

Manuel de Validation

Fascicule V6.04 : Statique non linéaire des structures volumiques

Document : V6.04.505

SSNV505 - Contact de 2 poutres en grands déplacements

Résumé :

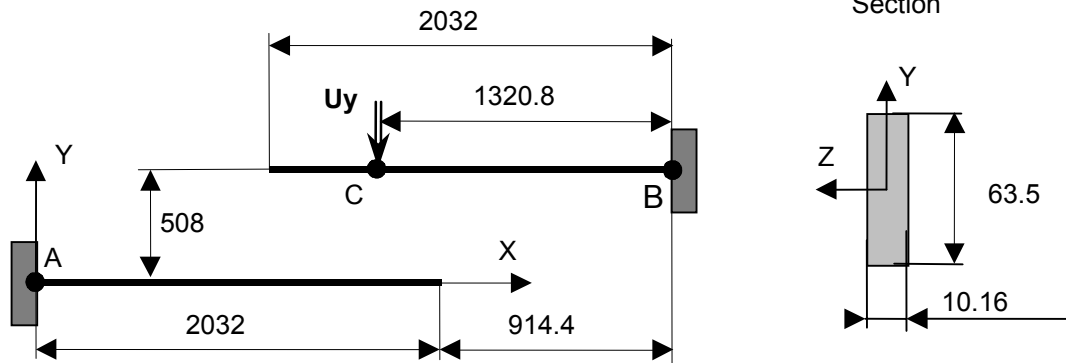
Ce test représente un calcul de contact sans frottement entre deux poutres en grands déplacements soumis à un déplacement ponctuel. Initialement les poutres ne sont pas en contact, il se produit pour un niveau de chargement donné et ensuite les deux poutres glissent l'une sur l'autre.

Le résultat analysé est la réaction normale de contact en fonction du déplacement. Les résultats obtenus avec différentes modélisations sont comparés entre eux.

- Modélisation A : la structure est modélisée avec des éléments de COQUE_3D associés à une maille QUAD9, avec la méthode CONTRAINTE.
- Modélisation B : la structure est modélisée en 3D déformations planes à l'aide d'éléments HEXA8, avec la méthode CONTRAINTE.
- Modélisation C : la structure est modélisée en 2D déformations planes à l'aide d'éléments QUAD4, avec la méthode CONTRAINTE.
- Modélisation D : la structure est modélisée en 3D déformations planes à l'aide d'éléments HEXA8, avec la méthode CONTINUE.
- Modélisation E : la structure est modélisée en 2D déformations planes à l'aide d'éléments QUAD4, avec la méthode CONTINUE.
- Modélisation F : la structure est modélisée en 3D à l'aide d'éléments de poutre POU_D_E associés à des mailles SEG2, avec les méthodes LAGRANGIENNE et CONTINUE. Cette modélisation se distingue des autres, en ce qu'elle est effectuée en petites transformations, tandis que toutes les autres sont effectuées en grandes transformations.
- Modélisation G : la structure est modélisée en 3D à l'aide d'éléments de poutre POU_D_E associés à des mailles SEG2, avec la méthode LAGRANGIENNE avec frottement. Cette modélisation valide la possibilité de prendre en compte le rayon de la section de poutre comme jeu initial.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés du matériau

$E = 6.8948 \times 10^9 \text{ Pa}$
 $\nu = 0.3333$
 $\mu = 0.$

Module d'Young
Coefficient de Poisson
Coefficient de frottement

1.3 Conditions aux limites et chargements

- C.L. : Sections aux points A et B encastrees
- Chargement : déplacement vertical du point C : $d = -790 \text{ mm}$

1.4 Conditions initiales

Sans objet.

