

Manuel de Validation

Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques

Document : V6.04.301

SSNV301 - Anneau cylindrique en rotation soumis à un choc thermique et à une pression interne - Von Mises (Ecouissage isotrope)

Résumé :

Ce test de mécanique quasi-statique non-linéaire 3D concerne la modélisation d'un morceau d'anneau cylindrique et vérifie la reprise d'un champ de déformation après un calcul thermique linéaire transitoire (choc thermique : application d'un flux thermique à l'intérieur de l'anneau cylindrique). Puis, on reprend le calcul et on vérifie le transfert du champ de déformation d'origine thermique et l'utilisation d'un chargement suiveur (force centrifuge). Ensuite, on reprend encore une fois le calcul en appliquant une pression interne (changement des conditions aux limites). On utilise le critère de Von Mises avec écouissage isotrope défini par une fonction qui dépend de la température.

Comparaison avec les résultats numériques d'une modélisation avec Samcef V7.0 (module THERNL pour le calcul du champ de température transitoire et reprise avec le module MECANL pour le calcul mécanique non-linéaire géométrique ("Green") et matériau).

Modélisation avec des éléments 3D de type meca_hexa20 et des éléments axisymétriques de type meaxtr6. On utilise un maillage assez fin afin de vérifier la robustesse et les performances du *Code_Aster*.

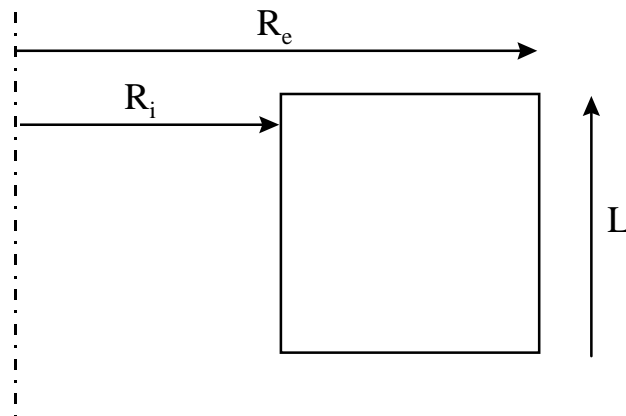
Dans les deux modélisations A et B, la pression appliquée n'est pas suiveuse. Les résultats obtenus par SAMCEF sont fournis avec et sans pression suiveuse.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Cylindre avec:

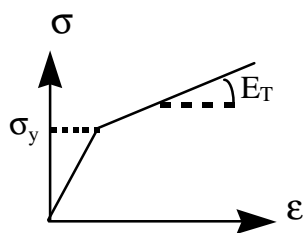
Rayon intérieur $R_i = 0.04$ m
Rayon extérieur $R_e = 0.08$ m
Hauteur $L = 0.04$ m



1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau est homogène isotrope, thermoélastique linéaire. Les propriétés mécaniques de matériaux dépendent de la température. Les propriétés varient linéairement entre les 2 températures extrêmes : 0°C et 100°C.

Loi de comportement à écrouissage isotrope linéaire :



Température = 0 °C

$E = 195000$ MPa
 $\nu = 0.3$
 $\sigma_y = 181$ MPa
 $E_T = 2857.504$ MPa

Température = 100 °C

$E = 175500$ MPa
 $\nu = 0.3$
 $\sigma_y = 145$ MPa
 $E_T = 1979.695$ MPa

Propriétés thermiques et densité:

