

Manuel de Validation**Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques****Document : V6.04.146**

SSNV146 - Analyse limite régularisée. Réservoir à fond torisphérique

Résumé

Ce test permet de qualifier les opérateurs utilisés en analyse limite régularisée. On calcule la charge limite par une approche cinématique régularisée par la méthode de Norton-Hoff-Friaâ.

On considère un réservoir axisymétrique à fond torisphérique (modélisation A). Le matériau constitutif vérifie le critère de von Mises et la structure est soumise à une pression interne. Le calcul permet d'obtenir la charge limite dans la direction du chargement.

La structure est modélisée par des éléments incompressibles et le chargement est normalisé.

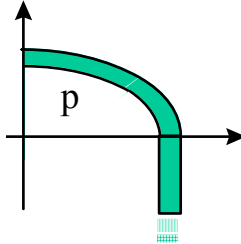
La résolution par la méthode régularisée de Norton-Hoff-Friaâ est réalisée dans la commande `STAT_NON_LINE`. Un post-traitement dans la commande `POST_ELEM` permet d'obtenir la valeur d'une borne supérieure de la charge limite, ainsi qu'une estimation de la borne inférieure.

La solution de référence est issue d'un benchmark européen, réalisé dans le cadre d'un projet Brite EuRam BE97-4547 « LISA », en 1998, et les résultats sont en parfait accord avec les valeurs de référence.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Le rayon interne de la partie cylindrique est : 49mm, tandis que l'épaisseur est : 2mm. Le rayon de la partie sphérique à l'apex est 98mm, tandis que le rayon du tore de raccordement est de 20mm.



1.2 Propriétés de matériaux

Le matériau est homogène :

Module d'Young : $E = 200\,000\text{ MPa}$.

Coefficient de Poisson : $\nu = 0.5$

Limite d'élasticité : $\sigma_y = 100\text{ MPa}$.

Coefficient de la loi de Norton-Hoff : $n = 21 \rightarrow 101$.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Les conditions aux limites sont : déplacement axial nul sur l'extrémité de la partie cylindrique (conditions de symétrie).

Conditions limites en AXIS :

- sur BORD_INF: $DY = 0$.

Le chargement paramétré par λ est :

- en AXIS :
Pres = 1. sur la paroi interne B_D.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Ce test de benchmark est référencé : cas-test LA6 et a été réalisé dans le cadre d'un projet européen Brite EuRam BE97-4547 « LISA », en 1998, financé en partie par la CE. Ce test a été réalisé avec le même maillage par les trois organismes participants. En considérant un tuyau de mêmes dimensions, la charge limite est : 4,0005MPa, et pour la sphère de mêmes dimensions : 4,04MPa.

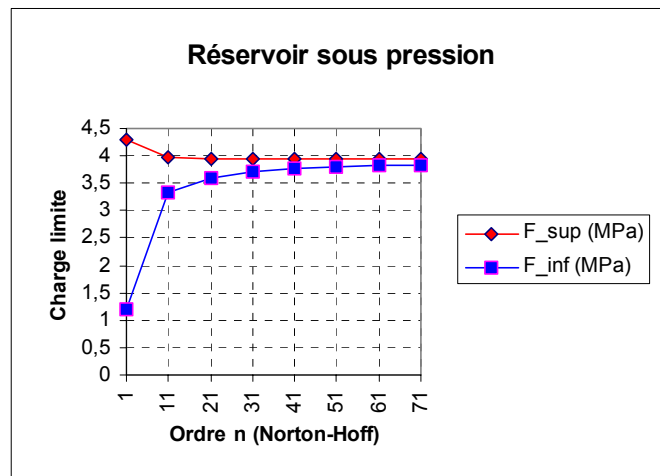
2.2 Résultats de référence

On donne ci-après les résultats fournis par EDF lors du benchmark, pour trois valeurs du paramètre de régularisation n , ainsi que celles fournies par les organismes LTAS à Liège (qui utilise une autre méthode cinématique régularisée, dans le logiciel universitaire dédié « **ELSA** ») et ForschungZentrum de Jülich (qui utilise une méthode statique approchée par éléments finis en déplacements, et une représentation réduite des champs d'auto-contraintes, à l'aide du code **Permas**, complété d'un algorithme d'optimisation).

