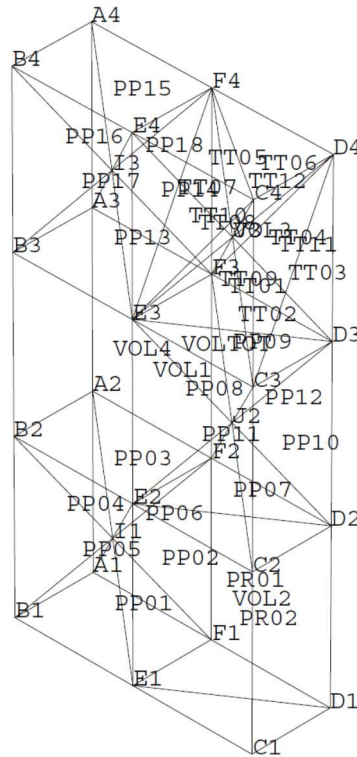


Figure 146 : Maillage du cas-test ther3.dgibi

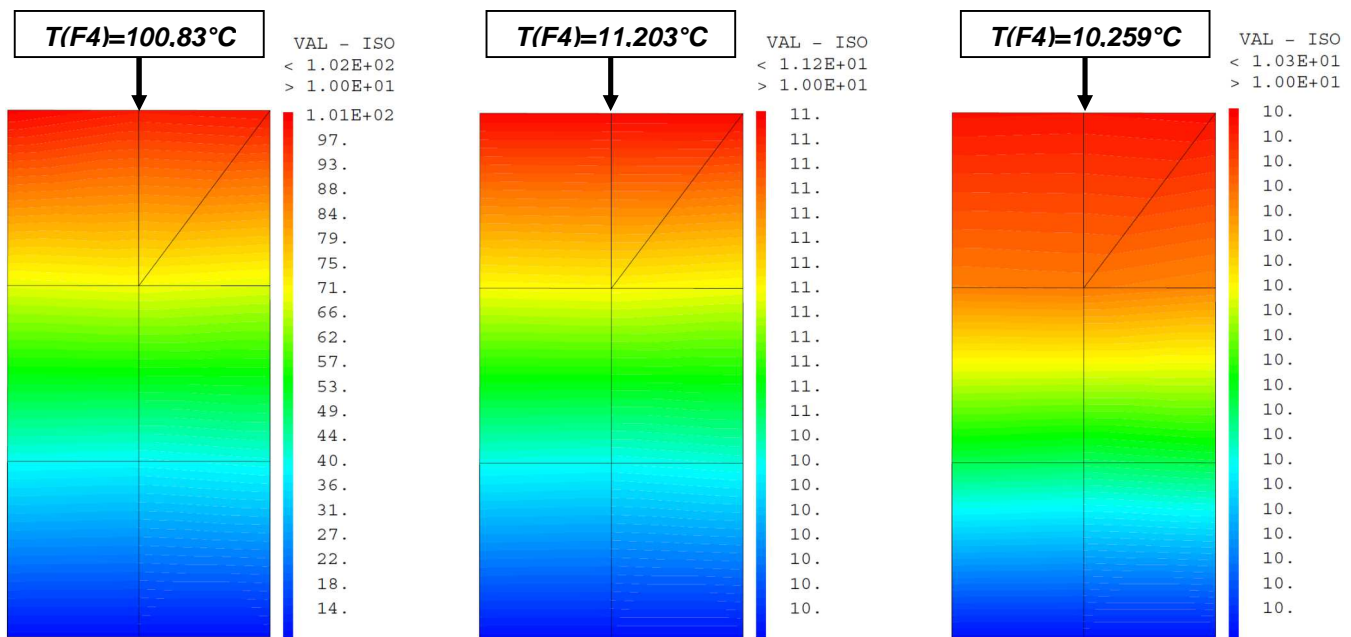


Figure 147 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée

Jeu de données :

```

* fichier : ther3.dgibi
*****
* Section : Thermique Convection
*****

*****
* Test ther3.dgibi: jeux de données *
* ----- *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
* THER3 *
* *
* TEST DES CL DE TEMPERATURE POUR *
* PYR5 CUB8 TET4 PRI6 TRIDIM: *
*-----*
* *
* TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION *
* + FLUX *
* + SOURCE *
* *
* Comme dans le test THER1, cet exemple *
* permet de tester les conditions aux li- *
* -mites de température pour des éléments *
* massifs linéaires PYR5, CUB8, TET4, PRI6 *
* *
* Un parallélépipède rectangle constitué *
* des éléments cités plus haut est soumis *
* à une température imposée à sa face su- *
* -périeure et à une condition de flux im- *
* -posée, une condition de source volu- *
* -mique ou une condition de convection *
* forcée. *
* *
* Les résultats sont présentés sous forme *
* d'isotherme dans une tranche verti- *
* -cale du parallélépipède. Les courbes *
* doivent être parallèles aux faces supé- *
* -rieure et inférieure. *
* *
* 21 DECEMBRE 1988. *
*-----*

* Disposition des noeuds des éléments :
*
*
* A4-----F4-----D4
* // // //
* B4-----E4-----C4 D3
* | | |
* | 6PYR5 | 12TET4 | //
* | | |
* B3-----E3-----C3
*
*
* IN: noeud milieu de
* (AN EN FN AN+1 EN+1 FN+1)
*
*
* A3-----F3-----D3
* // // //
* B3-----E3-----C3 D2
* | | |
* | 1CUB8 | 6PYR5 | //
* | | |
* B2-----E2-----C2
*
*
* JN: noeud milieu de
* (DN CN EN FN DN+1 CN+1 EN+1 FN+1)
*
*
* A2-----F2-----D2
* // // //
* B2-----E2-----C2 D1
* | | |
* | 6PYR5 | 2PRI6 | //
* | | |
* B1-----E1-----C1
*
*-----*

*--- OPTIONS GENERALES DE CALCUL:
TITR 'THER3 - C.L. TEMPERATURE -
ELEMENTS LINEAIRES 3D' ;
OPTION DIME 3 ELEM SEG2 ;

```

```

TEMPS ;

*--- CREATION DE LA GEOMETRIE:
* POINTS SUPPORTS DES ELEMENTS
A1=0. 0. 0.; B1=1. 0. 0.;
C1=1. 3. 0.; D1=0. 3. 0.;
A2=0. 0. 2.; B2=1. 0. 2.;
C2=1. 3. 2.; D2=0. 3. 2.;
A3=0. 0. 4.; B3=1. 0. 4.;
C3=1. 3. 4.; D3=0. 3. 4.;
A4=0. 0. 6.; B4=1. 0. 6.;
C4=1. 3. 6.; D4=0. 3. 6.;
E1=1. 1.5 0.; F1=0. 1.5 0.;
E2=1. 1.5 2.; F2=0. 1.5 2.;
E3=1. 1.5 4.; F3=0. 1.5 4.;
E4=1. 1.5 6.; F4=0. 1.5 6.;
I1=.5 .75 1.; I3=.5 .75 5.;
J1=.5 2.25 1.; J2=.5 2.25 3.;
J3=.5 2.25 5.;

*--- CREATION DES PYRAMIDES A 5 NOEUDS:
PP01 = MANU PYR5 A1 B1 E1 F1 I1 ;
PP02 = MANU PYR5 E1 F1 F2 E2 I1 ;
PP03 = MANU PYR5 E2 F2 A2 B2 I1 ;
PP04 = MANU PYR5 A2 B2 B1 A1 I1 ;
PP05 = MANU PYR5 B1 E1 E2 B2 I1 ;
PP06 = MANU PYR5 A1 F1 F2 A2 I1 ;

PP07 = MANU PYR5 D2 C2 E2 F2 J2 ;
PP08 = MANU PYR5 E2 F2 F3 E3 J2 ;
PP09 = MANU PYR5 E3 F3 D3 C3 J2 ;
PP10 = MANU PYR5 D3 C3 C2 D2 J2 ;
PP11 = MANU PYR5 C2 E2 E3 C3 J2 ;
PP12 = MANU PYR5 D2 F2 F3 D3 J2 ;

PP13 = MANU PYR5 A3 B3 E3 F3 I3 ;
PP14 = MANU PYR5 E3 F3 F4 E4 I3 ;
PP15 = MANU PYR5 E4 F4 A4 B4 I3 ;
PP16 = MANU PYR5 A4 B4 B3 A3 I3 ;
PP17 = MANU PYR5 B3 E3 E4 B4 I3 ;
PP18 = MANU PYR5 A3 F3 F4 A4 I3 ;

*VOLUME COMPOSE DES 18 PYRAMIDES A 5 NOEUDS
VOL1 = PP01 ET PP02 ET PP03 ET PP04 ET PP05
ET PP06 ET PP07 ET PP08 ET PP09 ET PP10
ET PP11 ET PP12 ET PP13 ET PP14 ET PP15
ET PP16 ET PP17 ET PP18 ;

*--- CREATION DES PRISMES A 6 NOEUDS:
PR01 = MANU PRI6 E1 D1 F1 E2 D2 F2 ;
PR02 = MANU PRI6 E1 C1 D1 E2 C2 D2 ;

* VOLUME COMPOSE DES 2 PRISMES A 6 NOEUDS
VOL2 = PR01 ET PR02 ;

*--- CREATION DES TETRAEDRES A 4 NOEUDS:
TT01 = MANU TET4 E3 D3 F3 J3 ;
TT02 = MANU TET4 E3 D3 C3 J3 ;
TT03 = MANU TET4 C3 D4 D3 J3 ;
TT04 = MANU TET4 C3 D4 C4 J3 ;
TT05 = MANU TET4 C4 F4 E4 J3 ;
TT06 = MANU TET4 C4 F4 D4 J3 ;
TT07 = MANU TET4 E3 F4 E4 J3 ;
TT08 = MANU TET4 E3 F4 F3 J3 ;
TT09 = MANU TET4 E3 C4 C3 J3 ;
TT10 = MANU TET4 E3 C4 E4 J3 ;
TT11 = MANU TET4 F3 D4 D3 J3 ;
TT12 = MANU TET4 F3 D4 F4 J3 ;

*VOLUME COMPOSE DES 12 TETRA A 4 NOEUDS
VOL3 = TT01 ET TT02 ET TT03 ET TT04 ET TT05
ET TT06 ET TT07 ET TT08 ET TT09 ET TT10
ET TT11 ET TT12 ;

*--- CREATION DU CUBE A 8 NOEUDS:
VOL4 = MANU CUB8 B2 E2 F2 A2 B3 E3 F3 A3 ;

*--- REUNION DES VOLUMES ELEMENTAIRES:
VOLTOT = VOL1 ET VOL2 ET VOL3 ET VOL4 ;

*--- POST-TRAITEMENT: TRACE DU MAILLAGE
OEIL = 100. 100. 100. ;
TITR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
MAILLAGE' ;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC 'QUAL' OEIL VOLTOT ;
FINSI ;

VOLSOUR = PP13 ET PP14 ET PP15 ET PP16
ET PP17 ET PP18 ET TT01 ET TT02
ET TT03 ET TT04 ET TT05 ET TT06
ET TT07 ET TT08 ET TT09 ET TT10
ET TT11 ET TT12 ;

*--- L_INF ETANT BASEE SUR LES POINTS:
* A1 B1 E1 C1 D1 F1
DD1 = D 1 A1 B1 ;
DD2 = D 1 B1 E1 ;

```

```

DD3 = D 1 E1 C1 ;
DD4 = D 1 C1 D1 ;
DD5 = D 1 D1 F1 ;
DD6 = D 1 F1 A1 ;

L_INF = DD1 ET DD2 ET DD3 ET DD4 ET DD5
      ET DD6 ;

*--- SURFACE INFERIEURE:
S_INF = SURF L_INF PLANE ;

*--- L_SUP ETANT BASEE SUR LES POINTS:
*   A4 B4 E4 C4 D4 F4

LL1 = D 1 A4 B4 ;
LL2 = D 1 B4 E4 ;
LL3 = D 1 E4 C4 ;
LL4 = D 1 C4 D4 ;
LL5 = D 1 D4 F4 ;
LL6 = D 1 F4 A4 ;

L_SUP = LL1 ET LL2 ET LL3 ET LL4 ET LL5
      ET LL6 ;

*--- SURFACE SUPERIEURE:
S_SUP = SURF L_SUP PLANE ;

*--- DONNEES DU PROBLEME DE THERMIQUE:
*--- MODELISATION:
MOD1 = MODE VOLTOT THERMIQUE ISOTROPE ;
MOD2 = MODE S_SUP THERMIQUE CONVECTION ;

*--DONNEE DES CARACTERISTIQUES DU MATERIAU:
KC = 100. ;
MAT1 = MATE MOD1 'K' KC ;
HC = 15. ;
MAT2 = MATE MOD2 'H' HC ;

*--- CREATION DES MATRICES DE CONDUCTIVITE:
CND1 = CONDUCTIVITE MOD1 MAT1 ;
CND2 = CONDUCTIVITE MOD2 MAT2 ;

*--- TEMPERATURES IMPOSEES: BLOQUE + DEPI
BB1 = BLOQ S_INF 'T' ;
TI = 10. ;
EE1 = DEPI BB1 TI ;

*--- FLUX CONVectif A LA SURFACE:
TEX = 200. ;
CNV1 = CONVECTION MOD2 MAT2 'T' TEX ;

*--- FLUX IMPOSE:
PHI = 20. ;
FLU1 = FLUX MOD1 PHI S_SUP ;

*--- SOURCE VOLUMIQUE:
QVOL = 2. ;
S1 = SOUR MOD1 QVOL VOLSOUR ;

*-- ASSEMBLAGE DES TERMES DE CONDUCTIVITE:
CCC1 = CND1 ET CND2 ET BB1 ;
CCC2 = CND1 ET BB1 ;

*ASSEMBLAGE DES TERMES DE FLUX EQUIVALENTS:
FFF1 = EE1 ET CNV1 ;
FFF2 = EE1 ET FLU1 ;
FFF3 = EE1 ET S1 ;

*--- 1ERE RESOLUTION:
*   TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION
CHT1R1 = RESO CCC1 FFF1 ;

*--- POST-TRAITEMENT
Z1 = COOR 3 F1;
Z2 = COOR 3 F4;

*Valeur Théorique de la température en Z2
TREF1=((KC * TI) + (HC * Z2 * TEX)) /
      ((KC ) + (HC * Z2 )) ;

TETA1 = EXTR CHT1R1 T F4 ;
RESI1=100. * (ABS((TETA1-TREF1)/TREF1));

MESS 'Temperature theorique : ' TREF1 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA1 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
RESITOT = PROG RESI1 ;
SAUT 1 LIGN ;

OEIL = 100. 0. 0. ;
SI(NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
  CONVECTION' ;
  TRAC OEIL VOLTOT CHT1R1 ;
FINSI;

```

```

*--- 2EME RESOLUTION:
*   TEMPERATURE IMPOSEE + FLUX
CHT2R2 = RESO CCC2 FFF2 ;

TREF2= TI + (PHI * Z2 / KC ) ;

TETA2 = EXTR CHT2R2 T F4 ;
RESI2=100. * (ABS((TETA2-TREF2)/TREF2));
MESS 'Temperature theorique : ' TREF2 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA2 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI2 '%';
RESITOT = RESITOT ET (PROG RESI2) ;
SAUT 1 LIGN ;

SI(NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
  FLUX';
  TRAC OEIL VOLTOT CHT2R2 ;
FINSI;

*--- 3EME RESOLUTION:
*   TEMPERATURE IMPOSEE + SOURCE
CHT3R3 = RESO CCC2 FFF3 ;

TREF3= TI - (QVOL * (Z2**2) / (2 * KC)) +
      (QVOL * (Z2**2) / ( KC));

TETA3 = EXTR CHT3R3 T F4 ;
RESI3=100. * (ABS((TETA3-TREF3)/TREF3));
MESS 'Temperature theorique : ' TREF3 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA3 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI3 '%';
RESITOT = RESITOT ET (PROG RESI3) ;
SAUT 1 LIGN ;

SI(NEG GRAPH 'N');
  TTIR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
  SOURCE';
  TRAC OEIL VOLTOT CHT3R3 ;
FINSI;

*   CODE DE FONCTIONNEMENT
LIST RESITOT;
SI((MAXI RESITOT) <EG 1.);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;
FIN;

```

6.1.5 ther4.dgibi

Nom du fichier	ther4.dgibi																		
Type de calcul	Thermique Conduction Convection Stationnaire 3D																		
Type d'Éléments Finis	PY13 CU20 TE10 PR15																		
Référence	Solution analytique dans 3 cas différents (Flux fixe, source de chaleur volumique et flux convectif à la surface vers un thermostat extérieur) $\left\{ \begin{array}{l} T_1(z) = T_i - \frac{h \cdot (T_{surf} - T_{ext}) \cdot z}{k} \\ \text{avec } T_{surf} = \frac{k \cdot T_i + h \cdot z_2 \cdot T_{ext}}{k + h \cdot z_2} \\ T_2(r) = T_i - \frac{\phi \cdot z}{k} \\ T_3(z) = T_i - \frac{Q}{k} \cdot \left(\frac{z^2}{2} - z_2 \cdot z \right) \end{array} \right.$																		
Description	CONDITIONS AUX LIMITES DE CONDUCTION THERMIQUE Ce test est quasi-identique au test ther3.dgibi et permet de vérifier le bon fonctionnement des divers opérateurs thermiques pour les matériaux isotropes en 3D. La différence provient du fait que les éléments utilisés sont du second ordre. <ul style="list-style-type: none"> - Matériau isotrope: Un parallélépipède rectangle est soumis à une température imposée à une de ses extrémités et successivement à une condition de convection forcée, une condition de flux imposé et à une condition de source volumique imposée. 																		
Objectif	Température au point F4 (0 2 6) dans les différentes conditions suivantes : <table border="1" data-bbox="488 1285 1430 1451"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$T_{F4} (conv)$</td> <td>100°C</td> <td>101,43°C</td> <td>1,4%</td> </tr> <tr> <td>$T_{F4} (flux)$</td> <td>11,2°C</td> <td>11,233°C</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>$T_{F4} (source)$</td> <td>10,360°C</td> <td>10,226°C</td> <td>1,3%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	$T_{F4} (conv)$	100°C	101,43°C	1,4%	$T_{F4} (flux)$	11,2°C	11,233°C	0,3%	$T_{F4} (source)$	10,360°C	10,226°C	1,3%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif																
$T_{F4} (conv)$	100°C	101,43°C	1,4%																
$T_{F4} (flux)$	11,2°C	11,233°C	0,3%																
$T_{F4} (source)$	10,360°C	10,226°C	1,3%																
Version de Cast3M	Du jour																		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits																		

