SSLS111 - Excentrement de plaque simple

Résumé :

Ce test permet de valider l'excentrement des plaques simples (c'est à dire qu'il ne s'agit ni d'un multicouche, ni d'un comportement homogénéisé).

Les modélisations utilisées sont:

modélisation A - DST, DSTQ(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation B - DKT, DKTG(TRIA3)+MECA_STATIQUE

modélisation D - Q4G , Q4G(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation E - Q4G , Q4G(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation F - DKT, DKTG(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation G - DST, DSQ(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation H - D K T G , DKTG(QUAD4)+MECA_STATIQUE
modélisation I - Q4G, Q4G (QUAD4)+MECA_STATIQUE

modélisation J - DKT , DKT(QUAD4)+STAT_NON_LINE
modélisation K - D K T G , DKTG (QUAD4)+STAT_NON_LINE
modélisation M - Q4GG , Q4GG(QUAD4)+ STAT_NON_LINE
modélisation N - D K T G , DKTG(QUAD4)+STAT_NON_LINE - GLRC_DAMAGE

modélisation O - D K T. DKT(QUAD4)+STAT_NON_LINE

Modélisations A et B : on modélise 2 plaques excentrées par rapport au plan moyen et on compare les résultats à une solution analytique.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

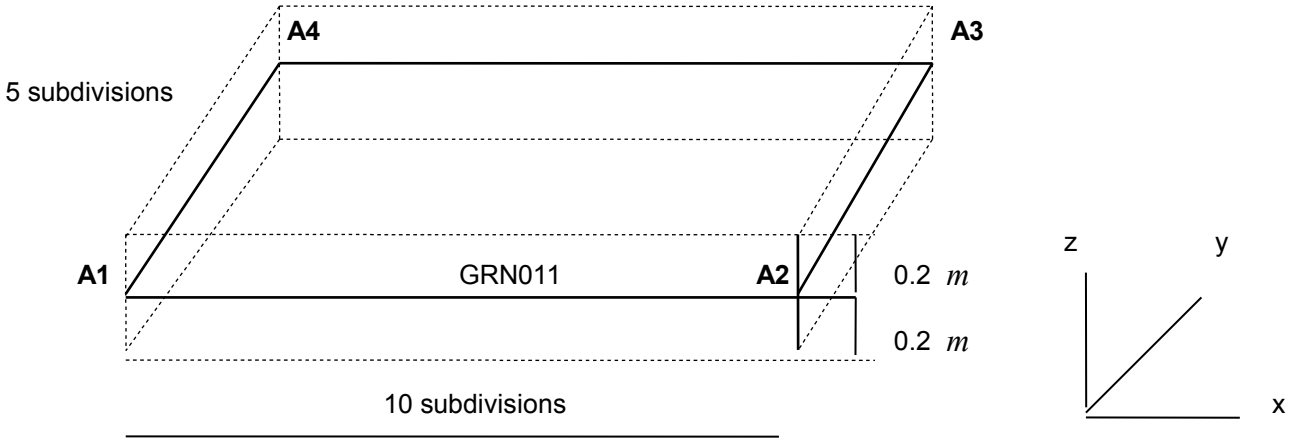
Modélisation D , E , F , G , H , I , J , K , M , N :
On modélise une seule plaque excentrée par rapport au plan moyen et on compare les résultats à une solution analytique. Entre la modélisation D et E , on change la finesse du maillage

Modélisation O :
On modélise une seule plaque excentrée par rapport au plan moyen afin de valider le calcul des composantes des contraintes SIXZ et SIYZ. Deux calculs sont effectués, le premier en mono-couche servant de référence au second en multi-couche.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Les coordonnées des points sont données en mètres (m):

$A1(0,0,0)$ $A3(10,5,0)$
$A2(10,0,0)$ $A4(0,5,0)$

1.2 Propriétés de matériaux

1.2.1 Modélisations A à O

Le matériau a un comportement élastique isotrope :

Module d'Young : $E=200000.\mathrm{MPa}$
Coefficient de Poisson: $\nu=0.$
Masse volumique : $\rho=1000.\mathrm{Kg}/m^3$

Pour la modélisation N, le matériau est GLRC_DAMAGE avec des propriétés équivalentes élastiques (module de l'acier nul).