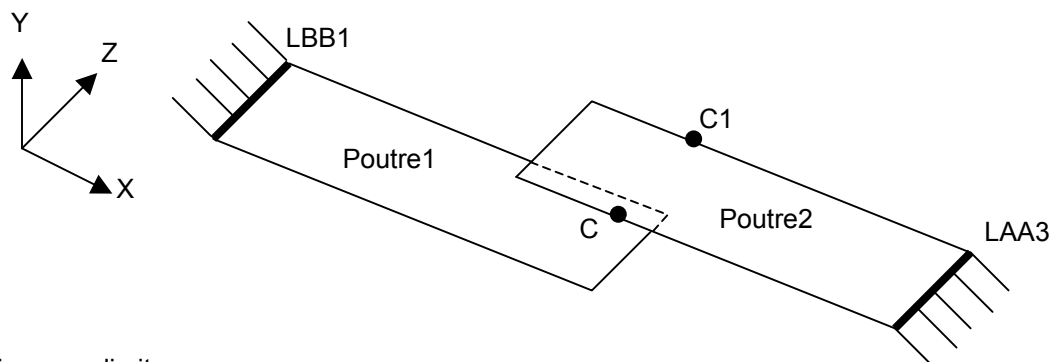
2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

On ne dispose pas de solution de référence, on ne fait que des tests de non-régression.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation



Conditions aux limites :

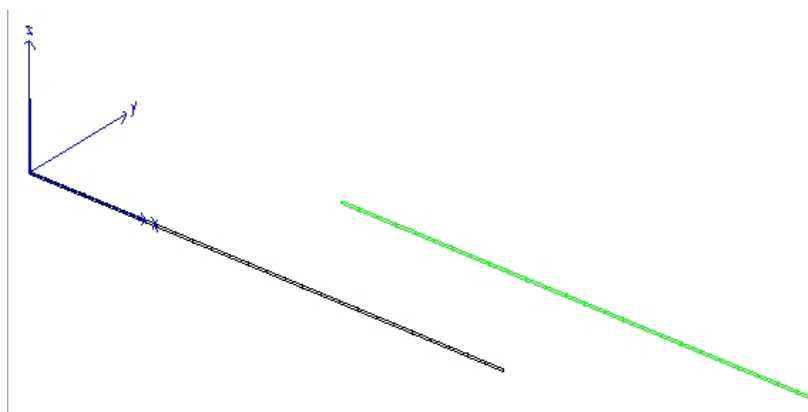
Cette modélisation est réalisée en COQUE_3D. De fait, les éléments finis utilisés sont des QUAD9. Quand on modélise du contact entre ce type d'éléments, on lie les nœuds milieux aux nœuds sommets. Si l'utilisateur n'y prend pas garde, cela peut causer aisément l'apparition de pivots nuls (à cause de conditions de Dirichlet redondantes). Aussi a-t-on essayé de bien préciser les conditions aux limites suivantes :

- côtés LAA3 et LBB1 : $DX=DY=DZ=DRX=DRY=DRZ=0$
- Nœuds sommets C et C1 : $DY=-790 \text{ mm}$
- Tous les nœuds sommets de la structure : $DZ=0, DRX=0$

Conditions de contact :

- surface maître : groupe de mailles POUTRE1 moins le groupe de mailles dont le bord est encasté suivant LBB1,
- surface esclave : groupe de mailles POUTRE2 moins le groupe de mailles dont le bord est encasté suivant LAA3.

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 261
Nombre de mailles : 158
SEG3 : 107
QUAD8 : 51

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
MODI_MALLAGE	MODI_MAILLE	QUAD8_9
	ORIE_NORM_COQUE	VECT_NORM
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION = 'COQUE_3D'
DEFI_MATERIAU	ELAS	
AFFE_CARA_ELEM	COQUE	EPAIS COEF_RIGI_DRZ=0.001
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	APPARIEMENT = 'MAIT_ESCL' NOEUD_BOUCLE METHODE = 'CONTRAINTE' FROTTEMENT = 'SANS' DIST_1 = 31.75 DIST_2 = 31.75
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN_GR'

