

Manuel de Validation**Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document : V6.02.503**

SSNL503 - Ruine élasto-plastique d'un tuyau coudé mince

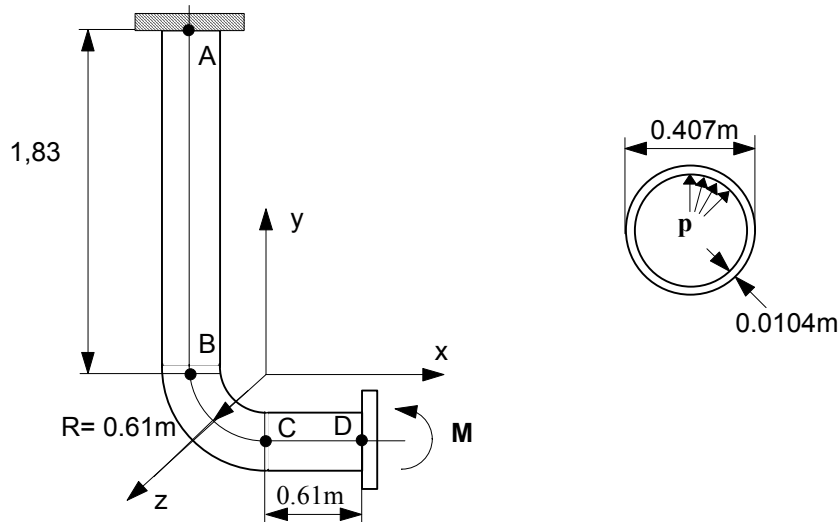
Résumé :

Ce test consiste à calculer la ruine élasto-plastique d'un tuyau coudé mince soumis à une flexion dans son plan et à une pression interne avec effet de fond. Il permet de valider la modélisation éléments finis TUYAU (SEG3 et SEG4) et TUYAU_6M (SEG3) dans le domaine quasi-statique en non-linéaire matériau.

Les résultats obtenus sont comparés à une solution de référence numérique obtenue avec le code de calcul (ABAQUS).

1 Problème de référence

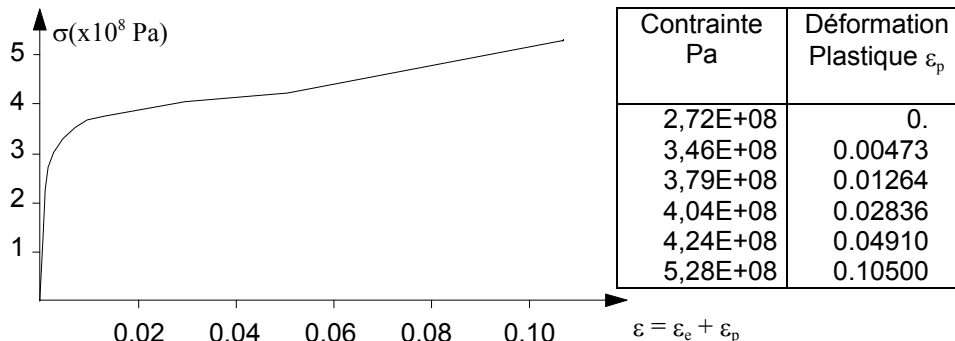
1.1 Géométrie



1.2 Propriétés du matériau

Les propriétés du matériau constituant le tuyau sont :

$E = 193 \cdot 10^9$ Pa Module d'Young
 $\nu = 0.2642$ Coefficient de poisson



1.3 Conditions aux limites et chargements

- C.L. : - Section A encastree
- Section D rigide (aucune déformation de la section)
- Chargement : on cherche les états successifs d'équilibre sous les chargements suivants :
 - Etape A : $0 \leq t < t_1$
 - la pression varie de 0 à $3.45 \cdot 10^6$ Pa
 - La force (effet de fond) au point D varie de 0 à $4.0414 \cdot 10^5$ N
 - le moment est nul
 - Etape B : $t_1 \leq t < t_2$
 - la pression est constante et vaut $3.45 \cdot 10^6$ Pa
 - la force (effet de fond) au point D est constante et vaut $4.0414 \cdot 10^5$ N
 - le moment varie de 0 à $2.534 \cdot 10^5$ N.m

1.4 Conditions initiales

Sans objet.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

La solution de référence a été obtenue numériquement avec ABAQUS 5.5. Le maillage utilisé est constitué d'éléments ELBOW31 à 2 nœuds avec 6 modes de Fourier. La discrétisation utilisée est la suivante :

- Partie AB : 24 éléments,
- Partie BC : 8 éléments,
- Partie CD : 12 éléments.