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Conditions aux limites et chargements

1.3.1 Modélisations A et B

L'arête $A1A4$ est encastrée.La plaque a pour épaisseur $0,8\,m$. La plaque est excentrée de $e=0,4\,m$.
On applique une force nodale $Fz=-1000\,\mathrm{N}$ sur l'arête $A1A2$.

1.3.2 Modélisation D, E, F ,G , H, I, J, K, M et N

L'arête $A1A4$ est encastrée. La plaque a pour épaisseur $0,8\,m$. La plaque est excentrée de $e=0,4\,m$.
On applique une force nodale répartie transverse $F_z=-1000\,N/m$ sur l'arête $A2A3$ et une force nodale répartie de traction $F_x=4000\,N/m$ sur la même arête $A2A3$.

1.3.3 Modélisation O

L'arête $A1A4$ est encastrée. La plaque a pour épaisseur $0,8\,m$. La plaque est excentrée de $e=0,4\,m$.
On applique une force nodale $Fz=-1000\,\mathrm{N}$ sur l'arête $A1A2$.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

2.1.1 Modélisations A et B

La flèche fl est donnée par la formule : $fl = FlL^3/3\mathrm{EI}$
où l est la largeur, L la longueur de la plaque, et $I = lh^3/12$, h étant l'épaisseur.

2.2 Résultats de référence

2.2.1 Modélisations A et B

Ils sont constitués des valeurs du champ de déplacement DZ au point $A3$ et des efforts au point $A1$. D'autre part, on calcule les 4 plus petites fréquences de la structure.

2.2.2 Modélisation C à N

On ne représente dans ce cas qu'une seule plaque excentrée (excentrement $e = 0{,}4\,m$, épaisseur $h/2 = 0{,}4\,m$). La flèche w à l'extrémité libre est donnée par l'expression : $w = \left(2F_z L - 3F_x e\right)\ell L^2/6EI + F_z L/\left(6Gh5/6\right)$. Les sollicitations globales sur le bord encastré $A1A4$, de longueur $\ell = 5\,m$ sont : $N_x = F_x$ et $V_z = -F_z$.

2.3 Incertitude sur la solution

Pour les modélisations A et B , la solution de référence est analytique. Il n'y a donc pas d'incertitude.

Pour pour les autres modélisations, On utilise comme solution de référence pour la fréquence propre une autre solution venant d'un calcul non excentré.

Pour la modélisation O, deux calculs sont effectués, le premier en mono-couche servant de référence au second en multi-couche.

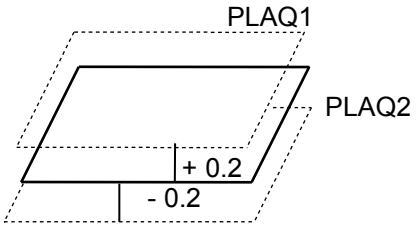
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

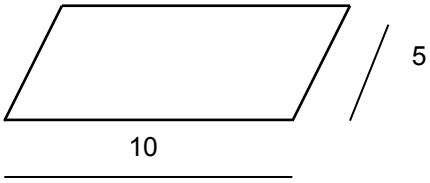
3.1 Caractéristiques de la modélisation

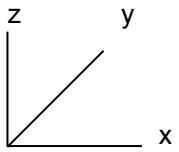
Le modèle est constitué de 2 plaques excentrées des distances $-0.2m$ et $0.2m$.

Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DSQ.