4 Résultats de la modélisation A

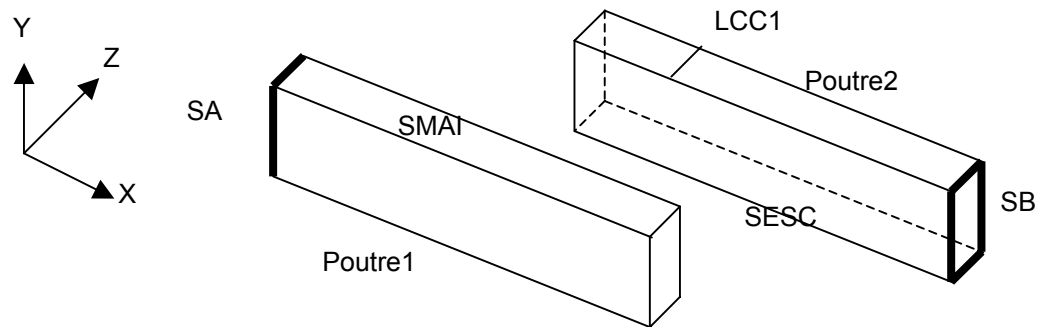
4.1 Valeurs testées

On teste la réaction au déplacement imposé sur la coque. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastremements en LBB1 et LAA3 (on ne peut pas simplement mesurer la réaction aux nœuds C et C1 car elle contient aussi les forces dues aux liaisons des nœuds milieux aux nœuds sommets).

Identification	Instants	Référence	Aster
Réaction	0.2	Non-régression	4.37897E+02
Réaction	0.4	Non-régression	1.65012E+03
Réaction	0.6	Non-régression	3.35705E+03
Réaction	0.8	Non-régression	3.01163E+03
Réaction	1.	Non-régression	3.14692E+03

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation



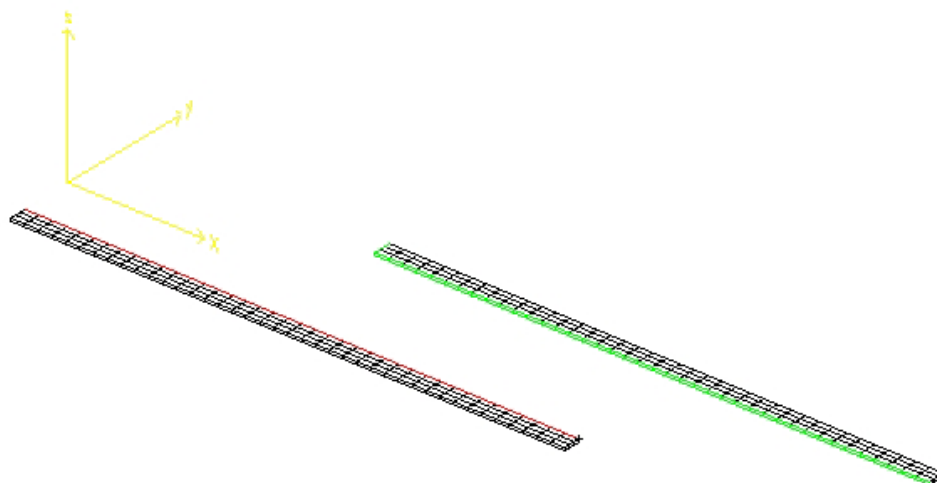
Conditions aux limites :

- Surfaces SA et SB : $DX=DY=DZ=0$
- Lignes LCC1 : $DY=-790$ mm
- Tous les nœuds sommets de la structure : $DZ=0$

Conditions de contact:

- surface maître : groupe de mailles SMAI
- surface esclave : groupe de mailles SESC

5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds :	662
Nombre de mailles :	1247
POI1	1
SEG2	351
QUAD4	655
HEXA8	240

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
MODI MAILLAGE	ORIE_PEAU_3D	
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION = '3D'
DEFI MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	APPARIEMENT = 'MAIT_ESCL' NOEUD_BOUCLE METHODE = 'CONTRAINTE' FROTTEMENT = 'SANS'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

6 Résultats de la modélisation B

6.1 Valeurs testées

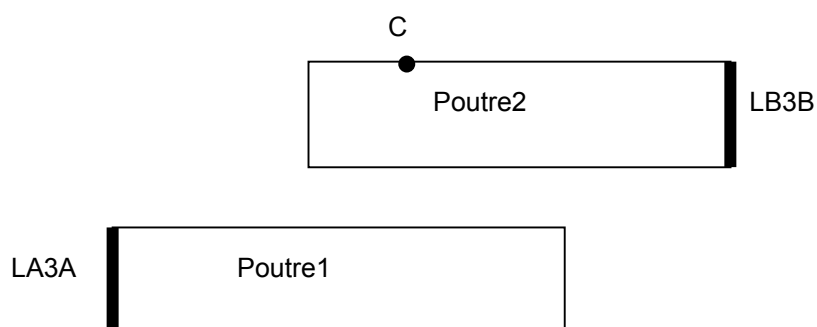
On teste la réaction au déplacement imposé sur la POUTRE2. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastremements en SA et SB.