L'intégration dans la section est la suivante :

- 7 couches dans l'épaisseur,
- 18 secteurs dans le sens circonférentiel.

2.2 Résultats de référence

Moment limite = $253.4 \cdot 10^3$ N.m pour une rotation autour de z de 0.22 rad au point D.

2.3 Incertitudes sur la solution

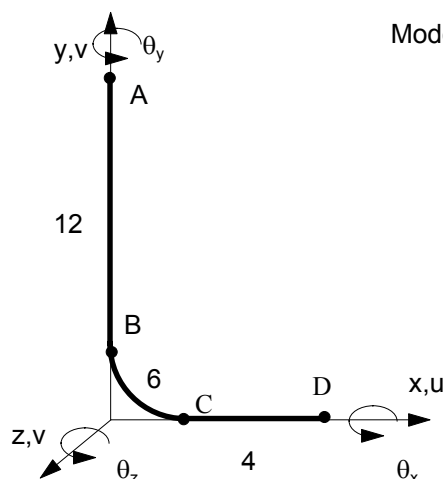
< 2%

2.4 Références bibliographiques

[1] ABAQUS/ Standard Version 5.5 : Example Problems Manual Volume 2 , pp 4.2.2-1.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU (SEG3)

Découpage pour l'intégration numérique

- Nombre de couches : 7
- Nombre de secteurs : 18

Conditions aux limites :

Point A :

- DDL de Poutre : $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,3)
- $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,3)
- $WI1 = WO1 = WO = 0$

Point D :

- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,3)
- $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,3)
- $WI1 = WO1 = WO = 0$

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 45

Nombre de mailles et type : 22 SEG3

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
DEFI MATERIAU	ECRO_LINE	D SIGM_EPSI , SY
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION='TUYAU'
AFFE CARA_ELEM	ORIENTATION	CARA='GENE TUYAU'
AFFE CHAR_MECA	FORCE TUYAU	PRES
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	'VMIS_ISOT_LINE'
	PILOTAGE	TUYAU_NCOU, TUYAU_NSEC
		TYPE='DDL IMPO'
TEST_RESU	RESU	PARA='ETA_PILOTAGE'

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

DRZ	Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
0.32	ETA_PILOTAGE	18	1.0	1.1699	16.99
0.34	ETA_PILOTAGE	18.5	1.0	1.1787	17.87
0.36	ETA_PILOTAGE	19	1.0	1.1869	18.69
0.38	ETA_PILOTAGE	19.5	1.0	1.1946	19.46
0.40	ETA_PILOTAGE	20	1.0	1.2020	20.20

4.2 Remarques

Lors de l'étape A, on impose progressivement la pression interne et l'effort dû à l'effet de fond sur l'intervalle de temps $0 < t < 10$. Ensuite (étape B), on impose progressivement le moment fléchissant sur l'intervalle de temps $10 < t < 20$. Pour résoudre, on impose lors de l'étape B un accroissement de rotation DRZ de 0.4 rad à la solution obtenue lors de l'étape A.

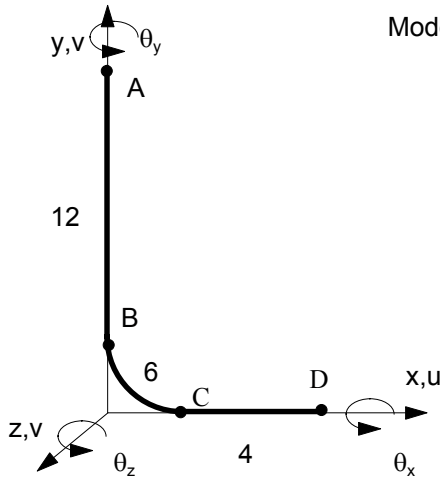
4.3 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.18
Machine : SGI-Origin2000 R12000
Encombrement mémoire : 256 mégaoctets