Tableau 85 : Informations sur le cas test ther4.dgibi

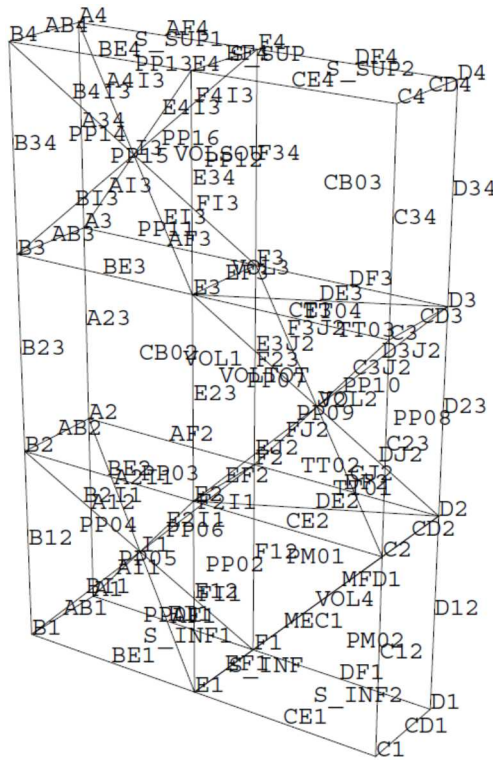


Figure 148 : Maillage du cas-test ther4.dgibi

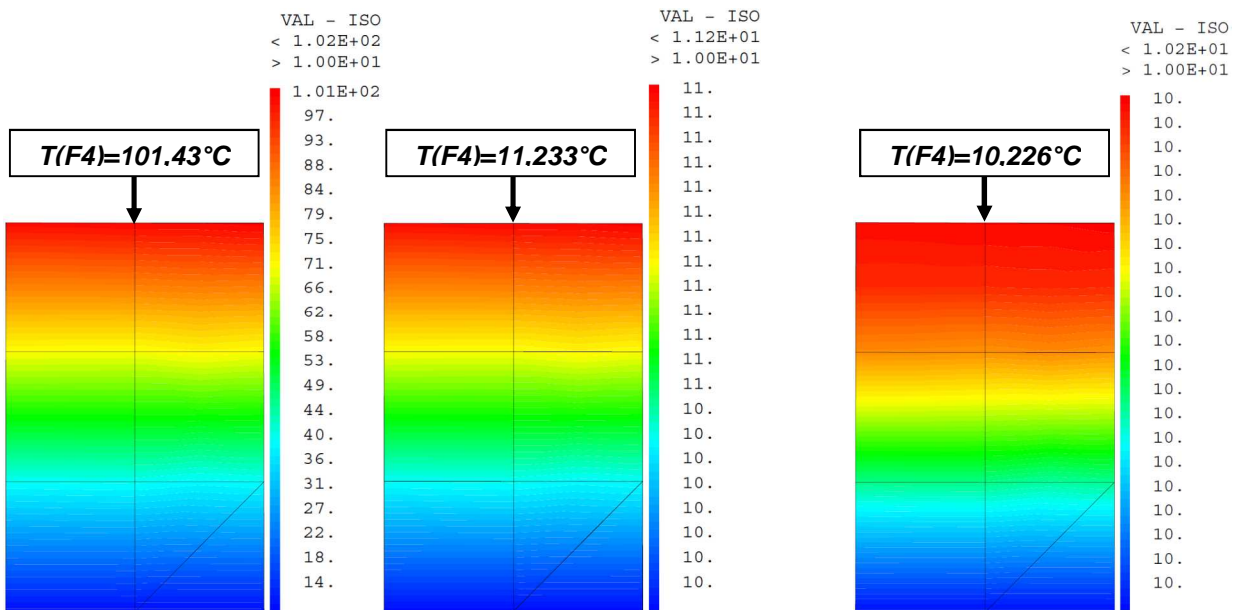


Figure 149 : De gauche à droite : Champ de température avec la condition aux limite de convection, de flux imposé et avec source volumique imposée

Jeu de données :

```
* fichier : ther4.dgibi
*****
* Section : Thermique Convection
*****

*****
* Test ther4.dgibi: jeux de données *
* ----- *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;
*-----*
*                THER4                *
*-----*
* TEST DES CL DE TEMPERATURE POUR     *
* PY13 CU20 TE10 PR15 TRIDIM:         *
*-----*
* TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION    *
* + FLUX                               *
* + SOURCE                             *
*-----*
* Cet exemple permet de tester les     *
* conditions aux limites de température *
* pour des éléments massifs 3D quadratiques *
*-----*
* Un parallélépipède rectangle constitué *
* d'éléments PY13, CU20, TE10 et PR15 est *
* soumis à une température imposée à sa  *
* face supérieure et successivement à une *
* convection forcée, à un flux imposé et à *
* une source volumique de chaleur.      *
*-----*
* Les résultats sont présentés sous forme *
* d'isovaleurs qui doivent être parallèles *
* aux faces supérieure et inférieure.    *
*-----*
*                21 DECEMBRE 1988      *
*-----*

*--- DISPOSITION DES NOEUDS DES ELEMENTS:
*
*      A4 AF4 F4 DF4 D4
*      / / / / /
*     AB4 EF4 CD4 D34
*      / / / / /
*     B4 BE4 E4 CE4 C4 D3
*     | 6PY13 | 1CU20 | / /
*     B34 E34 C34 CD3
*     | B3 BE3 E3 CE3 C3
*
* IN:CENTRE DE
* (AN BN EN FN AN+1 EN+1 FN+1)
*
* JN:CENTRE DE
* (DN CN EN FN DN+1 CN+1 EN+1 FN+1)
*
*      A3 AF3 F3 DF3 D3
*      / / / / /
*     AB3 EF3 DE3 CD3 D23
*      / / / / /
*     B3 BE3 E3 CE3 C3 D2
*     | 1CU20 | 4PY13 | / /
*     B23 E23 + C23 CD2
*     | B2 BE2 E2 CE2 C2
*
*      A2 AF2 F2 DF2 D2
*      / / / / /
*     AB2 EF2 DE2 CD2 D12
*      / / / / /
*     B2 BE2 E2 CE2 C2 D1
*     | 6PY13 | 2PR15 | / /
*     B12 E12 C12 CD1
*     | B1 BE1 E1 CE1 C1
*
*-----*
*--- OPTIONS GENERALES DE CALCUL:
*
TTIR 'THER4 - C.L. TEMPERATURE -
ELEMENTS QUADRATIQUES' ;
```

```
OPTI DIME 3 ;
TEMPS ;

*--- CREATION DE LA GEOMETRIE: POINTS SUPPORTS DES ELEMENTS
A1=0. 0. 0.; B1=1. 0. 0.;
C1=1. 4. 0.; D1=0. 4. 0.;
A2=0. 0. 2.; B2=1. 0. 2.;
C2=1. 4. 2.; D2=0. 4. 2.;
A3=0. 0. 4.; B3=1. 0. 4.;
C3=1. 4. 4.; D3=0. 4. 4.;
A4=0. 0. 6.; B4=1. 0. 6.;
C4=1. 4. 6.; D4=0. 4. 6.;
E1=1. 2. 0.; F1=0. 2. 0.;
E2=1. 2. 2.; F2=0. 2. 2.;
E3=1. 2. 4.; F3=0. 2. 4.;
E4=1. 2. 6.; F4=0. 2. 6.;
I1=.5 1. 1.; J2=.5 3. 3.;
I3=.5 1. 5.;

A12=0. 0. 1.; B12=1. 0. 1.;
C12=1. 4. 1.; D12=0. 4. 1.;
A23=0. 0. 3.; B23=1. 0. 3.;
C23=1. 4. 3.; D23=0. 4. 3.;
A34=0. 0. 5.; B34=1. 0. 5.;
C34=1. 4. 5.; D34=0. 4. 5.;
E12=1. 2. 1.; F12=0. 2. 1.;
E23=1. 2. 3.; F23=0. 2. 3.;
E34=1. 2. 5.; F34=0. 2. 5.;

AB1=.5 0. 0.; AB2=.5 0. 2.;
AB3=.5 0. 4.; AB4=.5 0. 6.;
BE1=1. 1. 0.; BE2=1. 1. 2.;
BE3=1. 1. 4.; BE4=1. 1. 6.;
CE1=1. 3. 0.; CE2=1. 3. 2.;
CE3=1. 3. 4.; CE4=1. 3. 6.;
CD1=.5 4. 0.; CD2=.5 4. 2.;
CD3=.5 4. 4.; CD4=.5 4. 6.;
DF1=0. 3. 0.; DF2=0. 3. 2.;
DF3=0. 3. 4.; DF4=0. 3. 6.;
AF1=0. 1. 0.; AF2=0. 1. 2.;
AF3=0. 1. 4.; AF4=0. 1. 6.;
EF1=.5 2. 0.; EF2=.5 2. 2.;
EF3=.5 2. 4.; EF4=.5 2. 6.;
MEC1=1. 3. 1.; MFD1=0. 3. 1.;

*--- MILIEUX DES SEGMENTS (XN IN) ET (XN JN)
A1I=.25 .5 .5; B1I=.75 .5 .5;
E1I=.75 1.5 .5; F1I=.25 1.5 .5;
E2I=.75 2.5 2.5; F2I=.25 2.5 2.5;
D2I=.25 3.5 2.5; C2I=.75 3.5 2.5;
A13=.25 .5 4.5; B13=.75 .5 4.5;
E13=.75 1.5 4.5; F13=.25 1.5 4.5;

*--- MILIEUX DES SEGMENTS (XN+1 IN) ET (XN+1 JN)
A2I1=.25 .5 1.5; B2I1=.75 .5 1.5;
E2I1=.75 1.5 1.5; F2I1=.25 1.5 1.5;
E3J2=.75 2.5 3.5; F3J2=.25 2.5 3.5;
D3J2=.25 3.5 3.5; C3J2=.75 3.5 3.5;
A4I3=.25 .5 5.5; B4I3=.75 .5 5.5;
E4I3=.75 1.5 5.5; F4I3=.25 1.5 5.5;
DE2=.5 3. 2.; DE3=.5 3. 4.;

*--- CREATION DES PYRAMIDES A 13 NOEUDS:
PP01 = MANU PY13
A1 AB1 B1 BE1 E1 EF1 F1 AF1
A1I B1I E1I F1I I1 I1 ;
PP02 = MANU PY13
E1 EF1 F1 F12 F2 EF2 E2 E12
E1I F1I F2I1 E2I1 I1 I1 ;
PP03 = MANU PY13
E2 EF2 F2 AF2 A2 AB2 B2 BE2
E2I1 F2I1 A2I1 B2I1 I1 I1 ;
PP04 = MANU PY13
A2 AB2 B2 B12 B1 AB1 A1 A12
A2I1 B2I1 B1I A1I I1 I1 ;
PP05 = MANU PY13
B1 BE1 E1 E12 E2 BE2 B2 B12
B1I E1I E2I1 B2I1 I1 I1 ;
PP06 = MANU PY13
A1 AF1 F1 F12 F2 AF2 A2 A12
A1I F1I F2I1 A2I1 I1 I1 ;
PP07 = MANU PY13
E2 EF2 F2 F23 F3 EF3 E3 E23
EJ2 FJ2 F3J2 E3J2 J2 J2 ;
PP08 = MANU PY13
D3 CD3 C3 C23 C2 CD2 D2 D23
D3J2 C3J2 C2J2 DJ2 J2 J2 ;
PP09 = MANU PY13
C2 CE2 E2 E23 E3 CE3 C3 C23
C2J2 EJ2 E3J2 C3J2 J2 J2 ;
PP10 = MANU PY13
D2 DF2 F2 F23 F3 DF3 D3 D23
DJ2 FJ2 F3J2 D3J2 J2 J2 ;
PP11 = MANU PY13
A3 AB3 B3 BE3 E3 EF3 F3 AF3
A13 B13 E13 F13 I3 I3 ;
PP12 = MANU PY13
E3 EF3 F3 F34 F4 EF4 E4 E34
```

```

E13 F13 F4I3 E4I3 I3 ;
PP13 = MANU PY13
E4 EF4 F4 AF4 A4 AB4 B4 BE4
E4I3 F4I3 A4I3 B4I3 I3 ;
PP14 = MANU PY13
A4 AB4 B4 B34 B3 AB3 A3 A34
A4I3 B4I3 B13 AI3 I3 ;
PP15 = MANU PY13
B3 BE3 E3 E34 E4 BE4 B4 B34
B13 E13 E4I3 B4I3 I3 ;
PP16 = MANU PY13
A3 AF3 F3 F34 F4 AF4 A4 A34
AI3 F13 F4I3 A4I3 I3 ;

*--- VOLUME COMPOSE DES 16 PYRAMIDES
*
A 13 NOEUDS:
VOL1 = PP01 ET PP02 ET PP03 ET PP04 ET
PP05 ET PP06 ET PP07 ET PP08 ET
PP09 ET PP10 ET PP11 ET PP12 ET
PP13 ET PP14 ET PP15 ET PP16 ;

*--- CREATION DES TETRAEDRES
*
A 10 NOEUDS:
TT01 = MANU TE10
D2 CD2 C2 CE2 E2 DE2 DJ2 CJ2
EJ2 J2 ;
TT02 = MANU TE10
D2 DF2 F2 EF2 E2 DE2 DJ2 FJ2
EJ2 J2 ;
TT03 = MANU TE10
D3 CD3 C3 CE3 E3 DE3 D3J2 C3J2
E3J2 J2 ;
TT04 = MANU TE10
D3 DF3 F3 EF3 E3 DE3 D3J2 F3J2
E3J2 J2 ;

*--- VOLUME COMPOSE DES 4 TETRAEDRES
*
A 10 NOEUDS:
VOL2 = TT01 ET TT02 ET TT03 ET TT04 ;

*--- CREATION DES PRISMES A 15 NOEUDS:
PM01 = MANU PR15 E2 E12 E1 ME1 C2 CE2 EF2
EF1 CD2
F2 F12 F1 MFD1 D2 DF2 ;
PM02 = MANU PR15 E1 CE1 C1 C12 C2 ME1 EF1
CD1 CD2
F1 DF1 D1 D12 D2 MFD1 ;

*--- VOLUME COMPOSE DES 2 PRISMES
*
A 15 NOEUDS:
VOL4 = PM01 ET PM02 ;

*--- CREATION DES CUBES A 20 NOEUDS:
CB02 = MANU CU20
E2 BE2 E2 AB2 A2 AF2 F2 EF2 E23 B23 A23 F23
E3 BE3 B3 AB3 A3 AF3 F3 EF3 ;
CB03 = MANU CU20
E3 CE3 C3 CD3 D3 DF3 F3 EF3 E34 C34 D34 F34
E4 CE4 C4 CD4 D4 DF4 F4 EF4 ;

*--- VOLUME COMPOSE DES 2 CUBES
*
A 20 NOEUDS:
VOL3 = CB02 ET CB03 ;

*--- REUNION DES VOLUMES ELEMENTAIRES:
VOLTOT = VOL1 ET VOL2 ET VOL3 ET VOL4 ;
VOLSOU = PP11 ET PP12 ET PP13 ET PP14 ET
PP15 ET PP16 ET CB03 ;

*--- SURFACE INFERIEURE:
S_INF1 = MANU QUA8 A1 AB1 B1 BE1 E1 EF1 F1
AF1 ;
S_INF2 = MANU QUA8 C1 CD1 D1 DF1 F1 EF1 E1
CE1 ;
S_INF = S_INF1 ET S_INF2 ;

*--- SURFACE SUPERIEURE:
S_SUP1 = MANU QUA8 A4 AB4 B4 BE4 E4 EF4 F4
AF4 ;
S_SUP2 = MANU QUA8 C4 CD4 D4 DF4 F4 EF4 E4
CE4 ;
S_SUP = S_SUP1 ET S_SUP2 ;

OEIL1 = 15 12 10 ;
SI(NEG GRAPH 'N');
TRAC 'QUAL' OEIL1 VOLTOT ;
FINSI;

*--- DONNEES DU PROBLEME DE THERMIQUE:
*--- MODELISATION:
MOD1 = MODE VOLTOT THERMIQUE ISOTROPE ;
MOD2 = MODE S_SUP THERMIQUE CONVECTION ;

*---DONNEE DES CARACTERISTIQUES DU MATERIAU:
KC = 100. ;
MAT1 = MATE MOD1 'K' KC ;