3.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 10 subdivisions selon x et 5 subdivisions selon y ; soit au total 50 mailles DSQ (QUAD4) et 66 nœuds.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DZ ($A3$)	'ANALYTIQUE'	– 3.90625 10^{-5}	0.005
MXX($A1$)	'ANALYTIQUE'	5000.	0.001
QX($A1$)	'ANALYTIQUE'	-500.	0.001
SIXX($M1, PT1, SSPT1$)	'ANALYTIQUE'	0.	1.0E-8
SIXX($M1, PT1, SSPT2$)	'ANALYTIQUE'	990.585	0.0001
Fréquence 1er mode	'NON_REGRESSION'	18.2	0.0001
Fréquence 2ème mode	'NON_REGRESSION'	84.6	0.0001
Fréquence 3ème mode	'NON_REGRESSION'	101.21	0.0001
Fréquence 4ème mode	'NON_REGRESSION'	111.28	0.0001

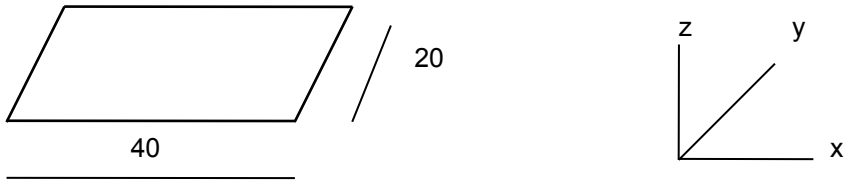
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristique de la modélisation

Le modèle est le même que celui de la modélisation A, à ceci près qu'au lieu d'avoir des éléments de plaque DSQ, on a des éléments DKT.

4.2 Caractéristique du maillage



Le maillage est régulier. On a 40 subdivisions selon x et 20 subdivisions selon y ; soit au total 1600 mailles DKT et 861 nœuds.

4.3 Grandeurs testées et résultats

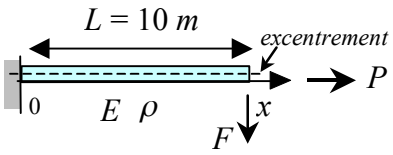
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DZ ($A3$)	'ANALYTIQUE'	– 3.90625 10^{-5}	0.005
MXX($A1$)	'ANALYTIQUE'	5000.	0.3
QX($A1$)	'ANALYTIQUE'	-500.	0.15
Fréquence 1er mode	'NON_REGRESSION'	18.25	0.0001
Fréquence 2ème mode	'NON_REGRESSION'	88.35	0.0001
Fréquence 3ème mode	'NON_REGRESSION'	100.1	0.0001
Fréquence 4ème mode	'NON_REGRESSION'	113.5	0.0001

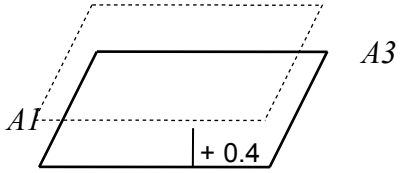
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation D

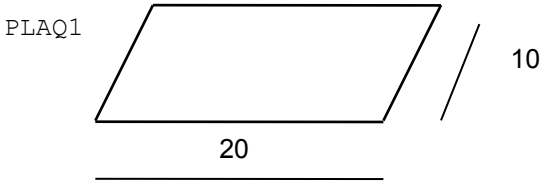
5.1 Caractéristiques de la modélisation

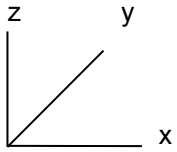
Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4G.





5.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 20 subdivisions selon x et 10 subdivisions selon y ; soit au total 200 mailles QUAD4 et 231 nœuds.

5.3 Grandeurs testées et résultats

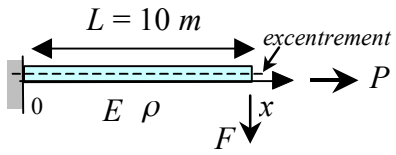
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ $A3$	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX $A1$	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX $A1$	'ANALYTIQUE'	10000	0.03
EFGE_NOEU QX $A1$	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD $N1$ MAILLE $M1$	'ANALYTIQUE'	8400.0	0,03
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	1,e-9
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	0.04

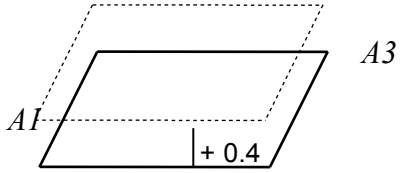
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation E

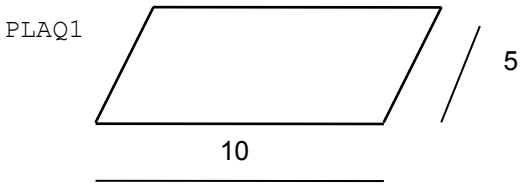
6.1 Caractéristiques de la modélisation

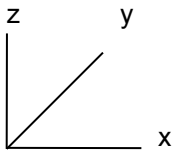
Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4G.





