

Manuel de Validation**Fascicule V6.02 : Statique non linéaire des structures linéiques****Document V6.02.106**

SSNL106 - Poutre élastoplastique en traction et flexion pure

Résumé :

Ce test valide l'élastoplasticité dans une poutre droite en traction et flexion, pour un comportement élastoplastique parfait ou à écrouissage linéaire.

- Analyse statique
- Comportement élastoplastique de poutre : VMIS_POUTRE ou de TUYAU
- 3 sections : rectangulaire, circulaire pleine, circulaire creuse
- 3 types d'écrouissage : nul, linéaire (ECRO_LINE), non linéaire (ECRO_FLEJOU)

8 modélisations permettent de tester les éléments POU_D_TG, POU_D_E, POU_D_T, TUYAU (3 et 4 nœuds) COQUE_3D, POU_D_EM et POU_D_T_GM.

Le test permet de valider le fonctionnement de l'intégration de ces lois de comportement et de l'algorithme de résolution jusqu'à la plastification complète de la poutre.

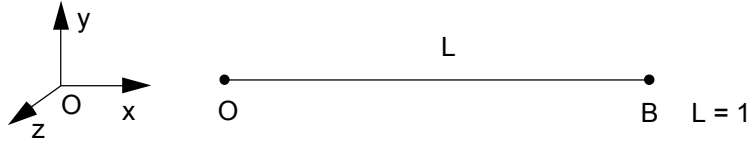
On teste également la plastification en flexion alternée. De plus, les deux méthodes de résolution sont testées pour les modélisations de poutres à plasticité globale (POU_D_TG, POU_D_E, POU_D_T) : intégration implicite ou par Runge-Kutta d'ordre 4.

Une neuvième modélisation permet de tester le fonctionnement de DYNA_NON_LINE sur un calcul quasi-statique de traction d'une poutre modélisée en POU_D_TG.

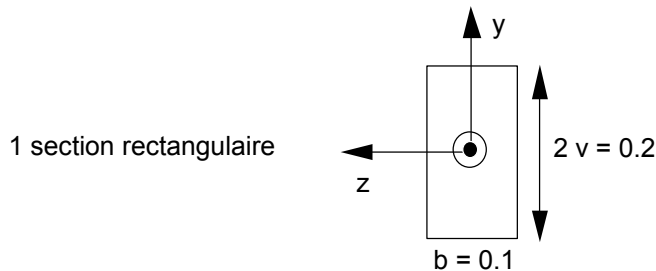
1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Poutre droite de longueur $L = 1$, de direction x .



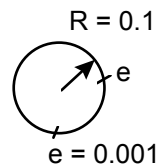
On calcule simultanément 2 types de section :



1 section circulaire



Pour la modélisation D, on calcule 1 section de tube mince :



1.2 Propriétés de matériaux

$$E = 2.10^{11} \text{ Pa}$$

$$\nu = 0.3$$

ECRO_LINE :

$$SY = \sigma_y = 150 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$H = D_SIGM_EPSI = 2 \cdot 10^9 \text{ Pa ou } 0$$

ECRO_FLEJOU :

$$EP = 2.E10$$

$$SY = 150.E6$$

$$SU = 160.E6$$

$$PUISS = 1$$

VMIS_POUTRE : section rectangulaire :

effort normal limite NP	=	3.10^6 N
moment élastique MEZ	=	10^5 Nm
moment limite MPZ	=	$1.5 \cdot 10^5 \text{ Nm}$
coefficient AZ	=	0.84
coefficient BZ	=	0.0013
MEY, MPY, MT, AY, BY	=	sans objet

VMIS_POUTRE : section circulaire :

effort normal limite NP	=	$4.712389 \cdot 10^6 \text{ N}$
MEZ = MEY	=	117809.72 Nm
MPZ = MPY	=	$200 \cdot 10^3 \text{ Nm}$
MT	=	sans objet
AY = AZ	=	0.84
BY = BZ	=	0.0012

1.3 Conditions aux limites et chargements

Encastrement en O

Déplacement imposé en B

$$DX^e = \frac{L \cdot \sigma_y}{E} = 0.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

DX varie de DX^e à $3DX^e$

Rotation imposée en B

$$DRZ^e = 0.75 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

DRZ varie de DRZ^e à $20 \times DRZ^e$ puis décroît jusqu'à $-2 \times DRZ^e$

Remarque :