```

```

HC = 15. ;
MAT2 = MATE MOD2 'H' HC ;

*--- CREATION DES MATRICES DE CONDUCTIVITE:
CND1 = CONDUCTIVITE MOD1 MAT1 ;
CND2 = CONDUCTIVITE MOD2 MAT2 ;

*--- TEMPERATURES IMPOSEES: BLOQUE + DEPI
BB1 = BLOQ S_INF 'T' ;
TI = 10. ;
EE1 = DEPI BB1 TI ;

*--- FLUX CONVECTIF A LA SURFACE:
TEX = 200. ;
CNV1 = CONVECTION MOD2 MAT2 'T' TEX ;

*--- FLUX IMPOSE:
PHI = 20. ;
FLU1 = FLUX MOD1 PHI S_SUP ;

*--- SOURCE VOLUMIQUE:
QVOL = 2. ;
S1 = SOUR MOD1 QVOL VOLSOU ;

*--- ASSEMBLAGE DES TERMES DE CONDUCTIVITE:
CCC1 = CND1 ET CND2 ET BB1 ;
CCC2 = CND1 ET BB1 ;

*ASSEMBLAGE DES TERMES DE FLUX EQUIVALENTS:
FFF1 = EE1 ET CNV1 ;
FFF2 = EE1 ET FLU1 ;
FFF3 = EE1 ET S1 ;

*--- 1ERE RESOLUTION:
*
TEMPERATURE IMPOSEE + CONVECTION
CHTER1 = RESO CCC1 FFF1 ;

*--- POST-TRAITEMENT
Z1 = COOR 3 F1;
Z2 = COOR 3 F4;

*Valeur Théorique de la température en Z2
TREF1=(KC * TI) + (HC * Z2 * TEX) /
((KC ) + (HC * Z2 ) ) ;

TETA1 = EXTR CHTER1 T F4 ;
RESI1=100. * (ABS((TETA1-TREF1)/TREF1));

MESS 'Temperature theorique : ' TREF1 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA1 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI1 '%';
RESITOT = PROG RESI1 ;
SAUT 1 LIGN ;

OEIL = 100. 0. 0. ;
SI(NEG GRAPH 'N');
TIIR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
CONVECTION' ;
TRAC OEIL VOLTOT CHTER1 ;
FINSI;

*--- 2EME RESOLUTION:
*
TEMPERATURE IMPOSEE + FLUX
CHTER2 = RESO CCC2 FFF2 ;

TREF2= TI + (PHI * Z2 / KC );

TETA2 = EXTR CHTER2 T F4 ;
RESI2=100. * (ABS((TETA2-TREF2)/TREF2));
MESS 'Temperature theorique : ' TREF2 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA2 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI2 '%';
RESITOT = RESITOT ET (PROG RESI2) ;
SAUT 1 LIGN ;

SI(NEG GRAPH 'N');
TIIR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :
FLUX';
TRAC OEIL VOLTOT CHTER2 ;
FINSI;

*--- 3EME RESOLUTION:
*
TEMPERATURE IMPOSEE + SOURCE
CHTER3 = RESO CCC2 FFF3 ;

TREF3= TI - (QVOL * (Z2**2) / (2 * KC)) +
(QVOL * (Z2**2) / ( KC));

TETA3 = EXTR CHTER3 T F4 ;
RESI3=100. * (ABS((TETA3-TREF3)/TREF3));
MESS 'Temperature theorique : ' TREF3 ' C';
MESS 'Temperature calculee : ' TETA3 ' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' RESI3 '%';
RESITOT = RESITOT ET (PROG RESI3) ;
SAUT 1 LIGN ;

```



```
SI(NEG GRAPH 'N');  
  TITR 'ELEMENTS PYR5 CUB8 TET4 PRI6 :  
SOURCE';  
  TRAC OEIL VOLTOT CHTER3 ;  
FINSI;
```

```
*      CODE DE FONCTIONNEMENT  
LIST RESITOT;  
SI((MAXI RESITOT) <EG 1.5);  
  ERRE 0;  
SINO;  
  ERRE 5;  
FINSI;  
FIN;
```

Tableau 86 : Informations sur le cas test tran2.dgibi

6.2 RÉGIME TRANSITOIRE LINÉAIRE

6.2.1 tran2.dgibi

Nom du fichier	tran2.dgibi
Type de calcul	Thermique Conduction Transitoire 2D-axisymétrique
Type d'Éléments Finis	TRI6
Référence	Solution analytique
Description	<p>PROBLEME DE VALENTIN</p> <p>Le problème représente un cylindre épais en 2D-axisymétrique sur lequel sont imposés une condition de flux convectif et une source de chaleur volumique. Cette dernière n'est active que sur la partie basse du cylindre.</p> <p>Le transport de la chaleur se fait exclusivement par diffusion. Un changement de phase avec chaleur latente massique s'opère à la température de 1°C.</p>
Objectif	<p>Retrouver la position du front de changement de phase en le comparant à la position théorique d'après la solution analytique.</p> <p>Ecart relatif maximum entre la solution analytique et le calcul : 12,6%</p>
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

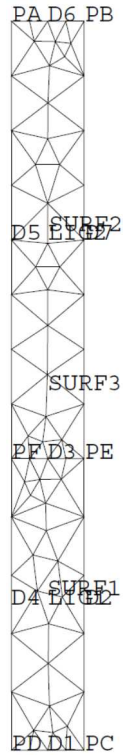


Figure 150 : Maillage du cas-test tran2.dgibi

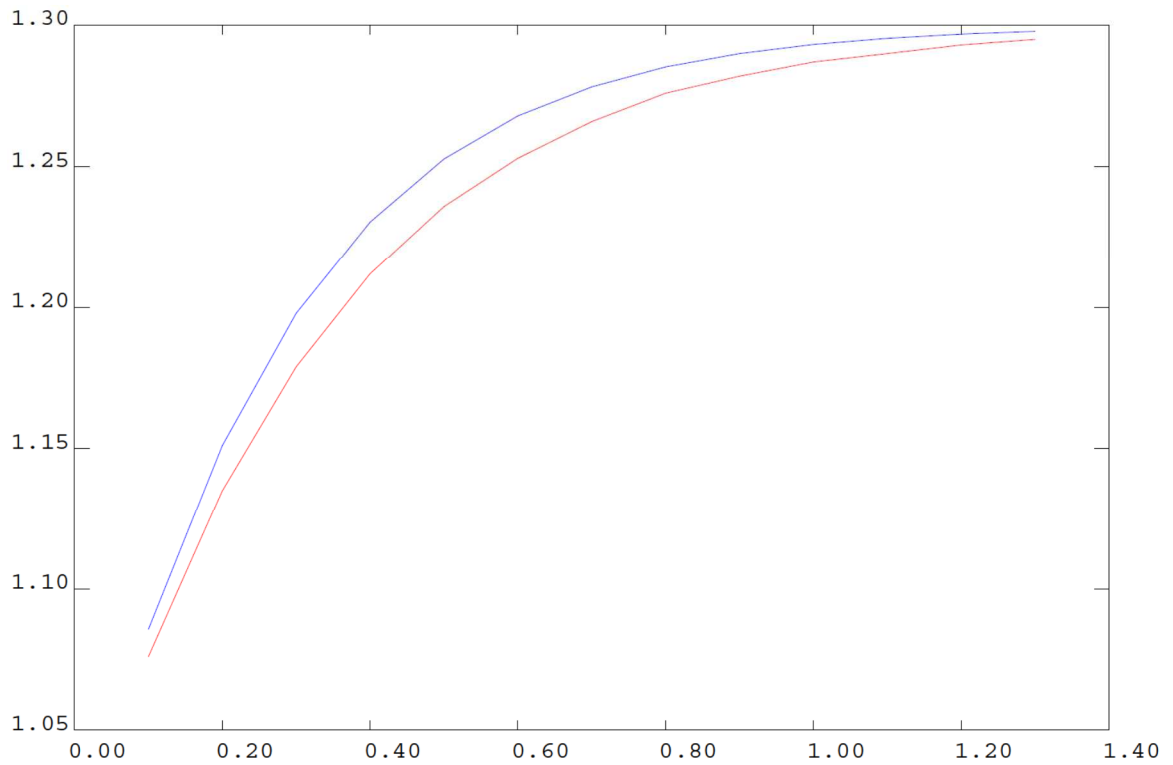


Figure 151 : Evolution au cours du temps de la température maximale atteinte dans l'ensemble du domaine. La courbe rouge représente la courbe de référence alors que la courbe bleue représente l'évolution calculée.



```
'TEMPERATURE' TEMPI ;
TIME = PROG 0.1 0.200 0.300 0.400 0.500
          0.600 0.700 0.800 0.900 1.000
          1.100 1.200 1.300 ;
LITEM = PROG 1.076 1.135 1.179 1.212 1.236
          1.253 1.266 1.276 1.282 1.287
          1.290 1.293 1.295 ;
EV2 = EVOL ROUGE MANU TIME LITEM ;

SI(NEG GRAPH 'N');
  TITR
  'EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MAXIMALE';
  DESS (EV1 ET EV2) ;
FINSI;

TEMPS ;

* CODE DE FONCTIONNEMENT BASÉ SUR UN ECART
* MILIEU DE COURBE
* TEST RUDIMENTAIRE POUVANT ETRE OPTIMISÉ
TREF = 1.253;
ITER1A= 6;
TMAX = MAXI (ETAB. 'TEMPERATURES'.ITER1A);
RESI = 100. * (ABS((TMAX-TREF)/TREF));
SI(RESI <EG 5.);
  ERRE 0;
SINO;
  ERRE 5;
FINSI;

FIN;
```

6.2.2 tran8.dgibi

Nom du fichier	tran8.dgibi										
Type de calcul	Thermique Conduction Transitoire 2D										
Type d'Éléments Finis	QUA4										
Référence	Test NAFEMS numero T3										
Description	CONDITIONS DE TEMPERATURE IMPOSEE VARIABLE Cet exemple représente un rectangle en 2D de longueur 10cm et de hauteur 1cm dans lequel la chaleur diffuse de manière isotrope. La température est maintenue fixe sur l'une de ses extrémités et variable sur l'autre extrémité (régime sinusoïdale d'amplitude 100°C).										
Objectif	Température au point C (0,08 0) au temps t=32s <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Référence</th> <th>Cast3M 2016</th> <th>Ecart Relatif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T_c</td> <td>36,6°C</td> <td>36,893°C</td> <td>0,8%</td> </tr> </tbody> </table>				Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif	T_c	36,6°C	36,893°C	0,8%
	Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif								
T_c	36,6°C	36,893°C	0,8%								
Version de Cast3M	Du jour										
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits										

Tableau 87 : Informations sur le cas test tran8.dgibi

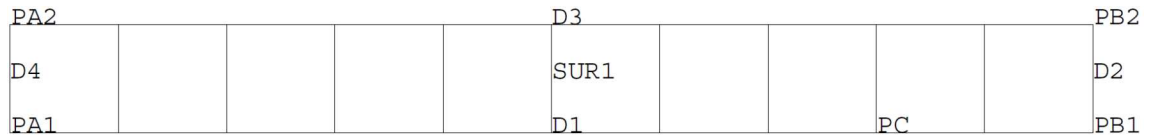


Figure 152 : Maillage du cas-test tran8.dgibi

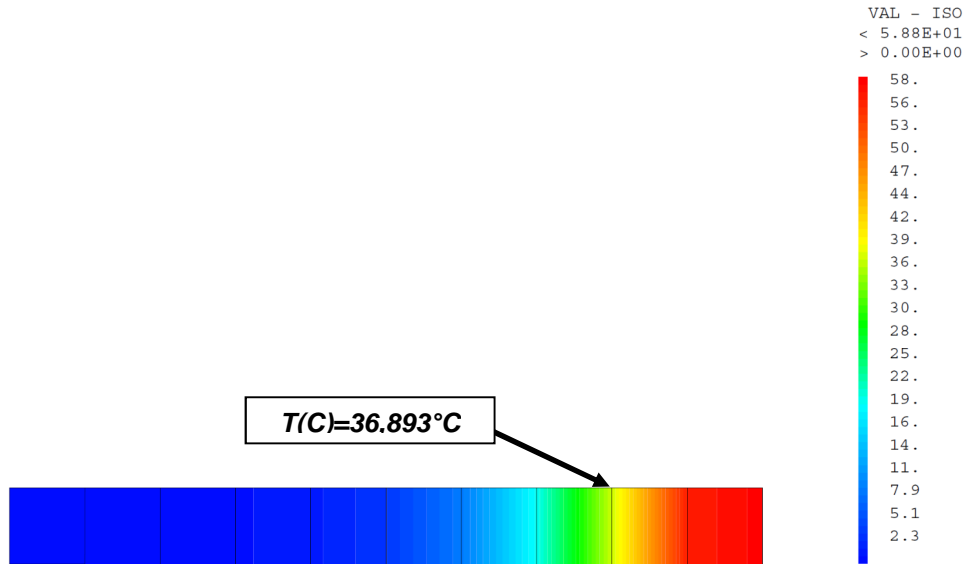


Figure 153 : Tracé du champ de température nodal au temps $t=32s$

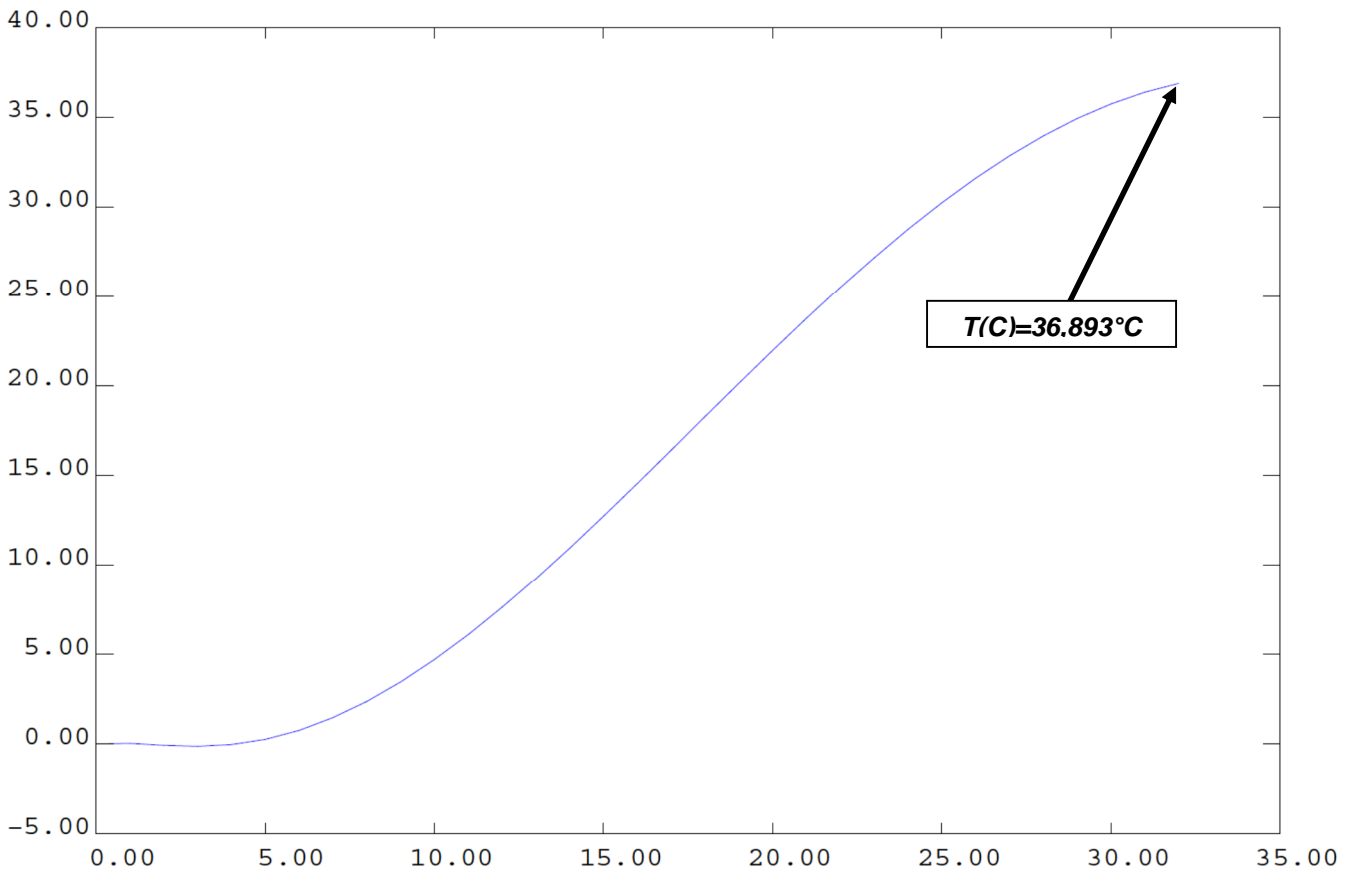


Figure 154 : Evolution au cours du temps de la température au point C

Jeu de données :

```

* fichier : tran8.dgibi
*****
* Section : Thermique Transitoire
*****
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST

*****
*   Test tran8.dgibi: jeux de données
*   -----
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
*           TRAN8
*
*   THERMIQUE TRANSITOIRE LINEAIRE EN 2D
*
*   Test NAFEMS numero T3
*
*   description
*   -----
*
*   A                               C           B
*   |                               |           |
*   |=====|<_0.02_|>|           |
*   |                               |           |
*   |-----|<0.1 m|>|           |
*   |-----|<---> axe X
*
*   conditions aux limites
*   -----
*
*   - temperature imposee au point A :
*     TA = 0
*
*   - temperature imposee au point B :
*     TB = 100 * sin (PI * temps / 40)
*
*****
OPTI DIME 2;
OPTI ELEM QU44;

*----- geometrie : maillage -----*

PA1 = 0. 0.;   PB1 = 0.1 0. ;
PA2 = 0. 0.01; PB2 = 0.1 0.01;

N = 10;
D1 = PA1 DROI N PB1;
D2 = PB1 DROI 1 PB2;
D3 = PB2 DROI N PA2;
D4 = PA2 DROI 1 PA1;

SUR1 = DALL D1 D2 D3 D4 PLAN;

PC = POIN SUR1 PROC (0.08 0.);

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'TRAN8 : MAILLAGE';
  TRAC 'QUAL' SUR1;
FINSI;

*----- modeles - materiaux -----*
MODL1 = MODE SUR1 THERMIQUE ISOTROPE QU44;
MATR1 = MATE MODL1 'RHO' 7200 'K' 35.0
        'C' 440.5;

* temperatures imposees : fonction du temps
*
*   - Cote PA : temperature constante
*                 de 0 degres celsius
*   - Cote PB : temperature variable
*                 en fonction du temps

BLOCD4 = BLOQ D4 'T';
BLOCD2 = BLOQ D2 'T';