Identification	Instants	Référence	Aster
Réaction	0.2	Non-régression	4.36995E+02
Réaction	0.4	Non-régression	1.66834E+03
Réaction	0.6	Non-régression	3.26454E+03
Réaction	0.8	Non-régression	2.73716E+03
Réaction	1.	Non-régression	3.09524E+03

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation se fait en 2D déformations planes pour retrouver le blocage en DZ imposé au modèle 3D.



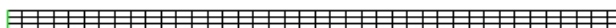
Conditions aux limites :

- côtés LA3A et LB3B : $DX=DY=0$
- Nœuds C : $DY=-790$ mm

Conditions de contact :

- surface maître : groupe de maille SMAI
- surface esclave : groupe de maille SESC

7.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de mailles : 415
SEG2 175
QUAD4 240

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
MODI MAILLAGE	ORIE	PEAU 2D
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION = '2D'
DEFI MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	APPARIEMENT = 'MAIT_ESCL' NOEUD_BOUCLE METHODE = 'CONTRAINTES' FROTTEMENT = 'SANS'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

8 Résultats de la modélisation C

8.1 Valeurs testées

On teste la réaction au déplacement imposé sur la coque. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastrements en LB3B et LA3A

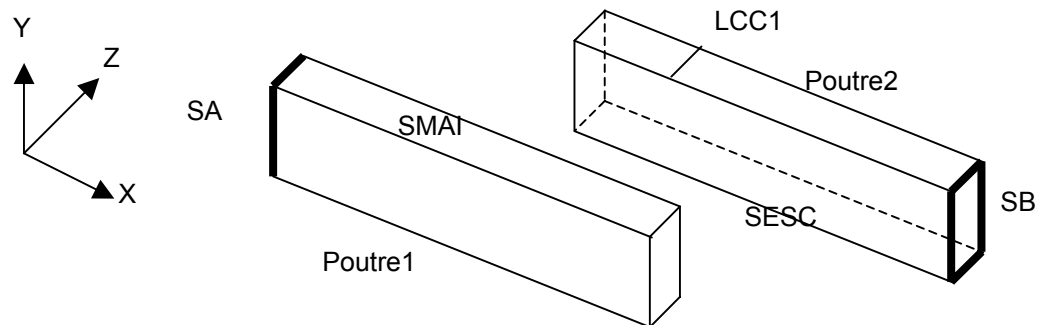
Identification	Instants	Référence	Aster
Réaction	0.2	Non-régression	4.35668E+01
Réaction	0.4	Non-régression	1.69598E+02
Réaction	0.6	Non-régression	3.23491E+02
Réaction	0.8	Non-régression	2.67162E+02
Réaction	1.	Non-régression	3.09623E+02

8.2 Remarque

Pour obtenir en 2D des résultats comparables aux résultats COQUE_3D et 3D, il faut multiplier les réactions précédentes par la largeur de la poutre, soit 10.16 mm.

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation



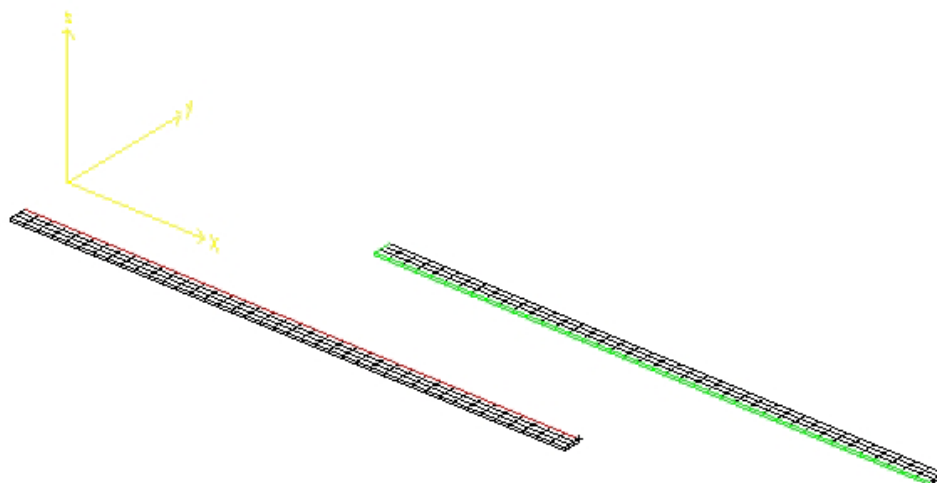
Conditions aux limites :