En flexion pure, MZ et DRZ ne dépendent pas de x . La courbure

$$\varphi = \frac{d(DRZ)}{dx} = \frac{\Delta DRZ}{l}$$

comme $l = 1$

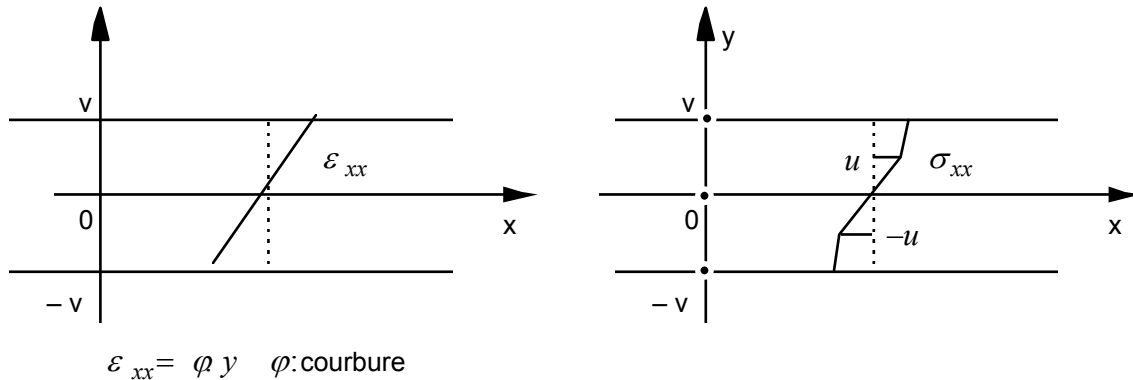
$$\varphi = DRZ(B)$$

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

2.1.1 Flexion pure - Ecoulement linéaire

Solution analytique :



Calcul du moment par :

$$M(u) = \int_s \sigma_{xx}(y) \cdot y \, ds$$

$$\sigma_{xx} = E \varepsilon_{xx} \text{ pour } 0 \leq |y| \leq u$$

$$\sigma_{xx} = \sigma_y + H \left(\varepsilon_{xx} - \frac{\sigma_y}{E} \right)$$

$$\text{pour } u < |y| \leq v$$

On obtient :

pour la section rectangulaire :

$$\frac{M}{M_e} = \left(1 - \frac{H}{E} \right) \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{\varphi_e}{\varphi} \right)^2 \right) + \frac{H}{E} \varphi / \varphi_e$$

$$\text{avec } \varphi_e = \frac{M_e}{EI} \quad M_e = \frac{I_z \cdot \sigma_y}{v}$$

pour la section circulaire :

$$M(\mu) = \frac{R^3 \sigma_y}{E} \left[\frac{\pi H}{4 \mu} + \frac{4}{3} (E - H) (1 - \mu^2)^{3/2} + \frac{E - H}{2 \mu} \left(\text{Arc sin } \mu - \mu (1 - 2 \mu^2) \sqrt{1 - \mu^2} \right) \right]$$

$$\text{avec } \mu = \frac{u}{R} = \frac{\sigma_y}{ER \varphi} = \frac{\varphi_e}{\varphi}$$

En décharge, après avoir atteint la charge limite en charge, on obtient une charge limite de signe contraire.

pour la section tubulaire :
(hypothèse de poutre de Navier-Bernoulli)

La charge limite ($H = 0$) vaut :

$$\frac{M}{M_e} = \frac{4}{\pi}$$

La solution complète pour un tube mince est [bib1] :

$$\frac{M(\mu)}{M_e} = \frac{\lambda}{\mu} + \frac{2(1-\lambda)}{\pi \mu} \left(\arcsin \mu + \mu \sqrt{1-\mu^2} \right)$$

$$\text{avec } \lambda = \frac{E_T}{E} = \frac{H}{E+H}$$

2.1.2 Traction - Ecouissage linéaire

Solution analytique : on a immédiatement $N = S \sigma_y \left(1 - \frac{H}{E} \right) + \frac{HS}{L} \cdot DX$.