```

```

TEMPD4 = DEPI BLOCD4 1.;
TEMPD2 = DEPI BLOCD2 1.;

* Un pas toutes les secondes,
* temps maximum 40. s.
LTEMPS = PROG 0. PAS 1. 40.;

LD4 = PROG 41 * 0.;
LD2 = PROG SINU (1. / 80.) AMPL 100 LTEMPS;

EVOLD4 = EVOL MANU TEMPS LTEMPS THETA LD4;
EVOLD2 = EVOL MANU TEMPS LTEMPS THETA LD2;

CHAD4 = CHAR 'TIMP' TEMPD4 EVOLD4;
CHAD2 = CHAR 'TIMP' TEMPD2 EVOLD2;

* Creation d'un flux nul (type chargement)
FLU0 = MANU CHPO (D1 ET D3) 1 Q 0.;

EVOL3= EVOL MANU TEMP LTEMPS FLUX
        (PROG 41 * 1.);
FLU1 = CHAR 'Q' FLU0 EVOL3;

*--- objets pour la procedure PASAPAS ----*
BLOCT = (BLOCD2 ET BLOCD4);
CHART = (FLU1 ET CHAD4 ET CHAD2);

TAB1
      = TABL;
TAB1.'TEMPERATURES' = TABL;
TAB1.'TEMPERATURES' . 0 =
      MANU CHPO SUR1 1 T 0.;
TAB1.'BLOCAGES_THERMIQUES' = BLOCT;
TAB1.'CHARGEMENT' = CHART;
TAB1.'MODELE' = MODL1;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MATR1;
TAB1.'TEMPS_SAUVES' =
      PROG 0. PAS 1. 32.;
TAB1.'TEMPS_CALCULES' =
      PROG 0. PAS 1. 32.;
TAB1.'PROCEDURE_THERMIQUE' = LINEAIRE;

PASAPAS TAB1;

*----- extraction des resultats -----*
* Temperature du point C a t = 32 s.

* Construction de l'evolution de T au cours
* du temps

LTEMPE = VIDE 'LISTREEL';
LTEMPS = VIDE 'LISTREEL';
NBPAS = DIME (TAB1. 'TEMPS') ;
REPE SURPAS NBPAS;
  INDICE = &SURPAS;
  LTEMPS = LTEMPS ET (PROG
    (TAB1.'TEMPS'. (INDICE - 1)));
  LTEMPE = LTEMPE ET (PROG
    (EXTR TAB1.'TEMPERATURES'. (INDICE - 1) T
    (SUR1 POIN PROC (0.08 0.))));
FIN SURPAS;

EVTEMPE = EVOL BLEU MANU LTEMPS LTEMPE;

THET1 = EXTR LTEMPE NBPAS;
THET2 = 36.6;

ERG =100 * (ABS ((THET2 - THET1) / THET2));

* Trace facultatif de la repartition
* de temperature a t = 32 s
SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'TRAN8 : Temperature a t = 32 s';
  CHPO3 = PECHÉ TAB1 'TEMPERATURES'
        TAB1. 'TEMPS' . (NBPAS - 1);
  TRAC SUR1 CHPO3;

  TITR 'Evolution de la temperature en
fonction du temps : ';
  DESS EVTEMPE ;
FINSI;

*----- Test Reactions dans solution -----*
IREAC1 = 'EXIS' TAB1 'REACTIONS_THERMIQUES' ;

*----- affichage des resultats -----*

MESS ' RESULTATS ';
MESS ' ----- ';
SAUT 1 LIGN;

MESS 'Temperature theorique : ' THET2' C';
MESS 'Temperature calculee : ' THET1' C';
MESS ' Soit un ecart de : ' ERG '%';

```

```
SAUT 1 LIGN;  
  
*----- code fonctionnement -----*  
SI ((ERG <EG 5) 'ET' IREACL);  
  ERRE 0;  
SINON;  
  'SI' ('NON' IREACL) ;  
    SAUT 1 LIGN;  
    'MESS' '***** ERREUR : il manque les reactions thermiques ! ' ;  
    SAUT 1 LIGN;  
  'FINS' ;  
  ERRE 5 ;  
FINSI;  
  
TEMPS;  
  
FIN;
```

6.3 RÉGIME TRANSITOIRE NON LINÉAIRE

6.3.1 tran4.dgibi

Nom du fichier	tran4.dgibi
Type de calcul	Thermique Conduction Transitoire Changement de phase 2D axisymétrique
Type d'Éléments Finis	QUA4
Référence	"Conduction of Heat in Solids" H S Carslaw and J C Jaeger Oxford Clarendon Press 1959 ch XI p291 Solution analytique $x_{front} = 2 \cdot \beta \cdot \sqrt{t}$ β regroupe tous les paramètres de la solution
Description	PROBLEME DE STEPHAN UNIDIMENSIONNEL Le problème représente une barre unidirectionnelle Le transport de la chaleur se fait exclusivement par diffusion. Un changement de phase avec chaleur latente massique s'opère à la température de 1°C.
Objectif	Retrouver la position du front de changement de phase en le comparant à la position théorique d'après la solution analytique. Ecart relatif maximum entre la solution analytique et le calcul : 12,6%
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 88 : Informations sur le cas test tran4.dgibi

Figure 155 : Maillage du cas-test tran4.dgibi

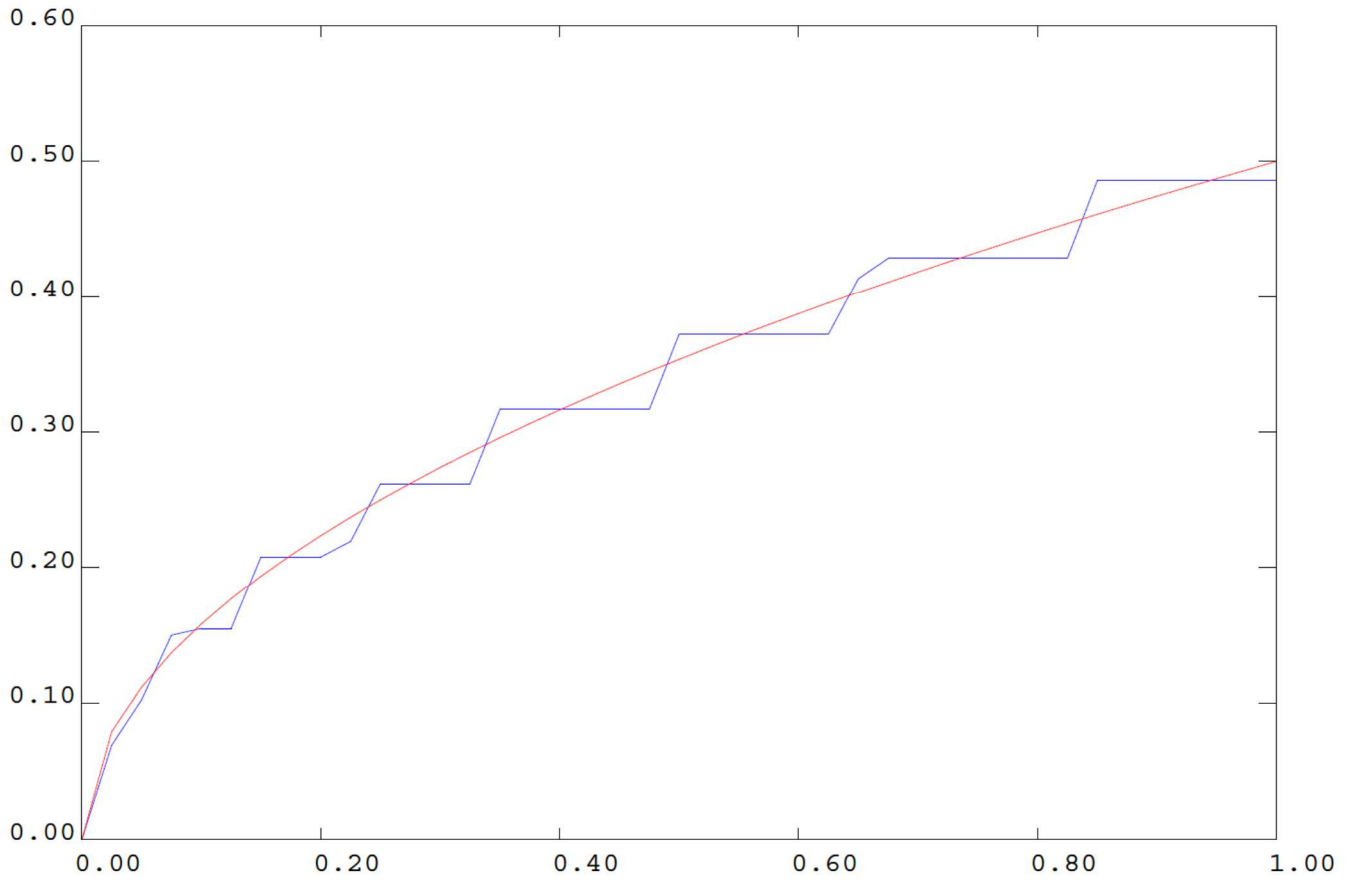


Figure 156 : Evolution au cours du temps de la position du front de réaction sur l'axe des abscisses. La courbe rouge représente la position théorique du front alors que la courbe bleue représente la position calculée du front.

Jeu de données :

```

* fichier : tran4.dgibi
*****
* Section : Thermique Diffusion
*****

*****
* Test tran4.dgibi: jeux de données *
* ----- *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
* pour calcul complet mettre complet=vrai;
*****
complet = vrai;

*-----*
*          TRAN4          *
*          *
* Test de l'option changement de phase de *
* l'opérateur capacité et de l'algorithme *
* de transit3             *
*****
* PROBLEME DE STEPHAN UNIDIMENSIONNEL *
*          *
* Transport de la chaleur par diffusion *
* uniquement                       *
*          *
* T(0,t) = 0 SI t<0             *
* T(0,t) = 2 SI t>0             *
*          *
* |-----| *
* |          BARRE          | *
* |-----| *
* x=0          T=0° *
*          à l'infini *
*          *
* Changement de phase à 1° avec chaleur *
* latente massique L. Toutes les autres *
* caractéristiques sont égales à 1.     *
*          *
* Recherche de l'avancée du front de *
* changement de phase en fonction du temps*
* (entre 0 ET 1 seconde) *
*          *
* REFERENCE pour la solution analytique *
* "Conduction of Heat in Solids" *
* H S Carslaw and J C Jaeger *
* Oxford Clarendon Press 1959 *
* ch XI p291 *
*-----*

*=====
* paramètres pour l'integration numérique

* Pour le test on conseille
* dt=0.025 dx=0.01 EPSILON=0.1

* largeur du changement de phase
EPSILON = 0.1 ;
* chaleur latente
L = 4.7427 ;
* constante de la solution analytique
BETA = 0.25 ;
* pas de temps
DT = 0.025 ;
* pas d'espace
DX = 0.05 ;
*=====

* MAILLAGE avec des QUA4
OPTI DIME 2 ELEM SEG2;
DENS DX ;
p1 = 0. 0. ;
p4 = 0. DX ;
DENS (4.*DX) ;
p2 = 10. 0. ;
p3 = 10. DX ;
*
li1 = d p1 p2 ;
li2 = d 1 p2 p3 ;
li3 = d p3 p4 ;
li4 = d 1 p4 p1 ;
OPTI ELEM QUA4 ;
sul = DALL li1 li2 li3 li4 'PLAN' ;

SI (NEG GRAPH 'N') ;
  TRAC 'QUAL' sul ;
FINSI ;

* MODELE DE CALCUL
modl = MODE sul THERMIQUE PHASE QUA4 ;

* CARACTERISTIQUES
mat = MATE modl 'C' 1. 'K' 1. 'RHO' 1.
      tpha 1. QLAT L;

* TEMPÉRATURE IMPOSÉE EN X=0
b11 = BLOQ 'T' li4 ;
timp1 = DEPI b11 2. ;
ev1 = EVOL MANU ABS (PROG 0. 1.)
      ORD (PROG 1. 1.);
cha = CHAR TIMP timp1 ev1;

* TABLE POUR THERMIC
xtab = TABL ;
xtab.temperatures = TABL;
xtab.temperatures . 0 =
      ( MANU CHPO sul 1 'T' 0. ) +
      ( MANU CHPO li4 1 'T' 2. ) ;
xtab.'MODELE' = modl ;
xtab.'CARACTERISTIQUES' = mat;
xtab.'CHARGEMENT' = cha;
xtab.'BLOCAGES_THERMIQUES' = b11 ;

SI complet ;
  tFIN = 1.;
SINON;
  tFIN = 0.25;
FINSI;

xtab.'TEMPS_CALCULES' =
      PROG 0. pas DT tFIN;
xtab.'PROCEDURE_THERMIQUE' = DUPONT;
SI complet;
  xtab.'CRITERE' = 1E-2;
SINON;
  xtab.'CRITERE' = 5E-2;
FINSI;
xtab.'RELAXATION_THETA' = 1.;

* CALCUL
PASAPAS xtab ;

* ANALYSE DES RESULTATS

* le front avance comme 2*beta*(t**0.5)
* beta ET Chaleur latente sont liés

LTPS = PROG 0.;
LFR = PROG 0. ;
LFRTHEO = PROG 0.;
LFRSANS = PROG 0. ;

* BOUCLE SUR LES PAS DE TEMPS
npas = (DIME (xtab.temps)) - 1;
REPE analyse npas;
  ite = &analyse;
  temp1 = xtab.temps . ite ;
  ev1 = EVOL CHPO
      (xtab.temperatures . ite ) ( li1) 'T';
  lt = EXTR ev1 'T' ;

* boucle sur les points de la droite li1 :
* recherche du point dont T vaut 1
REPE trak ( DIME lt) ;
  tt2 = EXTR lt (&trak) ;
  SI ( tt2 < 1. ) ;
    xx1 = EXTR ( EXTR ev1 'ABSC' )
          (&trak - 1) ;
    tt1 = EXTR lt (&trak - 1) ;
    xx2 = EXTR ( EXTR ev1 'ABSC' )
          &trak ;

* Interpolation entre deux noeuds
* xx est la position du front
xx = xx1+((1. - tt1)*(xx2 - xx1) /
          ( tt2 - tt1 ));
  QUITTER trak ;
  FINSI ;
  FIN trak ;

xxtheo = 2. * beta * ( temp1 ** 0.5 ) ;
xxsans = 0.95 * ( temp1 ** 0.5 ) ;

* TITR 'Instant' (xtab.temps . ite) ;
* dess ev1 ;

```

```
MESS 'TEMPS' templ ' Front =' xx
      'Valeur Theorique' xxtheo;
ltps  = ltps  ET ( PROG templ ) ;
lfr   = lfr   ET ( PROG xx)   ;
lfrtheo = lfrtheo ET ( PROG xxtheo ) ;
lfrsans = lfrsans ET ( PROG xxsans ) ;
FIN analyse ;

* VISUALISATION
evfr   = EVOL BLEU MANU 'TEMPS'
      ltps 'ABSCISSE' lfr ;
evfrtheo = EVOL ROUG MANU 'TEMPS'
      ltps 'ABSCISSE' lfrtheo ;
evfrsans = EVOL VERT MANU 'TEMPS'
      ltps 'ABSCISSE' lfrsans ;

SI(NEG GRAPH 'N');
TTIR 'Avance du front :
      EPSILON=' EPSILON 'Dt=' dt 'Dx=' dx ;
DESS ( evfr ET evfrtheo ) ;
FINSI;

*Retrait du premier terme nul des LISTREEL
LENT1 = LECT;
REPE SURIND ((DIME lfr) - 1);
      Indice = &SURIND;
      MESS Indice;
      LENT1 = LENT1 ET (LECT (Indice+1));

FIN SURIND;

lfr2   = EXTR lfr LENT1;
lfrtheo2 = EXTR lfrtheo LENT1;

erreu=100. *
      (abs(lfr2 - lfrtheo2) / lfrtheo2);

MESS 'Erreur Maximale : ' (MAXI erreu) ;

* Message d'erreur
SI ( (MAXI erreu) > 13. ) ;
      MESS 'Résultat incorrect' ;
      ERRE 5 ;
FINSI ;

*OPTI SAUV 'test.res' ;
*SAUV evfr evfrtheo evfrsans ;
FIN ;
```