Temps CPU User : 221.44 secondes

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU_6M (SEG3)

Découpage pour l'intégration numérique

- Nombre de couches : 7
- Nombre de secteurs : 18

Conditions aux limites :

Point A :

- DDL de Poutre : $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,6)
 $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,6)
 $WI1 = WO1 = WO = 0$

Point D :

- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,6)
 $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,6)
 $WI1 = WO1 = WO = 0$

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 45
Nombre de mailles et type : 22 SEG3

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
DEFI MATERIAU	ECRO LINE	D SIGM EPSI , SY
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION='TUYAU_6M'
AFFE CARA ELEM	ORIENTATION	CARA='GENE TUYAU'
AFFE CHAR MECA	FORCE TUYAU	PRES
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	'VMIS_ISOT_LINE'
		TUYAU_NCOU , TUYAU_NSEC
	PILOTAGE	TYPE='DDL_IMPO'
TEST_RESU	RESU	PARA='ETA_PILOTAGE'

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

DRZ	Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
0.32	ETA_PILOTAGE	18	1.0	1.0296	2.96
0.34	ETA_PILOTAGE	18.5	1.0	1.0379	3.79
0.36	ETA_PILOTAGE	19	1.0	1.0456	4.56
0.38	ETA_PILOTAGE	19.5	1.0	1.0528	5.28
0.40	ETA_PILOTAGE	20	1.0	1.0597	5.97

6.2 Remarques

Lors de l'étape A, on impose progressivement la pression interne et l'effort dû à l'effet de fond sur l'intervalle de temps $0 < t < 10$. Ensuite (étape B), on impose progressivement le moment fléchissant sur l'intervalle de temps $10 < t < 20$. Pour résoudre, on impose lors de l'étape B un accroissement de rotation DRZ de 0.4 rad à la solution obtenue lors de l'étape A.

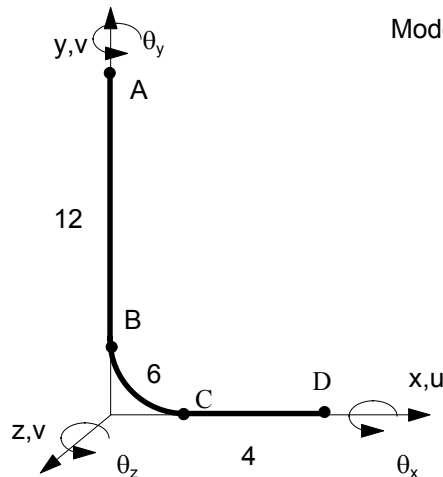
6.3 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.18
Machine : SGI-Origin2000 R12000
Encombrement mémoire : 256 mégaoctets

Temps CPU User : 585.95 secondes

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation



Modélisation TUYAU (SEG4)

Découpage pour l'intégration numérique

- Nombre de couches : 7
- Nombre de secteurs : 18

Conditions aux limites :

Point A :

- DDL de Poutre : $DX = DY = DZ = DRX = DRY = DRZ = 0$
- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,3)
 $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,3)
 $WI1 = WO1 = WO = 0$

Point D :

- DDL de Coque : $U_{lm} = V_{lm} = W_{lm} = 0$ (m=2,3)
 $U_{Om} = V_{Om} = W_{Om} = 0$ (m=2,3)
 $WI1 = WO1 = WO = 0$

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 67
Nombre de mailles et type : 22 SEG4

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
CREA_MAILLAGE	MODI_MAILLE	OPTION: 'SEG3_4'
DEFI_MATERIAU	ECRO_LINE	D SIGM EPSI , SY
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION= 'TUYAU'
AFFE_CARA_ELEM	ORIENTATION	CARA= 'GENE TUYAU'
AFFE_CHAR_MECA	FORCE TUYAU	PRES
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	'VMIS_ISOT_LINE'
	PILOTAGE	TUYAU_NCOU , TUYAU_NSEC TYPE= 'DDL_IMPO'
TEST_RESU	RESU	PARA= 'ETA_PILOTAGE'