2.1.3 Traction - Ecouissage non linéaire

La solution analytique est obtenue ici pour un cas particulier : le modèle d'écouissage (ECRO_FLEJOU) s'écrit en uniaxial :

$$\sigma = \sigma_y + \frac{E^p \cdot \varepsilon^p}{\left[1 + \left(\frac{\varepsilon^p}{\varepsilon_u} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}}} \quad \text{avec } \varepsilon_u = \frac{\sigma_u - \sigma_y}{E^p} \quad \text{et } E^p = \frac{E \cdot H}{E - H}$$

Dans le cas où $\alpha = 1$, on trouve σ en fonction de ε en résolvant :

$$\left(\sigma - \sigma_y \right) \left(1 + \frac{\varepsilon^p}{\varepsilon_u} \right) = E^p \cdot \varepsilon^p$$

Ce qui conduit à l'équation du 2ème degré en σ :

$$\sigma^2 - \sigma \left(E(\varepsilon + \varepsilon_u) + \sigma_u \right) + E \left(\sigma_y \varepsilon_u + \varepsilon \sigma_u \right) = 0$$

$$\text{Alors : } \Delta = \left(E(\varepsilon + \varepsilon_u) - \sigma_u \right)^2 + 4E \cdot E^p \cdot \varepsilon_u^2$$

$$\text{et } \sigma = \frac{1}{2} \left(E(\varepsilon + \varepsilon_u) + \sigma_u \pm \sqrt{\Delta} \right)$$

La solution correspondant au début de plastification (σ croissant à partir de σ_y) est celle correspondant au signe -.

Donc l'effort normal dans la poutre est :

$$N = \frac{S}{2} \left(E \left(\frac{u(B)}{L} + \varepsilon_u \right) + \sigma_u - \sqrt{\left(E \left(\frac{u(B)}{L} + \varepsilon_u \right) - \sigma_u \right)^2 + 4E E^p \varepsilon_u^2} \right)$$

2.2 Références bibliographiques

- [1] J.H. LAU et T.T. LAU : Journal of Pressure Vessel Technology Vol. 106 p188-195 - Mai 1984.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_TG par type de section. Il y a donc 2 groupes d'éléments comportant chacun 2 éléments.

Groupe GR1 : section rectangulaire
 GC1 : section circulaire
 Traction simple : sur GR1 (ECRO_FLEJOU) et GC1 (ECRO_LINE)
 Flexion pure : sur GR1 et GC1 sans écrouissage

3.2 Caractéristiques du maillage

2 x 2 éléments POU_D_TG

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_POUTRE'
DEFI_MATERIAU	VMIS_POUTRE		
	ECRO_LINE		
	ECRO_FLEJOU		
STAT_NON_LINE	CONVERGENCE	RESO_INTE :	'RUNGE_KUTTA_4'

4 Résultats de la modélisation A

4.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	GR1	N	3.123 10 ⁶	3.123 10 ⁶	0
3	21	GR1	N	3.1529 10 ⁶	3.1532 10 ⁶	0.01
2	21	GC1	N	4.75951 10 ⁶	4.75951 10 ⁶	0
3	31	GC1	N	4.80664 10 ⁶	4.80664 10 ⁶	0

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	GR1	MFZ (Nm)	10 ⁵	10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.48 10 ⁵	1.477 10 ⁵	-0.23
10	31		MFZ	1.495 10 ⁵	1.489 10 ⁵	-0.39
20	41		MFZ	1.499 10 ⁵	1.495 10 ⁵	-0.26
1	1	GC1	MFZ	1.1781 10 ⁵	1.1781 10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.9602 10 ⁵	1.955 10 ⁵	-0.27
10	31		MFZ	1.99 10 ⁵	1.98 10 ⁵	-0.53
20	41		MFZ	1.998 10 ⁵	1.99 10 ⁵	-0.36
-2	71	GR1	MFZ	-1.5 10 ⁵	-1.499 10 ⁵	-0.08
-2	71	GC1	MFZ	-2. 10 ⁵	-1.994 10 ⁵	-0.32

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments `POU_D_T` par type de section. Il y a donc 2 groupes d'éléments comportant chacun 2 éléments.