7. THERMO-MECANIQUE

7.1 THERMO-ELASTICITÉ

7.1.1 lyre3.dgibi

Nom du fichier	lyre3.dgibi		
Type de calcul	Thermo-Elastique 3D		
Type d'Éléments Finis	TUYA		
Référence	Résultats Essais CEA Casarache Comparaison avec le code TRICO		
Description	TUYAU ENCASTRE AVEC CHARGEMENT THERMIQUE Ce test représente un tuyau constitué de 7 portions droites et 6 portions circulaires. Il est encastré de part et d'autre et subit un chargement thermique d'élévation de température de 400°C.		
Objectif	Mesurer 3 déplacements en trois points de l'assemblage : U_Y au point P6 (2,480 -1,460 0) U_X au point P7 (2,785 -1,460 0,305) U_Z au point P9 (2,785 -1,155 1,460)		
		Référence	Cast3M 2016
	U_Y	-1,374.10 ⁻⁰² m	-1,38401.10 ⁻⁰² m
	U_X	1,07.10 ⁻⁰² m	1,03884.10 ⁻⁰² m
	U_Z	1,301.10 ⁻⁰² m	1,297.10 ⁻⁰² m
			Ecart Relatif
			0,73%
			2,9%
			0,30%
Version de Cast3M	Du jour		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits		

Tableau 89 : Informations sur le cas test lyre3.dgibi

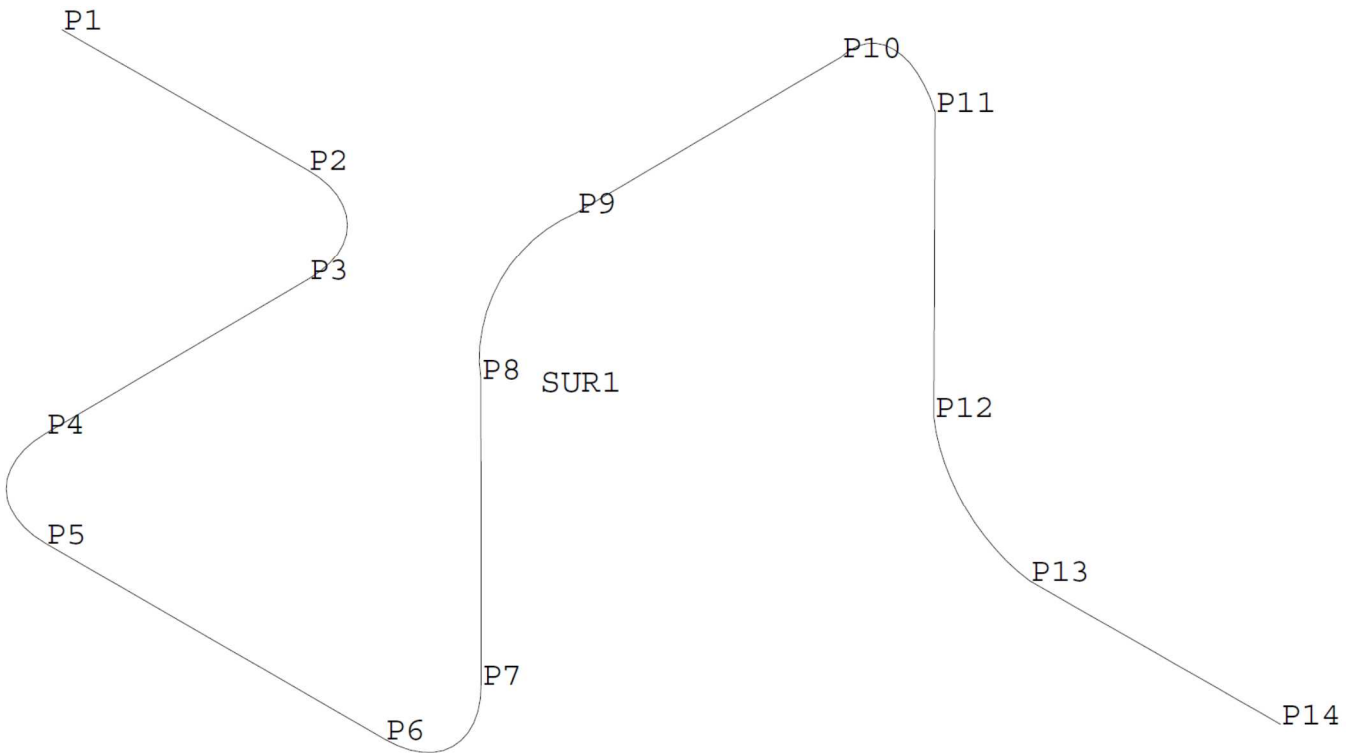


Figure 157 : Maillage du cas-test lyre3.dgibi

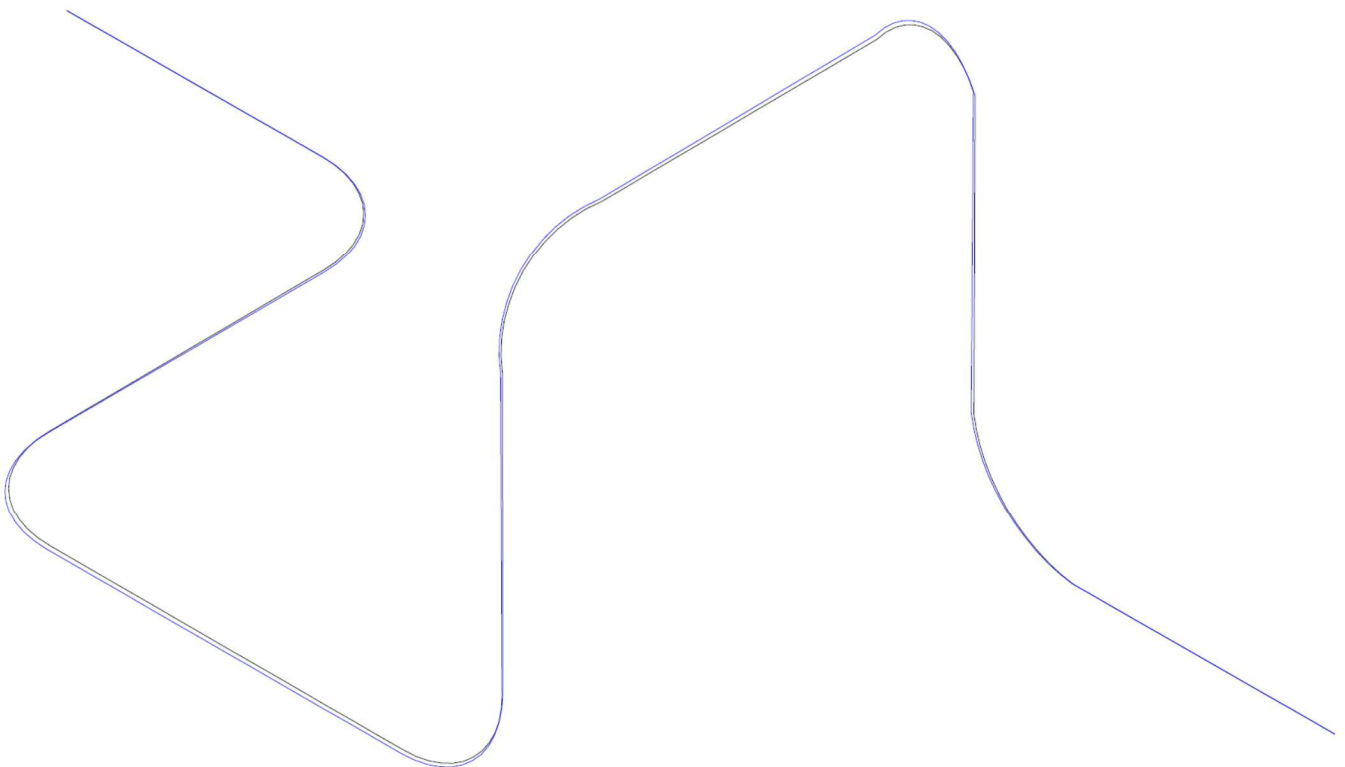


Figure 158 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (bleu, x1)

Jeu de données :

```

* fichier : lyre3.dgibi
*****
* Section : Thermique Mecanique
*****
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST

*****
*   Test lyre3.dgibi: jeux de données
*   -----
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
*
*      LYRE-VICTUS 3
*
*   ESSAI ELEMENT TUYAU (DROIT ET COUDE)
*
*   description :
*   -----
*   Test en statique lineaire, chargement
*   thermique.
*   La structure est constituee d'elements*
*   TUYAU :
*   - 7 portions de tuyau droit,
*   - 6 portions de tuyau coude.
*
*   Proprietes du materiaux :
*   - Module d'Young :      YOUN = 2.e11 *
*   - Coefficient de Poisson : NU = 0.3 *
*   - Dilatabilite thermique : ALPH = 18.e-6*
*
*   Conditions aux limites :
*   Encastrement aux extremités
*   (P1 et P14)
*
*   Chargement :
*   Chargement thermique : Elevation de
*   temperature de 400 degres Celcius.
*   Le poids propre est negligé.
*   Test corrig, le 10/09/92
*****

OPTI DIME 3;
OPTI ELEM SEG2;
*****
*      GEOMETRIE : MAILLAGE
*****

OEIL = 100 -100 100;

P1 = 0.    0.    0.;
P2 = 0.79  0.    0.;
P3 = 1.095 -0.305 0.;
P4 = 1.095 -1.155 0.;
P5 = 1.400 -1.460 0.;
P6 = 2.480 -1.460 0.;
P7 = 2.785 -1.460 .305;
P8 = 2.785 -1.460 1.155;
P9 = 2.785 -1.155 1.460;
P10 = 2.785 -0.305 1.460;
P11 = 2.785 0.    1.155;
P12 = 2.785 0.    0.305;
P13 = 3.090 0.    0.;
P14 = 3.880 0.    0.;

T = TABL;
T.1 = P1 DROI 10 P2;
T.2 = P3 DROI 11 P4;
T.3 = P5 DROI 14 P6;
T.4 = P7 DROI 11 P8;
T.5 = P9 DROI 11 P10;
T.6 = P11 DROI 11 P12;
T.7 = P13 DROI 12 P14;

C = TABL;
C1 = 0.79 -0.305 0.;
C2 = 1.4 -1.155 0.;
C3 = 2.48 -1.460 0.305;
C4 = 2.885 -1.155 1.155;

```

```

C5 = 2.885 -0.305 1.155;
C6 = 3.190 0.0 0.305;

C.1 = P2 CERC 12 C1 P3;
C.2 = P4 CERC 12 C2 P5;
C.3 = P6 CERC 12 C3 P7;
C.4 = P8 CERC 12 C4 P9;
C.5 = P10 CERC 12 C5 P11;
C.6 = P12 CERC 12 C6 P13;

SUR1 = T.7;
I = 0;
REPETER BLOC1 6;
  I = I + 1;
  SUR1 = SUR1 ET T.I ET C.I;
FIN BLOC1;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'LYRE3 : MAILLAGE';
  TRAC OEIL 'QUAL' SUR1;
FINSI;

*****
*      CALCUL DE LA RIGIDITE
*****
VECT1 = TABL;

VECT1.1 = ( 0.  0. -1.);
VECT1.2 = ( 0.  0.  1.);
VECT1.3 = ( 0. -1.  0.);
VECT1.4 = (-1.  0.  0.);
VECT1.5 = (-1.  0.  0.);
VECT1.6 = ( 0. -1.  0.);

MODL1 = MODE T.7 MECANIQUE ELASTIQUE
        ISOTROPE TUYA;
MATR1 = MATE MODL1 YOUN 2.E11 NU 0.3
        ALPH 18.E-6
        EPAI 8.18E-3
        RAYON 109.59E-3;
RIGI1 = RIGI MODL1 MATR1;

I = 0;
REPETER BLOC2 6;
  I = I + 1;

MODL2 = MODE T.I MECANIQUE ELASTIQUE
        ISOTROPE TUYA;
MATR2 = MATE MODL2 YOUN 2.E11 NU 0.3
        ALPH 18.E-6
        EPAI 8.18E-3
        RAYON 109.59E-3;
RIGI2 = RIGI MODL2 MATR2;

MODL3 = MODE C.I MECANIQUE ELASTIQUE
        ISOTROPE TUYA;
MATR3 = MATE MODL3 YOUN 2.E11 NU 0.3
        ALPH 18.E-6
        EPAI 8.18E-3
        RAYON 109.59E-3
        RACO 305.E-3 VECT VECT1.I;
RIGI3 = RIGI MODL3 MATR3;

MODL1 = MODL1 ET MODL2 ET MODL3;
MATR1 = MATR1 ET MATR2 ET MATR3;
RIGI1 = RIGI1 ET RIGI2 ET RIGI3;

FIN BLOC2;

*****
*      RESOLUTION : CALCUL ELASTIQUE
*****

* Conditions aux limites
CL1 = BLOQ DEPL ROTA P1;
CL2 = BLOQ DEPL ROTA P14;
RIGI1 = RIGI1 ET CL1 ET CL2;

* Chargement thermique
CHPOTEMP = MANU CHPO SUR1 1 'T' 400.;
SIGM1 = THET MODL1 MATR1 CHPOTEMP;
CHAR1 = BSIG MODL1 SIGM1 MATR1;

* Resolution
DEPL1 = RESO RIGI1 CHAR1;

* Trace
SI (NEG GRAPH 'N');

  TITR 'LYRE3 : DEFORMEE';
  DEFO = DEFO SUR1 DEPL1 0. NOIR;
  DEF1 = DEFO SUR1 DEPL1 1. BLEU;
  TRAC OEIL (DEFO ET DEF1);
FINSI;

*****

```

```

*          extraction des resultats          *
*+++++*
V1P6 = -1.374E-2;
V2P6 = EXTR DEPL1 UY P6;
ERG1 = 100. * (ABS ((V1P6 - V2P6) / V1P6));

U1P7 = 1.070E-2;
U2P7 = EXTR DEPL1 UX P7;
ERG2 = 100. * (ABS ((U1P7 - U2P7) / U1P7));

W1P9 = 1.301E-2;
W2P9 = EXTR DEPL1 UZ P9;
ERG3 = 100. * (ABS ((W1P9 - W2P9) / W1P9));

*+++++*
*          affichage des resultats          *
*+++++*
MESS 'RESULTATS : TEST LYRE VICTUS 3 ' ;
MESS '----- ' ;
SAUT LIGN;

MESS '  Deplacement v (m) du point P6 ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' V1P6 'm' ;
MESS '      Valeur calculee  : ' V2P6 'm' ;
MESS '      Ecart           : ' ERG1 '%' ;
SAUT LIGN;

MESS '  Deplacement u (m) du point P7 ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' U1P7 'm' ;
MESS '      Valeur calculee  : ' U2P7 'm' ;
MESS '      Ecart           : ' ERG2 '%' ;
SAUT LIGN;

MESS '  Deplacement w (m) du point P9 ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '      Valeur theorique : ' W1P9 'm' ;
MESS '      Valeur calculee  : ' W2P9 'm' ;
MESS '      Ecart           : ' ERG3 '%' ;
SAUT LIGN;

*+++++*
*          Code de fonctionnement          *
*+++++*
ERGMAX = MAXI (PROG ERG1 ERG2 ERG3);

SI (ERGMAX <EG 3.);
  ERRE 0;
SINON;
  ERRE 5;
FINSI;
SAUT LIGN

TEMPS;

FIN;

```

7.2 THERMO-PLASTICITÉ

7.2.1 thpl1.dgibi

Nom du fichier	thpl1.dgibi		
Type de calcul	Thermo-Plastique 2D-axisymétrique		
Type d'Éléments Finis	QUA4		
Référence	Test VPVS Numéro SSNA 01/90 BARREAU CYLINDRIQUE CHAUFFE		
Description	Un barreau cylindrique de 100mm de hauteur et de 20mm de diamètre est bloqué axialement à ses deux extrémités. Il est soumis à un champ constant de température de 500°C		
Objectif	calculer la contrainte axiale et la déformation plastique axiale au point PA (0 0)		
		Référence	Cast3M 2016
	SMzz	-309MPa	-308,91MPa
	EPzz	-308,91.10 ⁻³	-4,45545.10 ⁻³
Version de Cast3M	Du jour		
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits		

Tableau 90 : Informations sur le cas test thpl1.dgibi

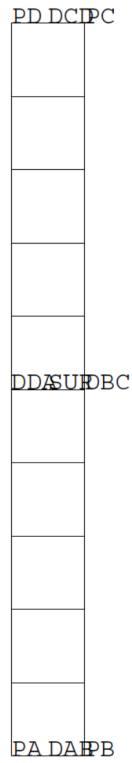


Figure 159 : Maillage du cas-test thp11.dgibi

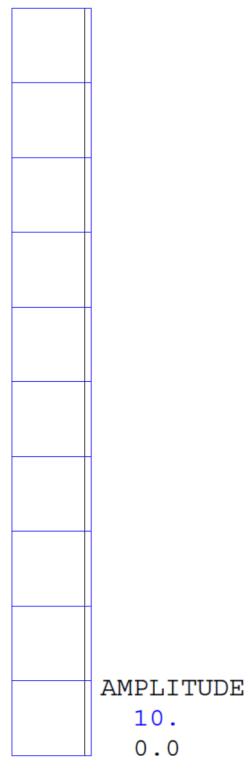


Figure 160 : Tracé du maillage initial (noir) et du maillage déformé (bleu, x10)