$$\lambda = 72 \frac{J}{msK}$$

$$\rho = 7860 \frac{kg}{m^3}$$

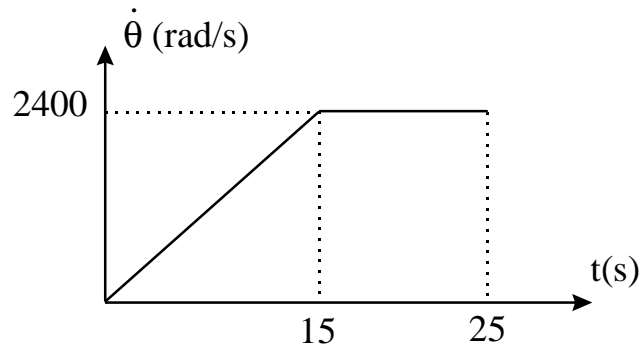
$$C_p = 452 \frac{J}{kgK}$$

$$\alpha = 12.E - 6 \frac{1}{K}$$

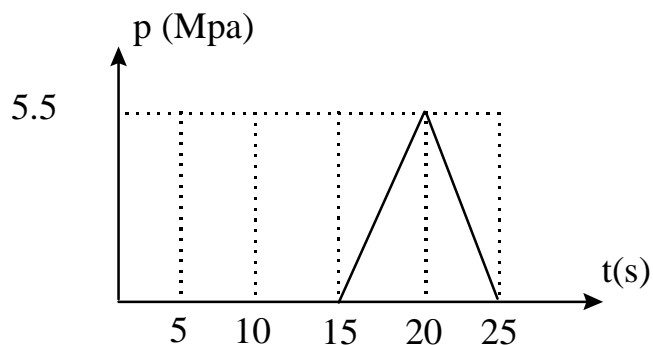
1.3 Conditions aux limites et chargements

Le choc thermique est modélisé par un flux thermique de 300000 W/m²s à l'intérieur du cylindre. La structure a une température initiale de 0°C.

En même temps une force centrifuge est appliquée : sur un intervalle de 15 s, la vitesse de rotation est augmentée jusqu'à 2400 rad/s, puis gardée constante.



Après 15 s, une pression interne est appliquée : la pression augmente linéairement jusqu'à une valeur de 5.5 MPa qui est atteinte à 20 s, puis la pression descend à zéro.



Le calcul thermique et le calcul mécanique sont effectués avec 50 pas de temps identiques.

Un quart du cylindre est modélisé en fixant les composantes transversales des déplacements aux deux sections transversales du cylindre. De plus, le degré de translation suivant la longueur du cylindre est fixé sur le rayon intérieur du côté inférieur du cylindre.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Comparaison avec les résultats numériques d'une modélisation volumiques avec Samcef V7.0 avec 50 pas de temps (module THERNL pour le calcul du champ de température transitoire et reprise avec le module MECANL pour le calcul mécanique non-linéaire).

Un schéma implicite est utilisé pour l'intégration de l'équation de la chaleur.

Le calcul mécanique non-linéaire a été effectué avec SAMCEF en utilisant une modélisation axisymétrique avec 5 pas de temps (modélisation non linéaire géométrique ("Green")) et une modélisation volumique (un quart de cylindre) avec 5 pas de temps (modélisation non linéaire géométrique ("Green")).

2.2 Résultats de référence

Evolution du champ de température suivant l'épaisseur sur le coté inférieure du cylindre

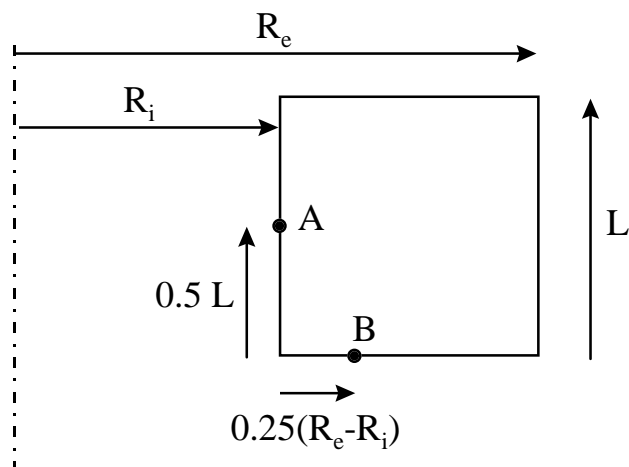
Calcul axisymétrique avec 50 pas de temps

Temp = 0.5 sec	Temp = 25 sec
1.25355E+01	8.64267E+01
5.71233E+00	7.65695E+01
2.44526E+00	6.77355E+01
1.12189E+00	5.98610E+01
4.83644E-01	5.28476E+01
2.22443E-01	4.66462E+01
9.62036E-02	4.11801E+01
4.43444E-02	3.64106E+01
1.92310E-02	3.22765E+01
8.87973E-03	2.87468E+01
3.85960E-03	2.57723E+01
1.78524E-03	2.33283E+01
7.78650E-04	2.13761E+01
3.63114E-04	1.98963E+01
1.64448E-04	1.88596E+01
8.80577E-05	1.82514E+01
6.54904E-05	1.80507E+01