Groupe GR1 : section rectangulaire
GC1 : section circulaire
Traction simple : sur GR1 (`ECRO_FLEJOU`) et GC1 (`ECRO_LINE`)
Flexion pure : sur GR1 et GC1 sans écrouissage

5.2 Caractéristiques du maillage

2 x 2 éléments `POU_D_T`

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes

<code>STAT_NON_LINE</code>	<code>COMP_INCR</code>	<code>RELATION :</code>	<code>'VMIS_POUTRE'</code>
<code>DEFI_MATERIAU</code>	<code>VMIS_POUTRE</code>		
	<code>ECRO_LINE</code>		
	<code>ECRO_FLEJOU</code>		
<code>STAT_NON_LINE</code>	<code>CONVERGENCE</code>	<code>RESO_INTE :</code>	<code>'IMPLICITE'</code>

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	GR1	N	3.123 10 ⁶	3.125 10 ⁶	0.08
3	21	GR1	N	3.1529 10 ⁶	3.15 10 ⁶	0.09
2	21	GC1	N	4.75951 10 ⁶	4.7596 10 ⁶	0.004
3	31	GC1	N	4.80664 10 ⁶	4.8068 10 ⁶	0.004

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	GR1	MFZ (Nm)	10 ⁵	10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.48 10 ⁵	1.477 10 ⁵	-0.20
10	31		MFZ	1.495 10 ⁵	1.489 10 ⁵	-0.37
20	41		MFZ	1.499 10 ⁵	1.495 10 ⁵	-0.24
-2	71	GR1	MFZ	-1.5 10 ⁵	-1.496 10 ⁵	-0.23
-2	71	GC1	MFZ	-2 10 ⁵	-1.993 10 ⁵	-0.33
1	1	GC1	MFZ	1.1781 10 ⁵	1.1781 10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.9602 10 ⁵	1.955 10 ⁵	-0.24
10	31		MFZ	1.99 10 ⁵	1.98 10 ⁵	-0.50
20	41		MFZ	1.998 10 ⁵	1.99 10 ⁵	-0.33

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments `POU_D_E` par type de section. Il y a donc 2 groupes d'éléments comportant chacun 2 éléments.

Groupe GR1 : section rectangulaire
 GC1 : section circulaire
 Traction simple : sur GR1 (`ECRO_FLEJOU`) et GC1 (`ECRO_LINE`)
 Flexion pure : sur GR1 et GC1 sans écrouissage

7.2 Caractéristiques du maillage

2 x 2 éléments `POU_D_E`

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_POUTRE'
DEFI_MATERIAU	VMIS_POUTRE		
	ECRO_LINE		
	ECRO_FLEJOU		
STAT_NON_LINE	CONVERGENCE	RESO_INTE	'IMPLICITE' 'RUNGE_KUTTA_4'

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	GR1	N	3.123 10 ⁶	3.123 10 ⁶	0
3	21	GR1	N	3.1529 10 ⁶	3.1532 10 ⁶	0.01
2	21	GC1	N	4.75951 10 ⁶	4.75951 10 ⁶	0
3	31	GC1	N	4.80664 10 ⁶	4.80664 10 ⁶	0

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	GR1	MFZ (Nm)	10 ⁵	10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.48 10 ⁵	1.477 10 ⁵	-0.23
10	31		MFZ	1.495 10 ⁵	1.489 10 ⁵	-0.39
20	41		MFZ	1.499 10 ⁵	1.495 10 ⁵	-0.26
-2	71	GR1	MFZ	-1.5 10 ⁵	-1.499 10 ⁵	-0.08
-2	71	GC1	MFZ	-2 10 ⁵	-1.994 10 ⁵	-0.32
1	1	GC1	MFZ	1.1781 10 ⁵	1.1781 10 ⁵	0
5	21		MFZ	1.9602 10 ⁵	1.955 10 ⁵	-0.27
10	31		MFZ	1.99 10 ⁵	1.98 10 ⁵	-0.53
20	41		MFZ	1.998 10 ⁵	1.99 10 ⁵	-0.36

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments TUYAU pour la section tubulaire.

Traction simple : (ECRO_LINE)
Flexion pure : sans écrouissage

De plus, on bloque les DDL qui correspondent au mode 3 d'ovalisation : U03 V03 W03

9.2 Caractéristiques du maillage

2 éléments TUYAU (METUSEG3)

9.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_ISOT_LINE'
		TUYAU_NCOU :	3
		TUYAU_NSEC :	16
AFFE_MODELE		MODELISATION :	TUYAU
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	U03 :	0.
		V03 :	0.
		W03 :	0.

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	N	9.47 10 ⁴	9.47 10 ⁴	0
3	21	N	9.565 10 ⁴	9.565	0

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	MFZ	4.642 10 ³	4.642 10 ³	0
5	21	MFZ	5.9106 10 ³	5.9365 10 ³	0.4

11 Modélisation E

11.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments TUYAU à 4 nœuds pour la section tubulaire.