6.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 5300 mailles et 5151 nœuds. Cette modélisation montre l'influence du maillage sur la modélisation Q4G.

6.3 Grandeurs testées et résultats

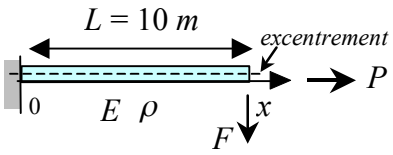
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ *A3*	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	0.05
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	0,01
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	1.e-9
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	0.01

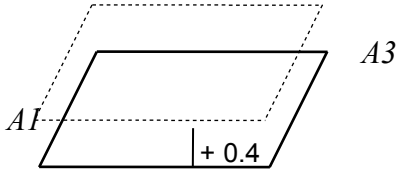
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation F

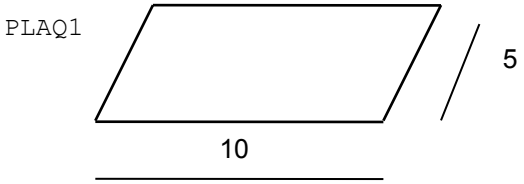
7.1 Caractéristiques de la modélisation

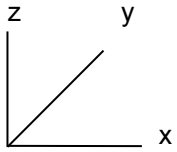
Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4G.





7.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 20 subdivisions selon x et 10 subdivisions selon y ; soit au total 200 mailles QUAD4 et 231 nœuds. Cette modélisation montre l'influence du maillage sur la modélisation DKT.

7.3 Grandeurs testées et résultats

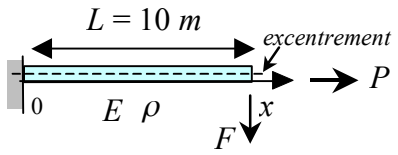
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DX $A3$	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX $A1$	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX $A1$	'ANALYTIQUE'	10000	1.e-9
EFGE_NOEU QX $A1$	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD $N1$ MAILLE $M1$	'ANALYTIQUE'	8400.0	1.e-9
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	1.e-9
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	0.005

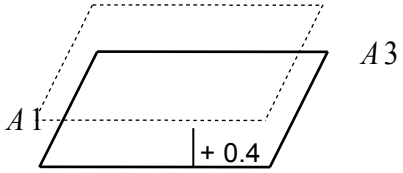
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Modélisation G

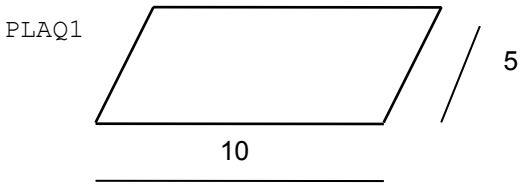
8.1 Caractéristiques de la modélisation

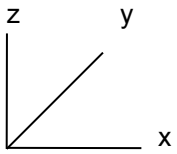
Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4\,m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4G.





8.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 20 subdivisions selon x et 10 subdivisions selon y ; soit au total 200 mailles QUAD4 et 231 nœuds. Cette modélisation montre l'influence du maillage sur la modélisation DST.