- Surfaces SA et SB : $DX=DY=DZ=0$
- Ligne LCC1 : $DY=-790\text{ mm}$
- Tous les nœuds sommets de la structure : $DZ=0$

Conditions de contact:

- surface maître : groupe de mailles SMAI
- surface esclave : groupe de mailles SESC

9.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds :	662
Nombre de mailles :	1247
POI1	1
SEG2	351
QUAD4	655
HEXA8	240

9.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
MODI MAILLAGE	ORIE_PEAU_3D	
AFFE MODELE	AFFE	MODELISATION = '3D'
DEFI MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	APPARIEMENT = 'MAIT_ESCL' METHODE = 'CONTINUE' FROTTEMENT = 'SANS'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

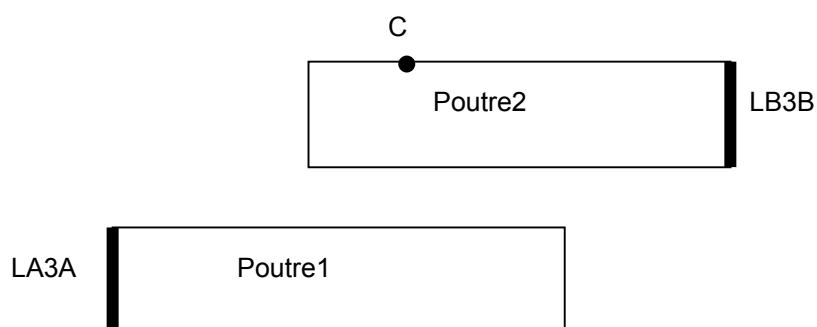
On teste la réaction au déplacement imposé sur la POUTRE2. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastremements en SA et SB. Le pourcentage de différence indique l'écart entre cette modélisation et la modélisation équivalente avec la méthode CONTRAINTE.

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Réaction	0.2	Non-régression	4.36995E+02	4.25E-05
Réaction	0.4	Non-régression	1.668034E+03	-0.018
Réaction	0.6	Non-régression	3.26453E+03	-3.13E-04
Réaction	0.8	Non-régression	2.74197E+03	0.176
Réaction	1.	Non-régression	3.09252E+03	-0.088

11 Modélisation E

11.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation se fait en 2D déformations planes pour retrouver le blocage en DZ imposé au modèle 3D.



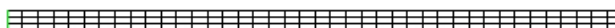
Conditions aux limites :

- côtés LA3A et LB3B : $DX=DY=0$
- Nœuds C : $DY=-790$ mm

Conditions de contact :

- surface maître : groupe de maille SMAI
- surface esclave : groupe de maille SESC

11.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de mailles : 415
 SEG2 175
 QUAD4 240

11.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
MODI_MALLAGE	ORIE_PEAU_2D	
AFFE_MODELE	AFFE	MODELISATION = '2D'
DEFI_MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	APPARIEMENT = 'MAIT_ESCL' METHODE = 'CONTINUE' FROTTEMENT = 'SANS'
STAT_NON_LINE	COMP_ELAS	RELATION = 'ELAS' DEFORMATION = 'GREEN'

12 Résultats de la modélisation E

12.1 Valeurs testées

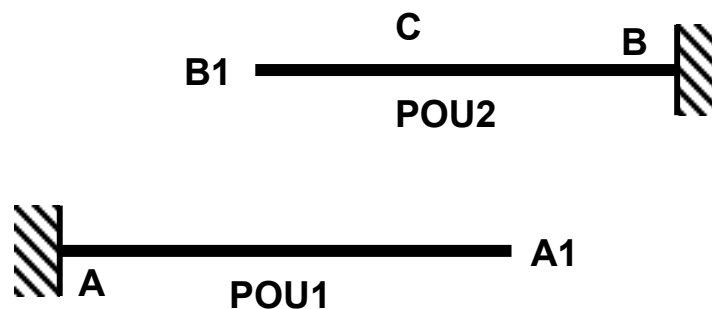
On teste la réaction au déplacement imposé sur la coque. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastrements en LB3B et LA3A. Le pourcentage de différence indique l'écart entre cette modélisation et la modélisation équivalente avec la méthode CONTRAINTE.