T(C)=36.893°C

Jeu de données :

```

* fichier : thpl1.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
* Test Thpl1.dgibi: Jeux de données
* -----
*
* CAS TEST DU 92/03/20   PROVENANCE : TCL

*****
* Test thpl1.dgibi: jeux de données
* -----
*
*****
* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
*                               *
*                               *
* THPL1                          *
*                               *
* BARREAU CYLINDRIQUE SOUMIS A UN CHAMPS *
* DE TEMPERATURE                *
*                               *
* Test de la Commission V.P.C.S. *
* Groupe Thermo-plasticite Statique *
* non-lineaire                  *
* Test numero SSNA01/90        *
*                               *
* Un barreau cylindrique de 100 mm *
* de hauteur et de 20 mm de diametre *
* est bloque axialement a ces deux *
* extremités. Il est soumis a un champ *
* constant de temperature, de 500°C. *
*                               *
* On traite le probleme en mode *
* axisymetrique avec la procedure *
* PASAPAS car le materiau est plastique*
*                               *
* On se propose de calculer *
* - la contrainte axiale *
* - la deformation plastique axiale *
*****
OPTION DIME 2;
OPTION MODE AXIS ELEM QUA4;

*=====
* geometrie : maillage          *
*=====
* Dimensions en millimetres.
RA = 0.0 ; ZA = 0. ; PA = RA ZA ;
RB = 10. ; ZB = 0. ; PB = RB ZB ;
RC = 10. ; ZC = 100.0 ; PC = RC ZC ;
RD = 0.0 ; ZD = 100.0 ; PD = RD ZD ;

DAB = DROI 1 PA PB;
DBC = DROI 10 PB PC;
DCD = DROI 1 PC PD;
DDA = DROI 10 PD PA;

SUR = DALL DAB DEC DCD DDA PLAN;

ELIM SUR 0.001;

SI (NEG GRAPH 'N');
  TITR 'THPL1 : MAILLAGE';
  TRAC QUAL SUR;
FINSI;

ELSUR = NBEL SUR;
NOSUR = NBNO SUR;

*=====
* conditions aux limites      *
*=====
CL1 = BLOQ UZ DAB ;
CL2 = BLOQ UZ DCD ;
CL = CL1 ET CL2 ;

*=====
* MODE - materiau             *
*=====

```

```

MOD = MODE SUR MECANIQUE ELASTIQUE
      PLASTIQUE CINEMATIQUE QUA4;

MAT = MATE MOD YOUN 200E3 NU 0.3 SIGY 300
      H 2000 ALPH 1.2E-5;

*=====
* champs relatifs a la procedure PASAPAS *
*=====
* Liste des pseudo-temps ou l'on desire des
* resultats

t0 = 0. ;
t1 = 1. ;
LISTE = PROG T0 T1 ;

* Champs-point de temperature aux instants
* t0 et t1.
TEMP = TABL;
TEMP . 0 = t0;
TEMP . 1 = t1;

TEMPER = TABL;
TEMPER . 0 = MANU CHPO SUR 1 T 0. ;
TEMPER . 1 = MANU CHPO SUR 1 T 500.;
CHA2 = CHAR 'T' TEMP TEMPER;

* Chargement mecanique de la structure:
* chargement nul.
LFORCE= PROG 0. 0.;
FOR = FORCE FR 1000. PC;
EVOL1 = EVOL MANU TEMPS LISTE FORCE LFORCE;
CHAL = CHAR 'MECA' FOR EVOL1;

* parametres pour la procedure PASAPAS
TABDEF = TABL ;
TABDEF .'DEFTO' = VRAI;
TABDEF .'DEFIN' = VRAI;

TABL = TABL ;
TABL.'CHARGEMENT' = (CHAL ET CHA2);
TABL.'MODELE' = MOD ;
TABL.'CARACTERISTIQUES' = MAT ;
TABL.'BLOCAGES_MECANIQUES' = CL ;
TABL.'TEMPS_CALCULES' = LISTE ;
TABL.'TEMPS_SAUVES' = LISTE ;
tabl.'MES_SAUVEGARDES' = TABDEF;

* procedure PASAPAS
PASAPAS TAB1;

*=====
* extractions des resultats *
*=====

* Contraintes
nm = 1;
CHEL1 = TABL. 'CONTRAINTES'.nm;

CHAM2 = CHAN NOEUD MOD CHEL1;
CHPO1 = CHAN CHPO MOD CHAM2;

* Extraction du la contrainte SMZZ
SMZZ1 = EXTR CHPO1 SMZZ PA;
SMZZ2 = -309.0 ;

* Deformations plastiques
CHEL10 = TABL.
      'DEFORMATIONS_INELASTIQUES' .nm;

* Interpolations aux noeuds du maillage
* Utilisation des nouveaux chamelems.
CHAM20 = CHAN NOEUD MOD CHEL10;
CHPO10 = CHAN CHPO MOD CHAM20;

* Extraction de la deformation plastique
* EPZZ
EPZZ1 = EXTR CHPO10 EIZZ PA;
EPZZ2 = -.4455E-2 ;

*=====
* affichage des resultats *
*=====
SAUT 1 LIGN ;
MESS ' RESULTATS ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN ;

MESS ' 1) Contraintes ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN ;

MESS ' Contrainte theorique smzz:'
      SMZZ2 'Mpa' ;
MESS ' Contrainte calculee smzz :'
      SMZZ1 'Mpa' ;

```

```

ERG1 = (ABS((SMZZ2-SMZ1)/SMZZ2)) * 100. ;
MESS '      Soit un ecart de : ' ERG1 '%';
SAUT 1 LIGN;
MESS ' 2) Deformations plastiques ';
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN ;

MESS ' Deformation plastique theorique:'
      EPZZ2;
MESS ' Deformation plastique calculee :'
      EPZZ1;
ERG2 = (ABS((EPZZ2-EPZZ1)/EPZZ2)) * 100. ;
MESS
      Soit un ecart de : ' ERG2 '%';

SAUT 1 LIGN;
MESS '  Maillage ' ;
MESS ' ----- ' ;
MESS '  Nombre de noeuds      : ' NOSUR;
MESS '  Nombre d elements (qua4): ' ELSUR;
SAUT 1 LIGN;

SI (NEG GRAPH 'N');
  DEPL = TABL. 'DEPLACEMENTS' . nn;
  DEFO = DEFO SUR DEPL 0.;
  DEF1 = DEFO SUR DEPL 10. BLEU;
  TITR 'THPL1 : DEFORMEE';
  TRAC (DEFO ET DEF1);
FINSI;

*-----*
*      code fonctionnement et fin      *
*-----*

* Maximum des erreurs relatives
ERGMAX = MAXI (PROG ERG1 ERG2);

* Il y a erreur si un des pourcentage erg*
* est superieur à 5%.

SI (ERGMAX <EG 0.03);
  ERRE 0 ;
SINON;
  ERRE 5 ;
FINSI;

SAUT 1 LIGN;
TEMPS ;
SAUT 1 LIGN;

FIN;

```

7.2.2 thpl2.dgibi

Nom du fichier	thpl2.dgibi			
Type de calcul	Thermo-Plastique 2D Contraintes Planes			
Type d'Éléments Finis	QUA4			
Référence	Test VPVS Groupe thermo - plasticité / statique non-linéaire PLAQUE ENCASTREE CHAUFFEE			
Description	Une plaque carrée de 10cm de côté est encastrée. Elle est soumise à un champ constant de température de 500°C.			
Objectif	Calculer les contraintes SM_{xx} et SM_{yy} ainsi que les déformations plastiques EP_{xx} et EP_{yy} au point PA (0 0)			
		Référence	Cast3M 2016	Ecart Relatif
	SM_{xx}	-125,9MPa	-125,6MPa	0,24%
	SM_{yy}	-125,9MPa	-125,6MPa	0,24%
	EP_{xx}	$-6,399.10^{-3}$	$-6,401.10^{-3}$	$2,5.10^{-2}\%$
	EP_{yy}	$-6,399.10^{-3}$	$-6,401.10^{-3}$	$2,5.10^{-2}\%$
Version de Cast3M	Du jour			
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits			

Tableau 91 : Informations sur le cas test thpl2.dgibi

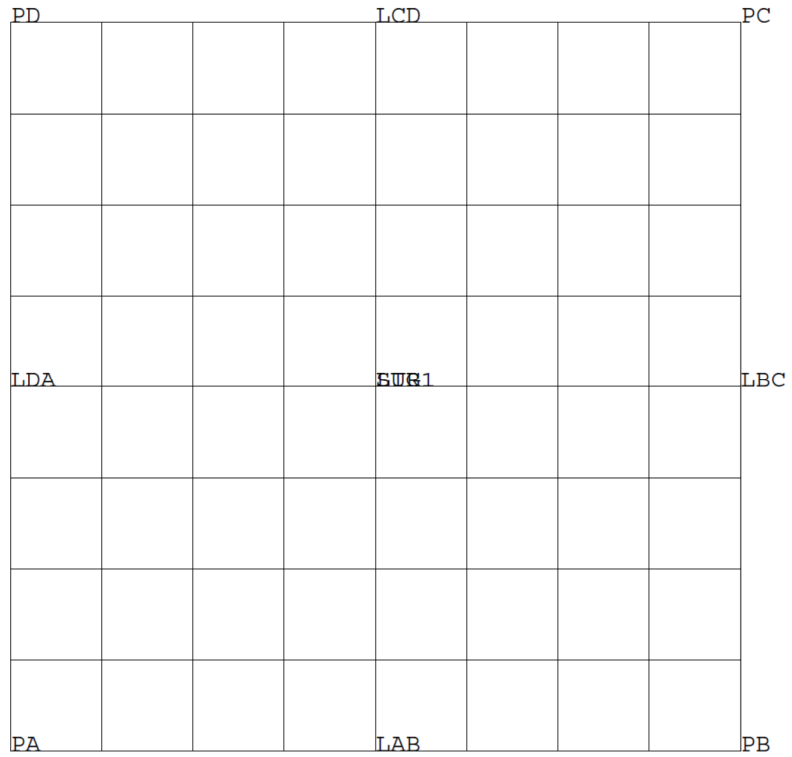


Figure 161 : Maillage du cas-test thpl2.dgibi

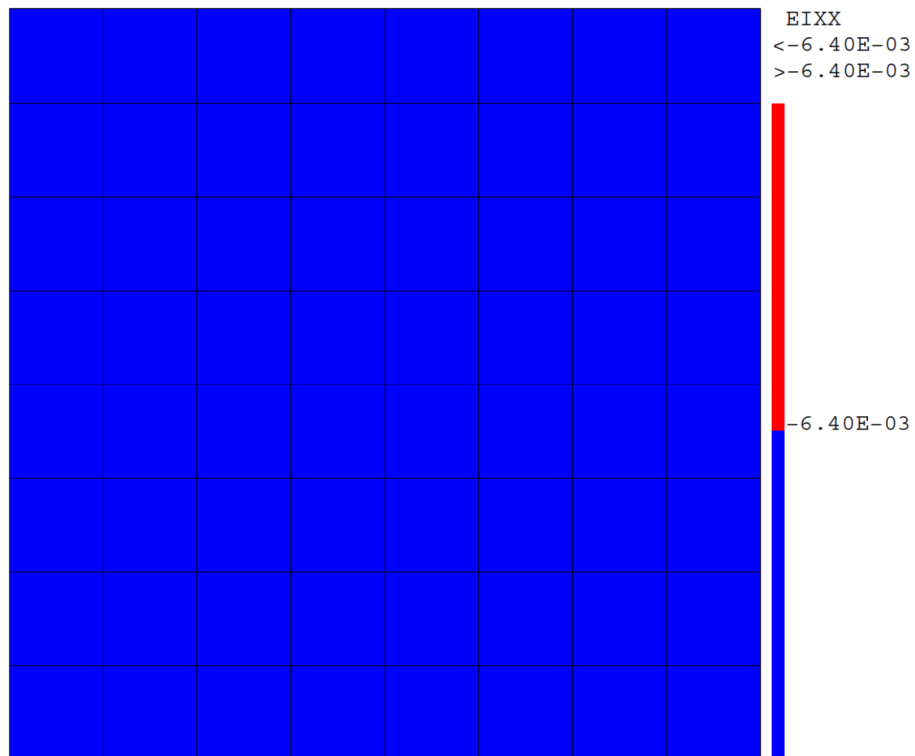


Figure 162 : Tracé de la déformation plastique EP_{xx}

Jeu de données :

```
* fichier : thpl2.dgibi
*****
* Section : Mecanique Plastique
*****
* CAS TEST DU 91/06/13   PROVENANCE : TEST

*****
*   Test thpl2.dgibi: jeux de données   *
*   -----                           *
*****

* SI GRAPH = N PAS DE GRAPHIQUE AFFICHE
* SINON SI GRAPH DIFFERENT DE N TOUS
* LES GRAPHIQUES SONT AFFICHES

GRAPH = 'N' ;

SAUT PAGE;
SI (NEG GRAPH 'N') ;
  OPTI ECHO 1 ;
  OPTI TRAC PSC ;
SINO ;
  OPTI ECHO 0 ;
FINSI ;

SAUT PAGE;

*****
*           THPL2                       *
*           *                           *
*   PLAQUE CARREE ENCASTREE SOUMIS A UN *
*           CHAMPS DE TEMPERTURE       *
*           *                           *
*   Test de la commission V.P.C.S.     *
*   Groupe Thermo-plasticite           *
*   Statique non lineaire               *
*           *                           *
*   Une plaque carree de 10 cm de cote est*
*   encastree et soumise a un champs    *
*   constant de temperature de 500 degres *
*   celsius.                            *
*           *                           *
*   On se propose de calculer           *
*   - contraintes smxx et smyy,         *
*   - deformations plastiques epxx et epyy*
*           *                           *
*   Les valeurs trouvees sont ensuite   *
*   comparees aux valeurs de reference  *
*   obtenues analytiquement            *
*****
OPTION DIME 2 ;
OPTION MODE PLAN CONT;
OPTION ELEM QUA4;

*=====
*           geometrie : maillage        *
*=====

* Dimensions en metres
CO = 0.01;

PA = 0. 0.;
PB = CO 0.;
PC = CO CO;
PD = 0. CO;

LAB = PA DROIT 8 PB;
LBC = PB DROIT 8 PC;
LCD = PC DROIT 8 PD;
LDA = PD DROIT 8 PA;

LIG = LAB ET LBC ET LCD ET LDA;

SURL1 = DALL LAB LBC LCD LDA PLAN;

SI(NEG GRAPH 'N');
  TTTR 'THPL2 : MAILLAGE';
  TRACE 'QUAL' SURL1;
FINSI;

*=====
*           conditions aux limites      *
*=====
CL = BLOQUE LIG DEPL ROTA;

*=====
*           MODE - materiau             *
*=====
MO = MODE SURL1 MECANIQUE ELASTIQUE
      PLASTIQUE CINEMATIQUE QUA4;
MAT = MATE MO YOUN 163750.0E6 NU 0.3
      ALPHA 13.875E-6 SIGY 100E6
      H 2000E6;
```

```
*=====
* champs relatifs a la procedure PASAPAS *
*=====
* Liste des pseudo-temps ou l'on desire des
* resultats.
T0 = 0. ;
T1 = 1.;
LIS1 =   PROG T0 T1;

* Champs points de temperature.
TEMP = TABL;
TEMP . 0 = T0;
TEMP . 1 = T1;

TEMPER = TABL;
TEMPER . 0 = MANU CHPO SURL1 T 0. ;
TEMPER . 1 = MANU CHPO SURL1 T 500.;
CHA2      = CHAR 'T' TEMP TEMPER;

* Chargement mecanique : chargement nul.
LFORCE = PROG 0. 0.;
FOR1 = FORCE FY 1. PA;
CHPO1 = RESU FOR1;
EVOL1 = EVOL MANU TEMPS LIS1 FORCE LFORCE;
CHAL = CHAR 'MECA' CHPO1 EVOL1;

* Parametres pour la procedure PASAPAS
TABDEF      = TABL ;
TABDEF .'DEFTO' = VRAI;
TABDEF .'DEFIN' = VRAI;

TAB1      = TABL ;
TAB1.'CHARGEMENT'      =(CHAL ET CHA2);
TAB1.'MODELE'          = MO ;
TAB1.'CARACTERISTIQUES' = MAT ;
TAB1.'BLOCAGES_MECAIQUES' = CL ;
TAB1.'TEMPS_CALCULES'  = LIS1 ;
TAB1.'TEMPS_SAUVES'    = LIS1 ;
tab1.'MES_SAUVEGARDES' = TABDEF;

* procedure PASAPAS
PASAPAS TAB1;

*=====
*           Extraction des resultats    *
*=====

* Contraintes
NN = 1;
CHEL1 = TAB1.CONTRAINTE.NN;

* Interpolations aux noeuds :
CHAM2 = CHAN NOEUD MO CHEL1;
CHPO1 = CHAN CHPO MO CHAM2;

* Extractions des contraintes smxx et smyy
SMXX1 = EXTR CHPO1 SMXX1 PA;
SMYY1 = EXTR CHPO1 SMYY1 PA;
SMXX1 = SMXX1 / 1.E6;
SMYY1 = SMYY1 / 1.E6;

SMXX2 = -125.9;
SMYY2 = -125.9;

* Calcul de l'erreur commise
ERGSXX = 100.*(ABS((SMXX1-SMXX2)/ SMXX2 ));
ERGSYY = 100.*(ABS((SMYY1-SMYY2)/ SMYY2 ));

* Deformations plastiques.
CHEL10 = TAB1.DEFORMATIONS_INELASTIQUES.NN;

* Interpolations aux noeuds du maillage
CHAM20 = CHAN NOEUD MO CHEL10;
CHPO10 = CHAN CHPO MO CHAM20;

* Extractions des deformations plastiques
EPXX1 = EXTR CHPO10 EIXX PA;
EPYY1 = EXTR CHPO10 EIYY PA;

EPXX2 = -0.6399E-2;
EPYY2 = -0.6399E-2;

* Calcul de l'erreur commise
ERGEXX = 100.*(ABS((EPXX1-EPXX2)/ EPXX2 ));
ERGEYY = 100.*(ABS((EPYY1-EPYY2)/ EPYY2 ));

* Nombre d'elements et noeuds du maillage
NOSURL1 = NBNO SURL1 ;
ELSURL1 = NBEL SURL1 ;

*=====
*           Affichage des resultats    *
*=====
MESS ' RESULTATS ' ;
MESS ' ----- ' ;
SAUT 1 LIGN;
```

```

MESS '   Contraintes interpolées (MPa)';
MESS '   -----';
SAUT 1 LIGN;
MESS
' Contrainte théorique smxx : ' SMXX2 'MPa';
MESS
' Contrainte calculée smxx : ' SMXX1 'MPa';
MESS '   Soit un écart de : ' ERGSXX '%';
SAUT 1 LIGN;

MESS
' Contrainte théorique smyy : ' SMYY2 'MPa';
MESS
' Contrainte calculée smyy : ' SMYY1 'MPa';
MESS '   Soit un écart de : ' ERGSYY '%';
SAUT 1 LIGN;

MESS 'Deformations plastiques interpolées';
MESS '-----';
SAUT 1 LIGN;

MESS
' Déformation plastique théorique epxx : '
EPXX2;
MESS
' Déformation plastique calculée epxx : '
EPXX1;
MESS '   Soit un écart de : ' ERGEXX '%';
SAUT 1 LIGN;

MESS
' Déformation plastique théorique epyy : '
EPYY2;
MESS
' Déformation plastique calculée epyy : '
EPYY1;
MESS '   Soit un écart de : ' ERGEYY '%';
SAUT 2 LIGN;

MESS '   Maillage ' ;
MESS '   ----- ' ;
MESS '   Nombre de noeuds : ' NOSUR1 ;
MESS '   Nombre d éléments : ' ELSUR1 ;
SAUT 1 LIGN;

SI (NEG GRAPH 'N');
  DEP1 = TAB1. 'DEPLACEMENTS' . NN;
  DEFO = DEFO SUR1 DEP1 0.;
  DEF1 = DEFO SUR1 DEP1 10. BLEU;
  TTTR 'THPL2 : DEFORMEE';
  TRAC (DEFO ET DEF1);

  TTTR 'THPL2 : Déformation Plastique';
  TRAC CHELL10 MD;
FINSI;

*====*
*   Code fonctionnement et fin   *
*====*
* Maximum des erreurs relatives
ERGMAX = MAXI
      (PROG ERGSXX ERGSYY ERGEXX ERGEYY);

SI (ERGMAX <EG 5.);
  ERRE 0 ;
SINON;
  ERRE 5 ;
FINSI;
SAUT 1 LIGN;
TEMPS ;

FIN;