Calcul volumique avec 50 pas de temps

Temp = 0.5 sec	Temp = 25 sec
1.26658E+01	8.64175E+01
5.64556E+00	7.65753E+01
2.50690E+00	6.77332E+01
1.10448E+00	5.98571E+01
5.06396E-01	5.28510E+01
2.23330E-01	4.66453E+01
9.98984E-02	4.11819E+01
4.41255E-02	3.64095E+01
2.02976E-02	3.22781E+01
8.97177E-03	2.87460E+01
4.05352E-03	2.57736E+01
1.79338E-03	2.33275E+01
8.25938E-04	2.13766E+01
3.68531E-04	1.98979E+01
1.74367E-04	1.88647E+01
8.91805E-05	1.82450E+01
6.98548E-05	1.80607E+01

Evolution de la contrainte longitudinale σ_t



Cas où la pression est non suivieuse

Calcul volumique non lineaire
géométrique avec 5 pas de temps

t(s)	σ	Point A	Point B
15.0	σ_t	1.21692E8	1.67285E8
20.0	σ_t	1.39804E8	1.65266E8
25.0	σ_t	1.28967E8	1.57980E8

Calcul axisymétrique non lineaire
géométrique avec 5 pas de temps

t(s)	σ	Point A	Point B
15.0	σ_t	1.20472E8	1.66917E8
20.0	σ_t	1.39164E8	1.70412E8
25.0	σ_t	1.28421E8	1.63168E8

Cas où la pression est suivieuseCalcul volumique non lineaire
géometrique avec 5 pas de temps

t(s)	σ	Point A	Point B
15.0	σ_t	1.21692E8	1.67285E8
20.0	σ_t	1.39894E8	1.65313E8
25.0	σ_t	1.29032E8	1.58007E8

Calcul axisymétrique non lineaire
geometrique avec 5 pas de temps

t(s)	σ	Point A	Point B
15.0	σ_t	1.20472E8	1.65934E8
20.0	σ_t	1.39252E8	1.64075E8
25.0	σ_t	1.28485E8	1.56886E8

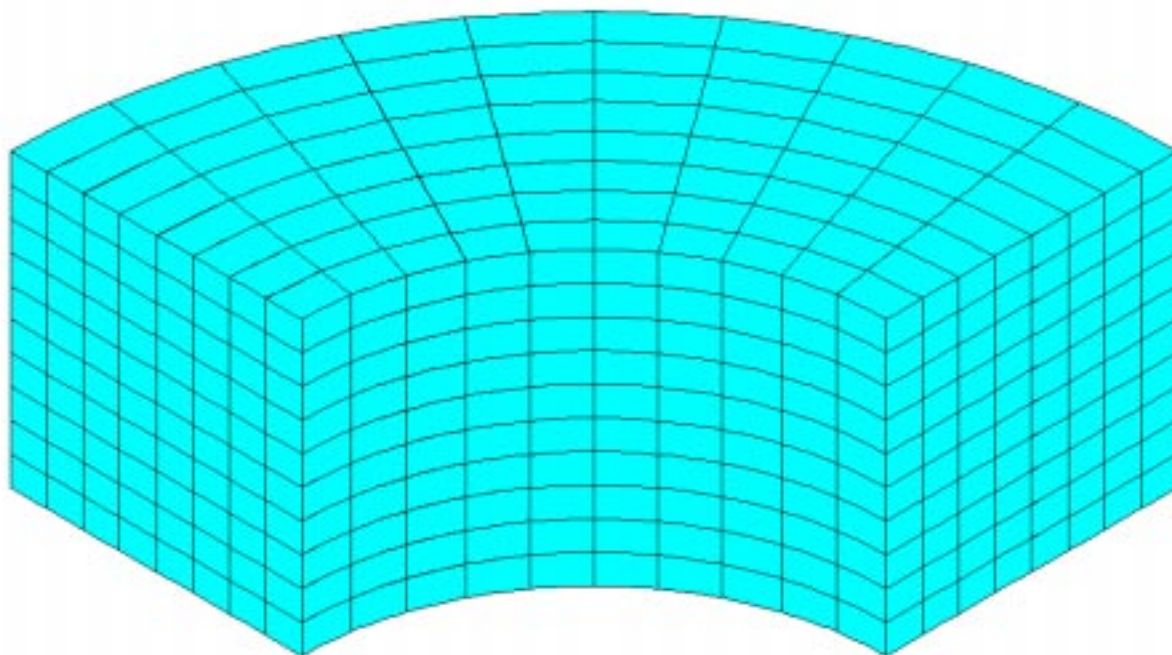
2.3 Incertitude sur la solution

Incertitude inférieure à 1 % pour le calcul thermique, incertitude inférieure à 0.5 % pour le calcul mécanique.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation A

Un quart de cylindre avec un maillage régulier.