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Réaction	0.2	Non-régression	4.35668E+01	6.9E-07
Réaction	0.4	Non-régression	1.69562E+02	-0.021
Réaction	0.6	Non-régression	3.23491E+02	9.1E-05
Réaction	0.8	Non-régression	2.67527E+02	0.14
Réaction	1.	Non-régression	3.09623E+02	1.7E-04

13 Modélisation F

13.1 Caractéristiques de la modélisation

On réalise ici une modélisation à l'aide d'éléments poutre en 3D. Les déformations étant planes dans le plan (DX,DY), on impose $DZ = 0$ au modèle 3D. Le but de ce cas-test est de comparer la déformation des poutres avec une formulation en petites rotations à celle obtenue avec les grandes rotations. Le premier modèle est bien entendu abusif (faux) par rapport au second (vrai), mais permet d'illustrer la différence des résultats obtenus dans l'un ou l'autre cas. La véritable motivation de ce cas-test est toutefois d'exhiber un exemple de validation du contact entre poutres avec la méthode continue pour l'étape préliminaire des petites transformations. Le test sera prochainement enrichi d'une modélisation en grandes rotations, plus délicate à mettre en œuvre.



Conditions aux limites :

- Nœuds A et B : $DX=DY=0$
- Nœuds C : $DY=-790$ mm

Conditions de contact :

- surface maître : groupe de maille POU1
- surface esclave : groupe de maille POU2

13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 4
SEG2 4

13.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
DEFI_MATERIAU	ELAS	
AFFE_CHAR_MECA	CONTACT	METHODE = 'CONTINUE' VECT_Y = (0,0,-1) DIST_MAÎT=31.75 DIST_ESCL=31.75
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION = 'ELAS'

14 Résultats de la modélisation F

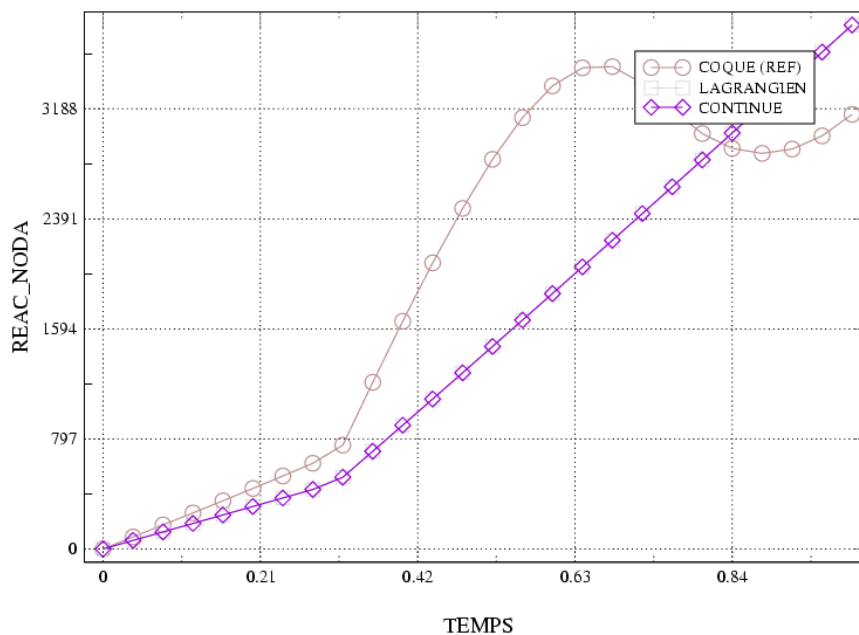
14.1 Valeurs testées

On teste la réaction au déplacement imposé sur la poutre. Pour l'obtenir, on calcule les réactions aux encastremets en A et B. Le pourcentage de différence indique l'écart entre cette modélisation et la modélisation équivalente avec la méthode LAGRANGIENNE.