8.3 Grandeurs testées et résultats

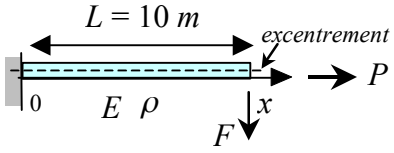
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DX $A3$	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX $A1$	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX $A1$	'ANALYTIQUE'	10000	1.e-9
EFGE_NOEU QX $A1$	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD $N1$ MAILLE $M1$	'ANALYTIQUE'	8400.0	1.e-9
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	1.e-9
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	1.e-9

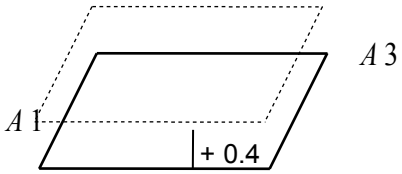
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

9 Modélisation H

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DKTG avec MECA_STATIQUE.





9.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de triangles TRIA3.

9.3 Grandeurs testées et résultats

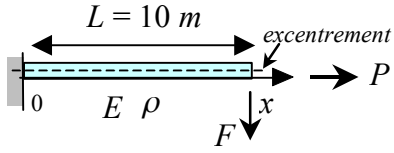
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ *A3*	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	0,1%
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	0;1%
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	0;1%
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	0;1%
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	0;1%
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	5%

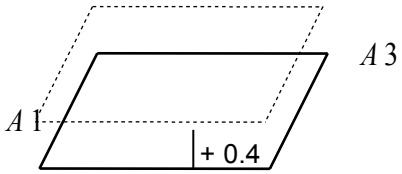
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

10 Modélisation I

10.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DKTG avec MECA_STATIQUE.





10.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de quadrangles QUAD4.

10.3 Grandeurs testées et résultats

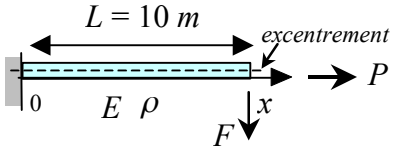
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ $A3$	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.5%
EFGE_NOEU NXX $A1$	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX $A1$	'ANALYTIQUE'	10000	3%
EFGE_NOEU QX $A1$	'ANALYTIQUE'	-1000	0,1%
EFGE_ELNO MXX NOEUD $N1$ MAILLE $M1$	'ANALYTIQUE'	8400.0	3%
Calcul modal MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	0,0001%
Calcul modal MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	4%

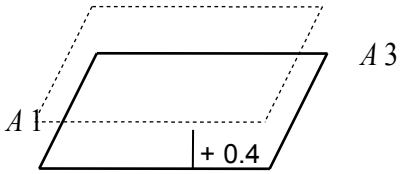
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

11 Modélisation J

11.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4GG avec MECA_STATIQUE.





11.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de triangles TRIA3.

11.3 Grandeurs testées et résultats

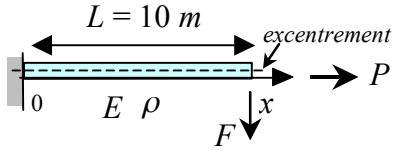
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ *A3*	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	1.e-9
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	1.e-9
MODE 0	'NON_REGRESSION'	18.2307742712	1.e-9
MODE 1	'AUTRE_ASTER'	18.2307742712	1.e-9

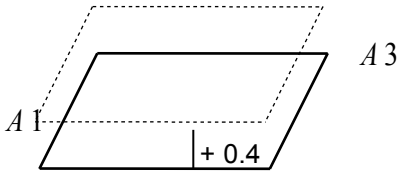
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

12 Modélisation K

12.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4GG avec MECA_STATIQUE.





12.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de quadrangles QUAD4.

12.3 Grandeurs testées et résultats

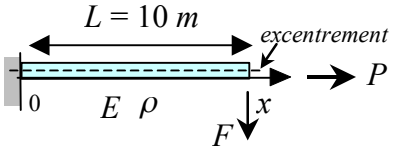
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DZ *A3*	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	15%
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	0,1%
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	5%

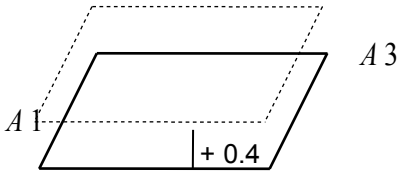
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

13 Modélisation M

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4GG avec STAT_NON_LINE.





13.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de triangles TRIA3.