```

8. GRAPHISMES

8.1.1 dessin.dgibi

Nom du fichier	dessin.dgibi
Type de calcul	GRAPHIQUES
Type d'Éléments Finis	Aucun
Référence	Aucune
Description	<p>GRAPHIQUES DANS CAST3M</p> <p>Ce cas-test permet de vérifier le bon fonctionnement de la directive DESS dans Cast3M qui permet de réaliser des graphiques avec différentes options</p>
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> - Dessin sans options - Dessin avec fixation indépendante des bornes de l'abscisse et des ordonnées - Dessin avec choix indépendant des graduations de l'abscisse et des ordonnées - Dessin avec repère sous forme de flèches - Dessin avec grille basée sur les abscisses et les ordonnées - Dessin avec échelle logarithmique indépendante de l'abscisse et des ordonnées - Dessin avec titre des axes (Possibilité d'avoir des caractères spéciaux) - Dessin de plusieurs évolutions (Choix des marqueurs des courbes) - Dessin avec légendes de chacune des évolutions (Choix de la position de la légende, caractères spéciaux possibles) - Dessin en Histogramme - Dessin avec remplissage du domaine sous la courbe
Version de Cast3M	Du jour
Plateformes testées	IBM AiX Linux 32-bits Linux 64-bits Windows 32-bits Windows 64-bits MAC OSX 64-bits

Tableau 92 : Informations sur le cas test dessin.dgibi

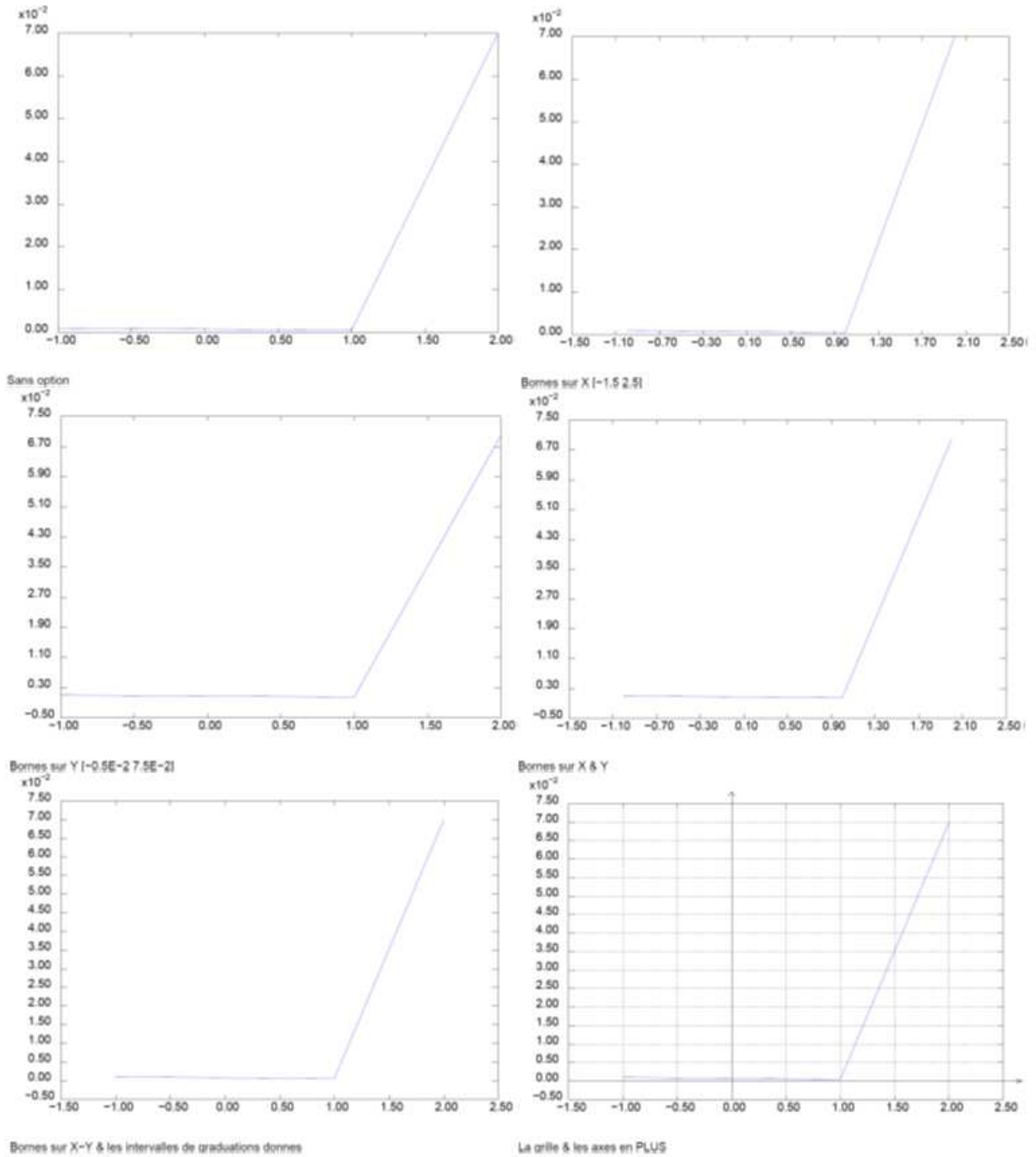


Figure 163 : Dessin d'une évolution contenant 3 valeurs de couleur bleue. Respectivement de haut en bas et de droite à gauche : 1- sans options, 2- bornes suivant X, 3- bornes suivant Y 4- bornes suivant X et Y 5- bornes suivant X et Y et graduations données, 6- bornes suivant X et Y, graduations imposées, grille et axes tracés

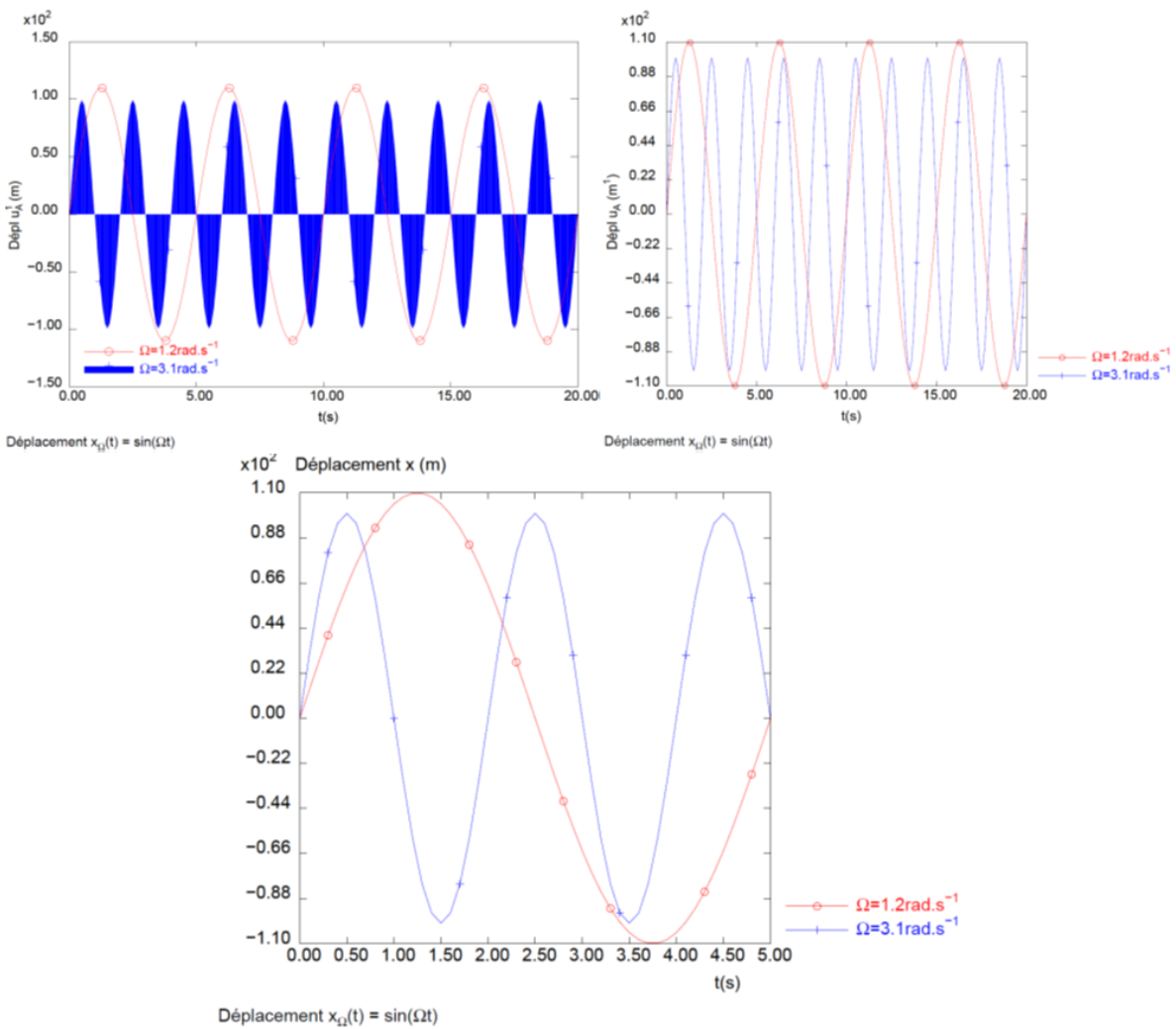


Figure 164 : Dessin de 2 évolutions respectivement de couleur rouge et bleue. Différentes configurations sont testées sur les 3 graphiques ci-dessus (Position des légendes et des titres des axes, bornes sur les axes, remplissage de l'aire sous la courbe)

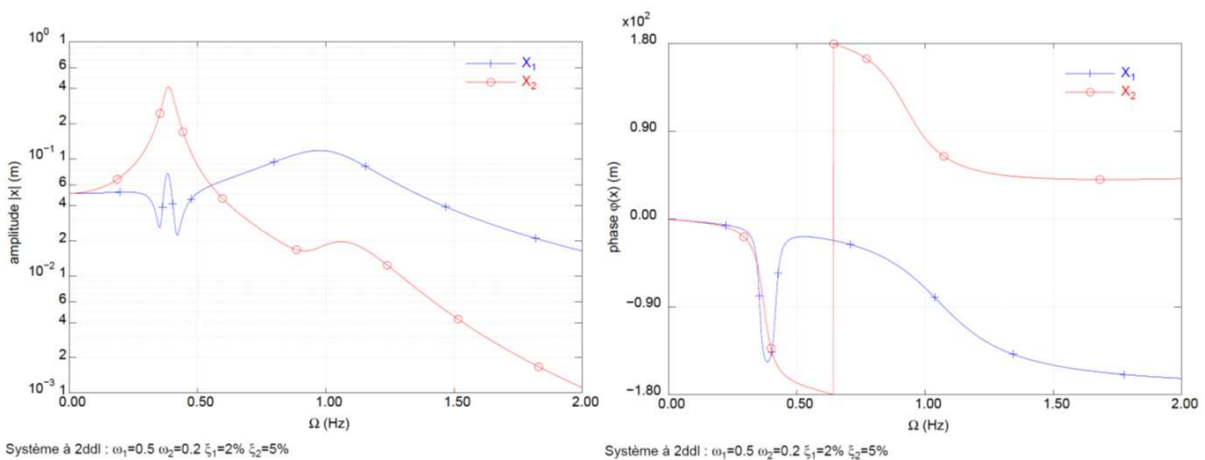
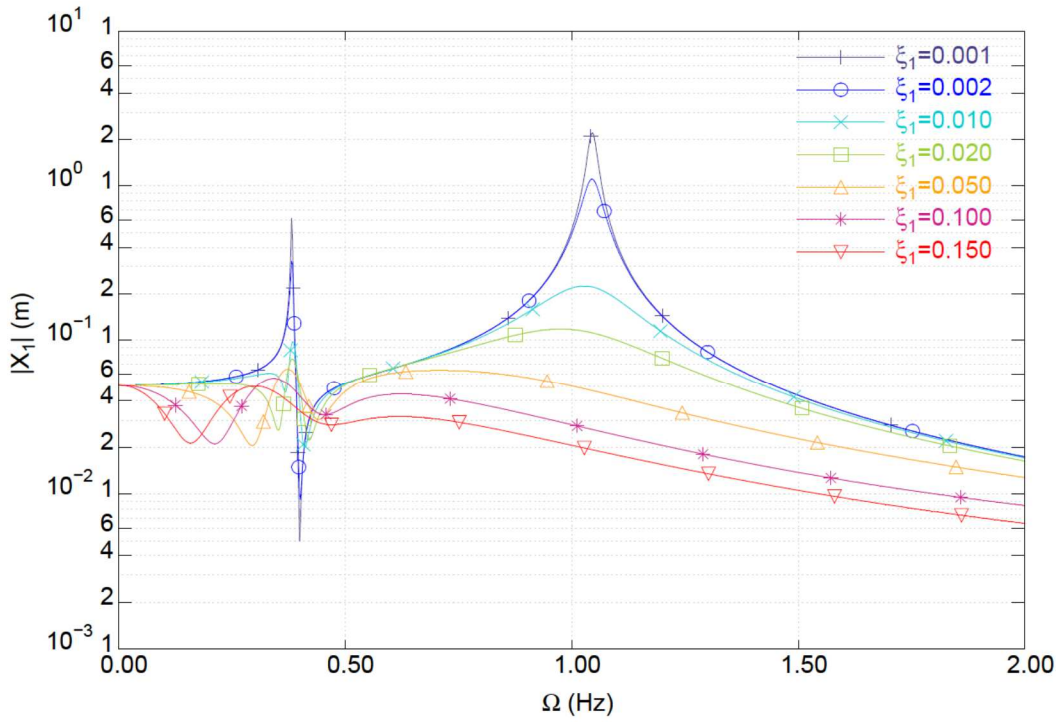


Figure 165 : Dessin de 2 évolutions respectivement de couleur rouge et bleue. Teste la possibilité de mettre une échelle logarithmique sur les ordonnées



Evolution avec l'amortissement ξ

Figure 166 : Dessin de 7 évolutions de couleurs différentes avec des marqueurs différents sur une échelle des logarithmique des ordonnées.