Traction simple : (ECRO_LINE)
Flexion pure : sans écrouissage

De plus, on bloque les DDL qui correspondent au mode 3 d'ovalisation : U03 V03 W03

11.2 Caractéristiques du maillage

2 éléments TUYAU (mailles SEG4)

11.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_ISOT_LINE'
		TUYAU_NCOU :	3
		TUYAU_NSEC :	16
AFFE_MODELE		MODELISATION :	TUYAU
AFFE_CHAR_MECA		DDL_IMPO	U03 : 0. V03 : 0. W03 : 0.
MODI_MAILLAGE		OPTION	SEG3_4

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	N	9.47 10 ⁴	9.47 10 ⁴	0
3	21	N	9.565 10 ⁴	9.565	0

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	MFZ	4.642 10 ³	4.642 10 ³	0
5	21	MFZ	5.9106 10 ³	5.9365 10 ³	0.4

13 Modélisation F

13.1 Caractéristiques de la modélisation

112 éléments COQUE_3D pour la section tubulaire, et 2 éléments tuyau pour appliquer les conditions aux limites. La longueur du maillage coques est de 0.98m. La longueur de chaque élément tuyau est de 0.01m.

Une liaison COQUE_TUYAU est appliquée à chaque extrémité du maillage coques, avec un élément tuyau. De plus, on bloque les DDL des tuyaux qui correspondent au mode 3 d'ovalisation : U03 V03 W03

Traction simple : (ECRO_LINE)
Flexion pure : sans écrouissage

13.2 Caractéristiques du maillage

112 mailles QUAD9 et 2 mailles SEG3.

13.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_ISOT_LINE'
		COQUE_NCOU :	1
AFFE_MODELE		MODELISATION :	COQUE_3D, TUYAU_3M
AFFE_CHAR_MECA	DDL_IMPO	Ui3 :	0.
		Vi3 :	0.
		Wi3 :	0.
		Uo3 :	0.
		Vo3 :	0.
		Wo3 :	0.
AFFE_CHAR_MECA	LIAISON_ELEM	OPTION	'COQ_TUYAU'

14 Résultats de la modélisation F

14.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	N	9.47 10 ⁴	9.473 10 ⁴	0.02
3	21	N	9.565 10 ⁴	9.569 E+04	0.04

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	MFZ	4.642 10 ³	4.6415 10 ³	0.01
2.8	19	MFZ	5.7824 10 ³	5.7836 10 ³	0.02

15 Modélisation G

15.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_EM pour la section tubulaire.

La section est maillée en QUAD4 : elle est discrétisée par une maille dans l'épaisseur, et 90 mailles sur la circonférence.

Traction simple : (ECRO_LINE)
Flexion pure : sans écrouissage

15.2 Caractéristiques du maillage

2 mailles SEG2 pour la poutre. 90 mailles QUAD4 pour la section.

15.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_ISOT_LINE'
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	SECTION	GENERALE
	AFFE_SECT	MAILLAGE	
AFFE_MODELE		MODELISATION :	POU_D_EM

16 Résultats de la modélisation G

16.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	N	9.47 10 ⁴	9.471 10 ⁴	0.01
3	21	N	9.565 10 ⁴	9.5647	0.01

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	MFZ	4.642 10 ³	4.641 10 ³	0.01
5	21	MFZ	5.9106 10 ³	5.90 10 ³	0.02

17 Modélisation H

17.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments POU_D_TGM pour la section tubulaire.

La section est maillée en QUAD4 : elle est discrétisée par une maille dans l'épaisseur, et 90 mailles sur la circonférence.

Traction simple : (ECRO_LINE)
Flexion pure : sans écrouissage

17.2 Caractéristiques du maillage

2 mailles SEG2 pour la poutre. 90 mailles QUAD4 pour la section.