Modélisation	cas	λ_{lim}^{sup}	λ_{lim}^{inf} estimée
EDF $n=21$	2D axis	3,9514 MPa	3,6049 MPa
EDF $n=31$	2D axis	3,9456 MPa	3,7090 MPa
EDF $n=71$	2D axis	3,9404 MPa	3,8372 MPa
Univ. de Liège/LTAS	2D axis	3,931 MPa	néant
Centre de recherche FZJ	2D axis	néant	3,997 MPa

Les méthodes cinématiques régularisées d'EDF et du LTAS donnent des résultats très voisins. On note cependant une anomalie : la borne inférieure du FZJ est supérieure à la borne supérieure de ULg et EDF, ce qui est impossible.

La convergence de la méthode proposée par le *Code_Aster* est visualisée sur le diagramme ci-dessous.



2.3 Références bibliographiques

- [1] Voldoire F. : Calcul de charge limite avec *Code_Aster* et benchmark du Brite EuRam « LISA ». Note HI-74/98/026/A.
- [2] Heitzer M. « Traglast- und Einspielanalyse zur Bewertung der Sicherheit passiver Komponenten. » Thesis., RWTH Aachen (1999).
- [3] Yan A.M. « Contributions to the direct limit state analysis of plastified and cracked structures ». Thesis, Univ. Liège, (1999).

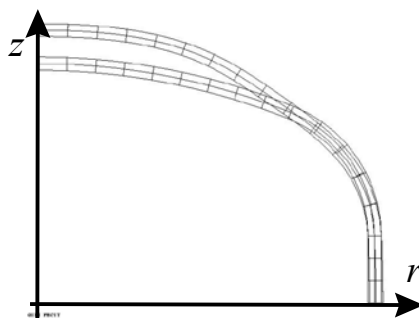
3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On considère un cylindre modélisé par des éléments axisymétriques QUAD8 de type incompressible : *miacqu8*, selon un maillage réglé. La précision demandée est de 10^{-5} sur l'équilibre.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient deux éléments Q8 dans l'épaisseur, et en tout il y a 34 éléments, et 141 nœuds. Voici une vue du maillage et de la déformée pour $n = 31$.



3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot clé facteur	Mot clé simple	Argument
DEFI_MATERIAU	NORTON-HOFF	N SY	
MACRO_CHAR_F_U	CHARGE		
STAT_NON_LINE	COMP_INCR RECH_LINEAIRE ETAT_INIT SOLVEUR	RELATION EVOL_NOLI METHODE	'NORTON_HOFF' 'LDLT'
POST_ELEM	CHAR_LIMITE	TOUT	'OUI'
TEST_TABLE		TABLE	'CHAR_LIMI_SUP' 'CHAR_LIMI_ESTIM'

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence	Tolérance
n = 21				
Charge limite supérieure	3,9514	3,9514	0.05%	0.1%
Charge limite estimée	3,6049	3,6049	0.05%	0.1%
n = 31				
Charge limite supérieure	3,9456	3,9456	0.05%	0.1%
Charge limite estimée	3,7090	3,7090	0.05%	0.1%
n = 51				
Charge limite supérieure	3,9417	3,9417	0.05%	0.1%
Charge limite estimée	3,7978	3,7978	0.05%	0.1%
n = 71				
Charge limite supérieure	3,9404	3,9404	0.05%	0.1%
Charge limite estimée	3,8372	3,8372	0.05%	0.1%
n = 101				
Charge limite supérieure	3,931	3,9396	0.2%	0.3%
Charge limite estimée	3,90	3,8673	0.8%	0.9%

4.2 Paramètres d'exécution

Version : STA 5.06
Machine : Claster
Encombrement mémoire : 64 MO

Système : IRIX 64
Temps CPU User : 12.15 secondes

5 Synthèse des résultats

Les résultats numériques *Code_Aster* sont en bon accord avec les valeurs de la référence numérique.