3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 4037
Nombre de mailles et types : 800 MECA_HEXA20 (8 mailles sur l'épaisseur, 10 mailles sur la longueur et 10 mailles sur le quart de cercle)

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes				Clés
THER_LINE	PARM_THETA	1.		[U4.33.01]
DEF_MATERIAU	ECRO_LINE_FO	D_SIGM_EPSI SY		[U4.23.01]
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	DEFORMATION RELATION	PETIT_REAC VMIS_ISOT_LINE	[U4.32.01]

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Instant	Référence	Aster	% différence
Température (N21)	0.5s	1.266580E1	1.266584E1	0.
Température (N201)	0.5s	5.645560E0	5.645554E0	0.
Température (N202)	0.5s	2.506900E0	2.506894E0	0.
Température (N203)	0.5s	1.104480E0	1.104478E0	0.
Température (N204)	0.5s	5.063960E-1	5.063949E-1	0.
Température (N205)	0.5s	2.233300E-1	2.233298E-1	0.
Température (N206)	0.5s	9.989840E-2	9.989826E-2	0.
Température (N207)	0.5s	4.412550E-2	4.412536E-2	0.
Température (N208)	0.5s	2.029760E-2	2.029754E-2	0.
Température (N209)	0.5s	8.971770E-3	8.971745E-3	0.
Température (N210)	0.5s	4.053520E-3	4.053507E-3	0.
Température (N211)	0.5s	1.793380E-3	1.793372E-3	0.
Température (N212)	0.5s	8.259380E-4	8.259340E-4	0.
Température (N213)	0.5s	3.685310E-4	3.685292E-4	0.
Température (N214)	0.5s	1.743670E-4	1.743665E-4	0.
Température (N215)	0.5s	8.918050E-5	8.918007E-5	0.
Température (N28)	0.5s	6.985480E-5	6.985445E-5	0.
Température (N21)	25s	8.641750E1	8.641753E1	0.
Température (N201)	25s	7.657530E1	7.657529E1	0.
Température (N202)	25s	6.773320E1	6.773321E1	0.
Température (N203)	25s	5.985710E1	5.985709E1	0.
Température (N204)	25s	5.285100E1	5.285104E1	0.
Température (N205)	25s	4.664530E1	4.664533E1	0.
Température (N206)	25s	4.118190E1	4.118188E1	0.
Température (N207)	25s	3.640950E1	3.640950E1	0.
Température (N208)	25s	3.227810E1	3.227812E1	0.
Température (N209)	25s	2.874600E1	2.874597E1	0.
Température (N210)	25s	2.577360E1	2.577356E1	0.
Température (N211)	25s	2.332750E1	2.332747E1	0.
Température (N212)	25s	2.137660E1	2.137655E1	0.
Température (N213)	25s	1.989790E1	1.989793E1	0.
Température (N214)	25s	1.886470E1	1.886472E1	0.
Température (N215)	25s	1.824500E1	1.824500E1	0.
Température (N28)	25s	1.806070E1	1.806074E1	0.
SIYY (M473,N2931)	15s	1.216920E8	1.212172E8	-0.390
SIYY (M74 ,N204)	15s	1.672850E8	1.672363E8	-0.029
SIYY (M473,N2931)	20s	1.398040E8	1.396296E8	-0.390
SIYY (M74 ,N204)	20s	1.652660E8	1.654056E8	-0.029
SIYY (M473,N2931)	25s	1.289670E8	1.287516E8	-0.390
SIYY (M74 ,N204)	25s	1.579800E8	1.580668E8	-0.029

4.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.09

Machine :

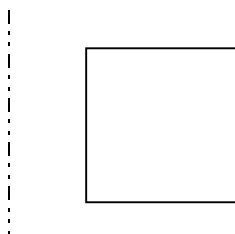
Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système :