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

DRZ	Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
0.32	ETA_PILOTAGE	18	1.0	1.1681	16.81
0.34	ETA_PILOTAGE	18.5	1.0	1.1678	16.78
0.36	ETA_PILOTAGE	19	1.0	1.1758	17.58
0.38	ETA_PILOTAGE	19.5	1.0	1.1834	18.34
0.40	ETA_PILOTAGE	20	1.0	1.1905	19.05

8.2 Remarques

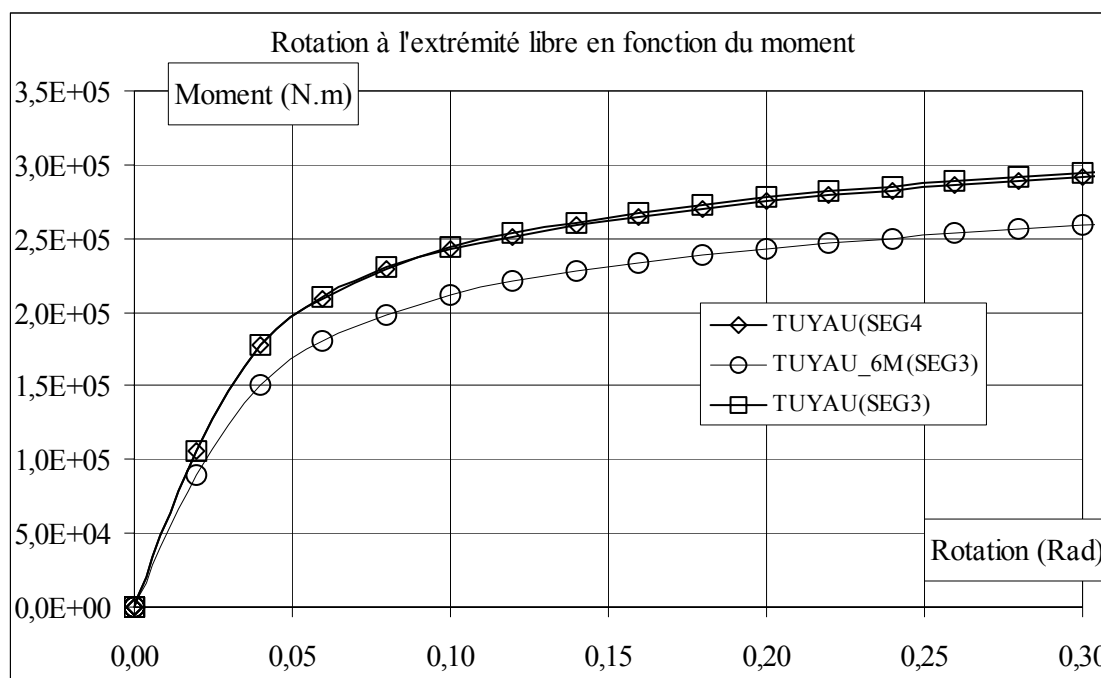
Lors de l'étape A, on impose progressivement la pression interne et l'effort dû à l'effet de fond sur l'intervalle de temps $0 < t < 10$. Ensuite (étape B), on impose progressivement le moment fléchissant sur l'intervalle de temps $10 < t < 20$. Pour résoudre, on impose lors de l'étape B un accroissement de rotation DRZ de 0.4 rad à la solution obtenue lors de l'étape A.

8.3 Paramètres d'exécution

Version : NEW 5.04.20
Machine : SGI-Origin2000 R12000
Encombrement mémoire : 256 mégaoctets

Temps CPU User : 427.64 secondes

9 Synthèse des résultats



Les résultats obtenus pour la modélisation TUYAU (SEG3 et SEG4) sont assez éloignés de la solution de référence, (erreur de 20%). Par contre, ils sont meilleurs pour la modélisation TUYAU_6M (erreur de 6%).

La déformation de la section transverse dans le coude est mieux représentée par la modélisation TUYAU_6M, mieux adaptée à la modélisation des tuyaux minces. Dans cette modélisation, les déplacements de la surface moyenne du tuyau sont décomposés en série de Fourier jusqu'à l'ordre 6, au lieu de 3 pour la modélisation TUYAU. La modélisation de référence utilise une décomposition en série de Fourier jusqu'à l'ordre 6.