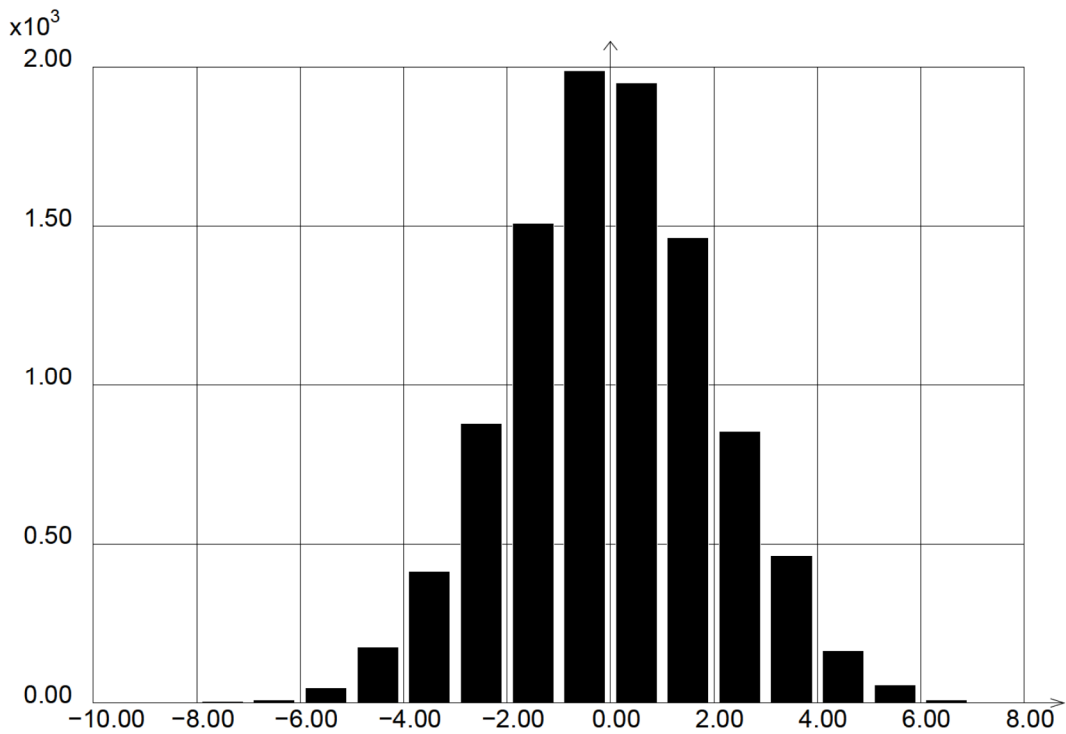


Figure 167 : Dessin d'un histogramme d'une distribution aléatoire gaussienne centrée de moyenne nulle et d'écart-type 2

Jeu de données :

```

* dessin.dgibi
*****
* Section : Langage Objets
*****

*-----*
* cas-test de la directive DESSIN.
*-----*

OPTI 'TRAC' 'PSC' 'EPIR' 5 ;
OPTI 'POIR' 'HELVETICA_16';
* rem : il faudrait aussi tester avec
* OPTI TRAC 'X';
* OPTI TRAC 'OPEN' ;

*
* ON TESTE D'ABORD LES ECHELLE ET GRADUATIONS *****
* (SP)
EV1 = EVOL 'BLEU' 'MANU' (PROG -1. -0.5 0.5 1. 2.)
      (PROG 1.E-3 0. 0. 5.E-4 7E-2) ;
DESS EV1 'TITR' ' Sans option' ;

DESS EV1 'XBOR' -1.5 2.5
'TITR' ' Bornes sur X [-1.5 2.5] ' ;

DESS EV1 'YBOR' -0.5E-2 7.5E-2
'TITR' ' Bornes sur Y [-0.5E-2 7.5E-2] ' ;

DESS EV1 'XBOR' -1.5 2.5 'YBOR' -0.5E-2 7.5E-2
'TITR' ' Bornes sur X & Y ' ;

DESS EV1 'XBOR' -1.5 2.5 'YBOR' -0.5E-2 7.5E-2
'XGRA' +0.5 'YGRA' +0.5E-2
'TITR' ' Bornes sur X-Y & les intervalles de graduations donnees ' ;

DESS EV1 'XBOR' -1.5 2.5 'YBOR' -0.5E-2 7.5E-2
'XGRA' +0.5 'YGRA' +0.5E-2
'AXES' 'GRIL' 'POIN'
'TITR' ' La grille & les axes en PLUS ' ;

* ON TESTE ENSUITE D'AUTRES OPTIONS AVEC UN SYSTEME 2DDL *****
* LEGENDE, TITRES, CENTREMENT, GRILLE ...
* (BP)
* w donné en rad/s
T1=2.;
w1=(2.*pi)/T1;
T2=5.;
w2=(2.*pi)/T2;
xp = prog 0. PAS 0.1 20.;

* castem utilise les degrés
yp = 100. * (sin ((180/pi)*w1*xp));
yp2 = 110. * (sin ((180/pi)*w2*xp));

ev1 = evol bleu manu xp yp;
ev2 = evol roug manu xp yp2;

tdess1 = tabl;
tdess1 . 1 = mot ' REMP MARQ PLUS REGU';
tdess1 . 'TITRE' = tabl;
enti1 = enti w1;
decim1 = (enti (10.*w1)) - (10*enti1);
enti2 = enti w2;
decim2 = (enti (10.*w2)) - (10*enti2);
tdess1 . 'TITRE' . 1 = chai '\W=' ent1 '.' decim1 'rad.s^{-1}';
tdess1 . 2 = mot 'MARQ ROND REGU';
tdess1 . 'TITRE' . 2 = chai '\W=' ent2 '.' decim2 'rad.s^{-1}';

DESS (ev1 et ev2)
'TITR' 'Déplacement x_{W}(t) = sin(\Wt)'
'TITX' 't(s)' 'POSX' 'CENT'
'TITY' 'Dépl u_{A}^{1} (m)' 'POSY' 'CENT'
'LEGE' 'SO' tdess1;

DESS (ev1 et ev2)
'TITR' 'Déplacement x_{W}(t) = sin(\Wt)'
'TITX' 't(s)' 'POSX' 'CENT'
'YBOR' -110. 110. 'YGRA' 22
'TITY' 'Dépl u_{A} (m^{1})' 'POSY' 'CENT'
'LEGE' tdess1;

DESS (ev1 et ev2)
'TITR' 'Déplacement x_{W}(t) = sin(\Wt)'
'TITX' 't(s)'
'YBOR' 0. T2
'YBOR' -110. 110. 'YGRA' 22.
'TITY' 'Déplacement x (m)'
'LEGE' tdess1;

*** systeme 2ddl : fonction de transfert : amplitude et phase ***
evltot = VIDE 'EVOLUTION';
ev2tot = VIDE 'EVOLUTION';
* liscoul = mots VIOL BLEU TURQ BLEU ORAN AZUR ROUG ;
liscoul = mots VIOL BLEU TURQ OLIV ORAN AZUR ROUG ;
tdess2 = tabl;

```

```

tdess2 . 1 = mot 'MARQ PLUS REGU';
tdess2 . 2 = mot 'MARQ ROND REGU';
tdess2 . 3 = mot 'MARQ CROI REGU';
tdess2 . 4 = mot 'MARQ CARR REGU';
tdess2 . 5 = mot 'MARQ TRIU REGU';
tdess2 . 6 = mot 'MARQ ETOI REGU';
tdess2 . 7 = mot 'MARQ TRID REGU';
tdess2 . 'TITRE' = tabl;

xi1 = 0.02 ; xi2 = 0.05;
xilp = prog 0.001 0.002 0.01 0.02 0.05 0.1 0.15 ;
xi2p = xilp * (xi2 / xi1);

nxi = dime xilp;
ixi = 0;
repe Bxi nxi; ixi = ixi + 1 ;

xi1 = extr xilp ixi;
xi2 = extr xi2p ixi;
mess ixi ' xi_1=' xi1 ' xi_2=' xi2 ;

moxil = chai (enti (1000 * (xi1 - (enti xil)))));
si (ega (dime moxil) 1); moxil = chai '00' moxil; fins;
si (ega (dime moxil) 2); moxil = chai '0' moxil; fins;
moxil = chai (enti xil) '.' moxil;
tdess2 . 'TITRE' . ixi = chai '\x_{1}=' (moxil);

m1=2.; k1 = m1*(w1**2); c1 = 2.*xi1*w1*k1;
m2=1.; k2 = m2*(w2**2); c2 = 2.*xi2*w2*k2;
mess w1 m1 k1 c1;
mess w2 m2 k2 c2;

wpadim = prog 0. PAS 0.002 2.;
wp = w1 * wpadim;
np = dime wp;
ump = prog np*1.;

A_R = ((k1 + k2)*ump) - ((wp**2)*m1);
A_I = wp*(c1 + c2);
B_R = -1.*k2*ump;
B_I = -1.*c2*wp;
D_R = (k2*ump) - ((wp**2)*m2);
D_I = wp*c2;

Den_R = (A_R*D_R) - (A_I*D_I) - (B_R**2) + (B_I**2) ;
Den_I = (A_R*D_I) + (A_I*D_R) - (2.*B_R*B_I);
Den2 = (Den_R**2) + (Den_I**2);

* pour simplifier on excite seulement en F1 et en phase
F1_R = 1.;
Num11_R = ((Den_R*D_R) - (Den_I*D_I)) * F1_R;
Num11_I = ((Den_R*D_I) - (Den_I*D_R)) * F1_R;
Num12_R = -1.*((Den_R*B_R) - (Den_I*B_I)) * F1_R;
Num12_I = -1.*((Den_R*B_I) - (Den_I*B_R)) * F1_R;

X1_R = Num11_R / Den2;
X1_I = Num11_I / Den2;
X2_R = Num12_R / Den2;
X2_I = Num12_I / Den2;

X1_AMP = ((X1_R**2)+(X1_I**2))**0.5;
X1_PHA = ATG X1_I X1_R;
X2_AMP = ((X2_R**2)+(X2_I**2))**0.5;
X2_PHA = ATG X2_I X2_R;

ev1_amp = evol BLEU manu wpadim X1_AMP;
ev2_amp = evol ROUG manu wpadim X2_AMP;
ev1_pha = evol BLEU manu wpadim X1_PHA;
ev2_pha = evol ROUG manu wpadim X2_PHA;

si (xil ega 0.02);
tdess1 . 'TITRE' . 1 = mot 'X_{1}';
tdess1 . 'TITRE' . 2 = mot 'X_{2}';

* 'Y LOG + titres X et Y centres + LEGE XY'
tit2ddl = chai 'Système à 2ddl : '
'\w_{1}=0.5 \w_{2}=0.2 \x_{1}=2% \x_{2}=5%';
DESS (ev1_amp et ev2_amp)
'LOGY' 'YBOR' 1.E-3 1.E1
'GRIL' 'POIN' 'GRIS'
'TITR' tit2ddl
'TITX' '\W (Hz)' 'POSX' 'CENT'
'TITY' 'amplitude |x| (m)' 'POSY' 'CENT'
'LEGE' 'XY' 1.5 0.8 tdess1;

DESS (ev1_pha et ev2_pha)
'YBOR' -180. 180. 'YGRA' 90.
'GRIL' 'POIN' 'GRIS'
'TITR' tit2ddl
'TITX' '\W (Hz)' 'POSX' 'CENT'
'TITY' 'phase \j(x) (m)' 'POSY' 'CENT'
'LEGE' 'XY' 1.5 160 tdess1;

fins;

evltot = evltot et (ev1_amp coul (extr liscoul ixi));

```



```
ev2tot = ev2tot et (ev2_amp coul (extr liscoul ixi));
```

```
fin Bxi;
```

```
* CN CONTINUE AVEC D'AUTRES OPTIONS
* (BP)
```

```
tit2 = chai 'Evolution avec l'amortissement \x';
DESS evltot
```

```
'GRIL' 'POIN' 'GRIS' 'TITR' tit2
```

```
LOGY
```

```
'TITX' '\W (Hz)' 'POSX' 'CENT'
```

```
'TITY' '|X_{1}| (m)' 'POSY' 'CENT'
```

```
'LEGE' 'XY' 1.45 9. tdess2;
```

```
*rem : 'amplitude |X_{1}| (m)' est trop long (limite a 20 caracteres)!
```

```
* 'TITY' 'amplitude |X_{1}| (m)' 'POSY' 'CENT'
```

```
* test de loption LIGNE_VARIABLE
```

```
* on définit les style des (np-1) segments
```

```
* (=0 lign, =2 tirr, ... =5 pointilles)
```

```
nps3 = np / 3;
```

```
ltirr2 = lect nps3*0 nps3*5 (np - 1 - (2*nps3))*1;
```

```
ltirr3 = lect nps3*1 nps3*2 (np - 1 - (2*nps3))*0;
```

```
tdess2 . 'LIGNE_VARIABLE' = TABL;
```

```
tdess2 . 'LIGNE_VARIABLE' . 2 = ltirr2;
```

```
tdess2 . 'LIGNE_VARIABLE' . 3 = ltirr2;
```

```
tdess2 . 'LIGNE_VARIABLE' . 5 = ltirr3;
```

```
DESS evltot
```

```
'GRIL' 'POIN' 'GRIS' 'TITR' tit2
```

```
LOGY
```

```
'TITX' '\W (Hz)' 'POSX' 'CENT'
```

```
'TITY' '|X_{1}| (m)' 'POSY' 'CENT'
```

```
'LEGE' 'XY' 1.45 9. tdess2;
```

```
-----*
* cas-test de la directive @HISTOGR *
*-----*
```

```
NN = 10000 ;
```

```
LTIRAG1 = BRUI 'BLAN' 'GAUS' 0. 2. NN ;
```

```
LTIRAG1 = LTIRAG1 -
```

```
(MASQ LTIRAG1 'INFERIEUR' 0.) ;
```

```
LTIRAG1 = ENVI LTIRAG1 ;
```

```
IMINI = MINI LTIRAG1 ;
```

```
NC = (MAXI LTIRAG1) - IMINI + 1 ;
```

```
LCCOMPT1 = PROG NC*0. ;
```

```
REPE BLOC1 NN ;
```

```
IPOS1 =(EXTR LTIRAG1 &BLOC1)
+ 1 - IMINI ;
```

```
ICOMPT1 = EXTR LCCOMPT1 IPOS1 ;
```

```
REMP LCCOMPT1 IPOS1 (ICOMPT1 + 1.) ;
```

```
FIN BLOC1 ;
```

```
TOPT1 = TABL ;
```

```
TOPT1 . 'HPOS' = FLOT IMINI ;
```

```
TOPT1 . 'DESS' = 'GRIL AXES' ;
```

```
TOPT1 . 'COUL' = mot 'OCEA' ;
```

```
@HISTOGR LCCOMPT1 TOPT1 FAUX ;
```

```
-----*
* Test des couleurs *
*-----*
```

```
coul3 = mots 'INDI' 'VIOL' 'MARI' 'BLEU' 'AZUR' 'CYAN'
```

```
'TURQ' 'OCEA' 'BOUT' 'VERT' 'OLIV' 'LIME'
```

```
'JAUN' 'OR' 'BRON'
```

```
'ORAN' 'CORA' 'ROUG' 'BRIQ'
```

```
'BRUN' 'CARA' 'BEIG' 'KAKI' 'POUR' 'ROSE' 'PEAU' 'LAVA'
```

```
'BLAN' 'GRIS' 'NOIR' ;
```

```
n3 = dime coul3;
```

```
xx = prog 0. 1.;
```

```
yy = prog 1. 1.;
```

```
ev = vide EVOLUTIO;
```

```
T = tabl;
```

```
repe b n3;
```

```
c = extr coul3 &b;
```

```
ev =ev et (evol c 'MANU' xx (&b * yy));
```


```
T . &b = chai 'LABEL' c 'REGU';
```

```
fin b;
```

```
dess ev T XBOR 0. 1.2;
```

```
FIN ;
```

Annexe A. Traçabilité

			Note Technique DEN	Page 2/353
			Réf : SEMT/LM2S/NT/16-043	
			Date : 04/07/2017	Index : A
Guide de Validation de Cast3M				

NIVEAU DE CONFIDENTIALITE				
DO	DR	CCEA	CD	SD
X				

PARTENAIRES/CLIENTS	ACCORD	TYPE D'ACTION

REFERENCES INTERNES CEA			
DIRECTION D'OBJECTIFS	DOMAINE	PROJET	EOTP
DISN	SIMU	A MECAN	A MECAN-01-01
JALON	INTITULE DU JALON	DELAI CONTRACTUEL DE CONFIDENTIALITE	CAHIERS DE LABORATOIRE

SUIVI DES VERSIONS			
INDICE	DATE	NATURE DE L'EVOLUTION	PAGES ET CHAPITRES MODIFIES
A	04/07/2017	Document initial	Toutes

	NOM	FONCTION	VISAS	DATES
REDACTEUR	T. LOCATELLI F. DI PAOLA S. PASCAL	Ingénieur Projet Ingénieur Projet Chef de Laboratoire		04/07/2017
VERIFICATEUR(S)	C. BERTHINIER	Ingénieur-Chercheur		05/07/2017
AUTRE(S) VISA(S)				
APPROBATEUR	S. PASCAL	Chef de Laboratoire		5/7/2017
ÉMETTEUR	V. VANDENBERGHE	Chef de Service		20/07/2017