13.3 Grandeurs testées et résultats

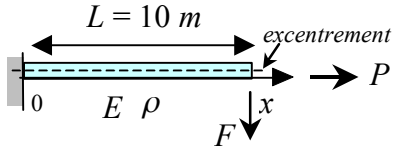
Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DX *A3*	'ANALYTIQUE'	–2.97625E-05	0.005
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	1.e-9
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	10%
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	1.e-9
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	5%

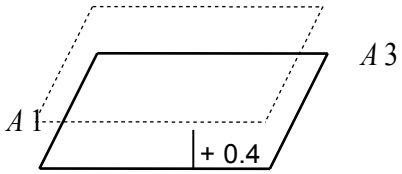
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

14 Modélisation N

14.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué d'une plaque excentrée de $0.4m$ (PLAQ1) (par rapport au maillage initial). L'épaisseur totale est de $0,8\,m$. Les éléments utilisés sont des éléments de plaque Q4GG avec STAT_NON_LINE.





14.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est composé de quadrangles QUAD4.

14.3 Grandeurs testées et résultats

Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
DEPL DX *A3*	'ANALYTIQUE'	-2.96875E-05	7%
EFGE_NOEU NXX *A1*	'ANALYTIQUE'	4000	0,1%
EFGE_NOEU MXX *A1*	'ANALYTIQUE'	10000	0,1%
EFGE_NOEU QX *A1*	'ANALYTIQUE'	-1000	0,1%
EFGE_ELNO MXX NOEUD *N1* MAILLE *M1*	'ANALYTIQUE'	8400.0	0,1%

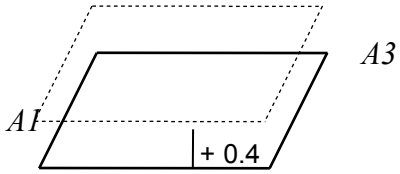
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

15 Modélisation O

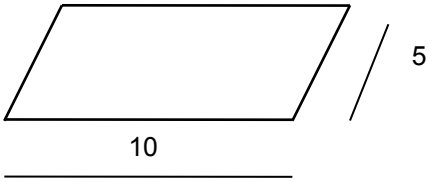
15.1 Caractéristiques de la modélisation

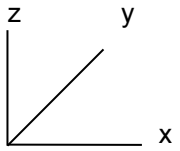
Le modèle est constitué d'une plaque d'une épaisseur de $0.8m$ excentrée de $0.4m$.

Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DKQ.



15.2 Caractéristiques du maillage





Le maillage est régulier. On a 10 subdivisions selon x et 5 subdivisions selon y ; soit au total 50 mailles DKQ (QUAD4) et 66 nœuds.

15.3 Grandeurs testées et résultats

Calcul mono-couche :

Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
SIXZ($M11, PT1, SSPT1$)	'ANALYTIQUE'	0.	0.001
SIXZ($M11, PT1, SSPT2$)	'NON_REGRESSION'	-1.875000000E+03	-
SIXZ($M11, PT1, SSPT3$)	'ANALYTIQUE'	0.	0.001

Calcul bi-couche :

Identification	Type de référence	Valeurs de référence	Tolérance
SIXZ($M11, PT1, SSPT1$)	'ANALYTIQUE'	0.	0.001
SIXZ($M11, PT1, SSPT3$)	'AUTRE_ASTER'	-1.875000000E+03	0.001
SIXZ($M11, PT1, SSPT6$)	'ANALYTIQUE'	0.	0.001

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

16 Synthèse des résultats

Les résultats des 3 modélisations sont très bons, sauf pour les efforts tranchants des modélisations B (15% d'erreur). Les modélisations D, E, F, G donnent aussi de bons résultats. Toutefois, il faut noter que la modélisation Q4G dépend du maillage (à cause de l'interpolation isoparamétrique des rotations-translations). En d'autres termes, avec un raffinement de maillage on réduit les erreurs commises avec la modélisation D.

Pour la modélisation O , les résultats sont conformes à ce qui est attendu pour une plaque excentrée.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)