17.3 Fonctionnalités testées

Commandes

STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION :	'VMIS_ISOT_LINE'
AFFE_CARA_ELEM	POUTRE	SECTION	GENERALE
	AFFE_SECT	MAILLAGE	
AFFE_MODELE		MODELISATION :	POU_D_TGM

18 Résultats de la modélisation H

18.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	N	9.47 10 ⁴	9.471 10 ⁴	0.01
3	21	N	9.565 10 ⁴	9.5647	0.01

Flexion

$\frac{DRZ(B)}{DRZ^e}$	N°ordre	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
1	1	MFZ	4.642 10 ³	4.641 10 ³	0.01
5	21	MFZ	5.9106 10 ³	5.90 10 ³	0.02

19 Modélisation I

19.1 Caractéristiques de la modélisation

2 éléments `POU_D_TG` par type de section. Il y a donc 2 groupes d'éléments comportant chacun 2 éléments.

Groupe GR1 : section rectangulaire
GC1 : section circulaire
Traction simple : sur GR1 (`ECRO_FLEJOU`) et GC1 (`ECRO_LINE`)
Flexion pure : sur GR1 et GC1 sans écrouissage

19.2 Caractéristiques du maillage

2 x 2 éléments `POU_D_TG`

19.3 Fonctionnalités testées

La particularité de la modélisation I est de tester le fonctionnement de `DYNA_NON_LINE` dans le calcul de traction quasi-statique d'une poutre modélisée en `POU_D_TG`. Ce type de modélisation a pour particularité de faire apparaître des pivots nuls sur les lignes de la matrice de masse correspondant aux degrés de liberté de gauchissement. Dans ce cas, l'initialisation du schéma de `NEWMARK` ne se fait plus par inversion de la matrice de masse, qui est singulière, mais par mise à zéro de l'accélération initiale.

Commandes

<code>DYNA_NON_LINE</code>	<code>COMP_INCR</code>	<code>RELATION :</code>	<code>'VMIS_POUTRE'</code>
<code>DEFI_MATERIAU</code>	<code>VMIS_POUTRE</code> <code>ECRO_LINE</code> <code>ECRO_FLEJOU</code>		
<code>STAT_NON_LINE</code>	<code>CONVERGENCE</code>	<code>RESO_INTE :</code>	<code>'RUNGE_KUTTA_4'</code>

20 Résultats de la modélisation I

20.1 Valeurs testées

Traction

$\frac{DX(B)}{DX^e}$	N°ordre	GROUP_MA	Identification	Référence	Aster	Différence (%)
2	11	GR1	N	3.123 10 ⁶	3.123 10 ⁶	0.009
3	21	GR1	N	3.1529 10 ⁶	3.153 10 ⁶	0.012
2	21	GC1	N	4.75951 10 ⁶	4.760 10 ⁶	0.0003
3	31	GC1	N	4.80664 10 ⁶	4.807 10 ⁶	0.0003

20.2 Observations

On remarque que les résultats en traction issus de `DYNA_NON_LINE` sont identiques à ceux donnés par `STAT_NON_LINE`.

Une alarme avertit l'utilisateur que la matrice de masse est singulière, ce qui devrait attirer son attention.

En effet pour la plupart des éléments finis la matrice de masse est définie positive. Un message l'invite donc à vérifier les affectations de son modèle. Dans le cadre de cette modélisation, la présence des degrés de liberté de gauchissement entraîne naturellement la singularité de la matrice de masse.

21 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus pour une traction correspondent exactement à la solution analytique. Par contre en flexion, la différence atteint 0.5%. Ceci est dû au critère de plasticité choisi, dont la forme ne permet pas de retrouver exactement la solution analytique. Il faut ajuster au mieux les paramètres AY, BY, AZ, BZ.

En ce qui concerne les modélisations tuyau et coque, les conclusions sont les mêmes, mais cette fois la différence avec la solution analytique vient de cette solution qui est valable pour une poutre de section tubulaire très mince, sans effet d'ovalisation. Cette ovalisation est bloquée aux extrémités, ce qui permet d'obtenir une solution à moins de 0.4% de la solution analytique.

Les deux modélisations en poutres multi-fibres fournissent une solution à moins de 0.02% de la solution analytique, pour un temps calcul très faible, en comparaison des modélisation tuyau et coque, mais sans qu'il soit nécessaire d'ajuster des paramètres comme pour les modélisations de poutre à plasticité globale. La seule approximation vient du maillage de la section.

Titre : SSNL106 - Poutre élastoplastique en traction et flexion pure

Date : 25/10/04

Auteur(s) : J.M. PROIX, J.L. FLEJOU

Clé : V6.02.106-C Page : 16/16

Page laissée intentionnellement blanche.