Sur la courbe du bas, on a représenté la force au point B (encastrement de la poutre supérieure) en fonction de l'évolution du chargement. On compare les méthodes lagrangienne et continue à la solution obtenue en grandes rotations. Il apparaît que les deux méthodes donnent des résultats quasiment identiques, mais que ces derniers diffèrent notablement de ceux obtenus en grandes rotations. Ce point est assez logique, puisque dans le cadre des petites rotations où les calculs ont été effectués, on néglige les termes de déformation du second ordre, qui comme on le constate ne sont pas négligeables en grandes rotations.

Identification	Instants	Référence	Aster	% différence
Réaction	0.2	Non-régression	3.07483D+02	8.47E-11
Réaction	0.4	Non-régression	1.25148D+03	-5.07E-09
Réaction	0.6	Non-régression	3.02391D+03	-2.23E-07
Réaction	0.8	Non-régression	4.82957D+03	-7.10E-07
Réaction	1.	Non-régression	6.65614D+03	-1.12E-06

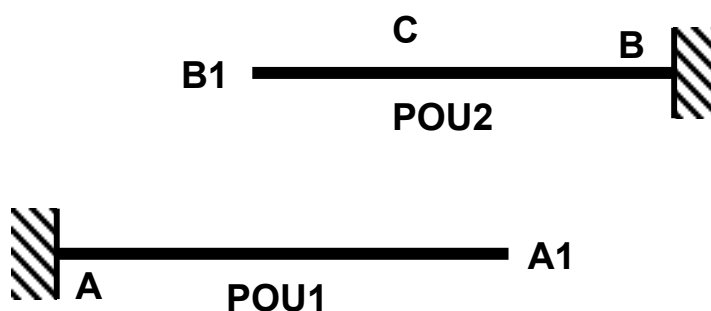
SSNV505F : REACTIONS NODALES



15 Modélisation G

15.1 Caractéristiques de la modélisation

On réalise ici une modélisation à l'aide d'éléments poutre en 3D. Les déformations étant planes dans le plan (DX,DY), on impose $DZ = 0$ au modèle 3D. Le but de ce cas-test est de valider la prise en compte de la section réelle de la poutre, que l'utilisateur a renseigné par le mot-clef 'POUTRE' dans AFPE_CARA_ELEM.



Conditions aux limites :

- Nœuds A et B : $DX=DY=0$
- Nœuds C : $DY=-790$ mm

Conditions de contact :

- surface maître : groupe de maille POU1
- surface esclave : groupe de maille POU2

Caractéristiques de la poutre :

- section tubulaire de rayon 31.75 mm et d'épaisseur 1mm

15.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de mailles : 4
SEG2 4

15.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
DEFI MATERIAU	ELAS	
AFPE_CHAR_MECA	CONTACT	METHODE = 'LAGRANGIEN' VECT_Y = (0,0,-1) DIST_MAIT=31.75 DIST_POUTRE = 'OUI'
STAT_NON_LINE	COMP_INCR	RELATION = 'ELAS'

16 Résultats de la modélisation G

16.1 Valeurs testées

On teste la réaction au déplacement imposé sur la poutre. On compare le cas où la section de la poutre est entrée via un jeu constant dans DIST_ESCL et le cas où l'on prend la section réelle via le mot-clef DIST_POUTRE.

Identification	Instants	Aster (DIST_ESCL)	Aster (DIST_POUT)	% différence
Réaction	0.16	2.45986E+02	2.45986E+02	0
Réaction	0.4	1.25149D+03	1.25149D+03	0

17 Synthèse des résultats

Le graphe ci-dessous présente l'évolution de la composante DY de la force de réaction au déplacement imposé en fonction de ce dernier.

On remarque un très bon accord entre les différentes modélisations jusqu'à 500 mm puis la courbe COQUE_3D se sépare du 2D et du 3D avant de se rejoindre à 700 mm. Cet écart est normal : il apparaît quand l'extrémité de la poutre 2 est orthogonale à la poutre 1.