Temps CPU User : 4971.07 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation B



5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de noeuds : 357
Nombre de mailles et types : 160 MEAXTR6
(8 mailles sur l'épaisseur, 10 mailles sur la longueur)

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes			Clés
THER_LINE	PARM_THETA	1.	[U4.33.01]
DEF_MATERIAU	ECRO_LINE_FO	D_SIGM_EPSI SY	[U4.23.01]
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	DEFORMATION RELATION	PETIT_REAC VMIS_ISOT_LINE [U4.32.01]

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Identification	Instant	Référence	Aster	% différence
Température (N1)	0.5s	1.25355E1	1.253935E1	0.031
Température (N161)	0.5s	5.712330E0	5.710409E0	-0.034
Température (N162)	0.5s	2.445260E0	2.446690E0	0.058
Température (N163)	0.5s	1.121890E0	1.121793E0	-0.009
Température (N164)	0.5s	4.836440E-1	4.839514E-1	0.064
Température (N165)	0.5s	2.224430E-1	2.224511E-1	0.004
Température (N166)	0.5s	9.620360E-2	9.626885E-2	0.068
Température (N167)	0.5s	4.434440E-2	4.434991E-2	0.012
Température (N168)	0.5s	1.923100E-2	1.924445E-2	0.070
Température (N169)	0.5s	8.879760E-3	8.881443E-3	0.019
Température (N170)	0.5s	3.859600E-3	3.862363E-3	0.072
Température (N171)	0.5s	1.785240E-3	1.785670E-3	0.024
Température (N172)	0.5s	7.786500E-4	7.792119E-4	0.072
Température (N173)	0.5s	3.631140E-4	3.632162E-4	0.028
Température (N174)	0.5s	1.644480E-4	1.645681E-4	0.073
Température (N175)	0.5s	8.805770E-5	8.808440E-5	0.030
Température (N14)	0.5s	6.549040E-5	6.553566E-5	0.069
Température (N1)	25s	8.642670E1	8.642786E1	0.001
Température (N161)	25s	7.656950E1	7.656903E1	-0.01
Température (N162)	25s	6.773550E1	6.773627E1	0.001
Température (N163)	25s	5.986100E1	5.986069E1	-0.001
Température (N164)	25s	5.284760E1	5.284816E1	0.001
Température (N165)	25s	4.664620E1	4.664591E1	-0.001
Température (N166)	25s	4.118010E1	4.118056E1	0.001
Température (N167)	25s	3.641060E1	3.641040E1	-0.001
Température (N168)	25s	3.227650E1	3.227691E1	0.001
Température (N169)	25s	2.874680E1	2.874659E1	-0.001
Température (N170)	25s	2.577230E1	2.577260E1	0.001
Température (N171)	25s	2.332830E1	2.332814E1	-0.001
Température (N172)	25s	2.137660E1	2.137655E1	0.001
Température (N173)	25s	1.989790E1	1.989793E1	0.
Température (N174)	25s	1.886470E1	1.886472E1	0.001
Température (N175)	25s	1.824500E1	1.824500E1	0.
Température (N14)	25s	1.806070E1	1.806074E1	0.001
SIYY (M90 ,N222)	15s	1.204720E8	1.200544E8	-0.347
SIYY (M101 ,N164)	15s	1.659340E8	1.661848E8	0.151
SIYY (M90 ,N222)	20s	1.391640E8	1.383875E8	-0.558
SIYY (M101 ,N164)	20s	1.640310E8	1.643171E8	0.174
SIYY (M90 ,N222)	25s	1.284210E8	1.275833E8	-0.652
SIYY (M101 ,N204)	25s	1.568610E8	1.570781E8	-0.138

6.2 Paramètres d'exécution

Version : 3.09

Machine :

Encombrement mémoire : 16 mégamots

Système :

Temps CPU User : 58.37 secondes

7 Synthèse des résultats

On a vérifié que l'on obtient les mêmes résultats avec ou sans reprise, avec ou sans modification des conditions aux limites.

Il faut noter que les efforts nodaux que l'on fournit à Aster sont divisés par 2π par rapport à ceux que l'on fournit à SAMCEF en axisymétrie.

Page laissée intentionnellement blanche.