

Manuel de Validation**Fascicule V3.03 : Statique linéaire des plaques et coques****Document : V3.03.117**

SSLS117 - Excentrement de plaques non symétriques

Résumé :

Ce test valide l'excentrement de plaques simples non symétriques par rapport au plan du maillage ou plan d'épure (mot clé EXCENTREMENT de la commande AFFE_CARA_ELEM).

La référence est donnée par une première résolution où l'on modélise un bicouche constitué de deux couches de différentes épaisseurs et de deux matériaux.

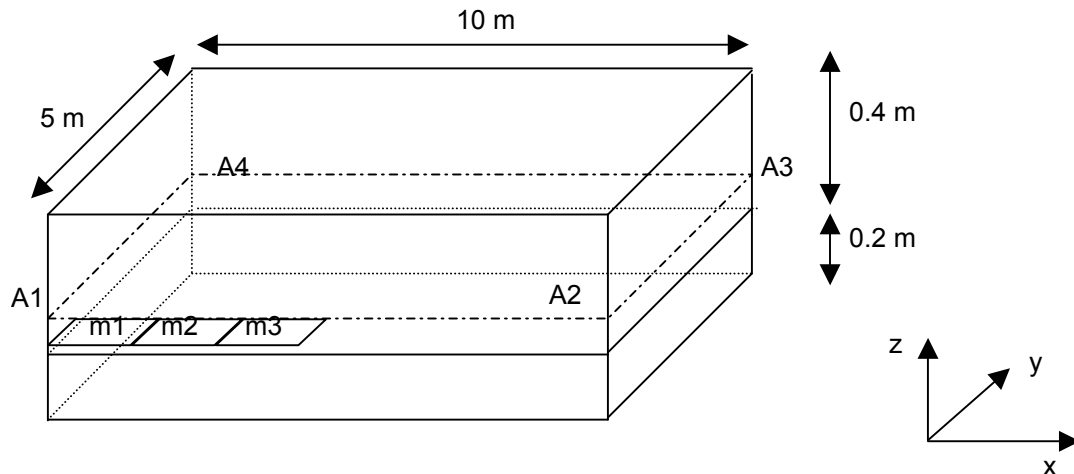
Elle sert à valider un second calcul où l'on modélise deux couches excentrées par rapport au plan du maillage.

Il diffère du test SSLS111 uniquement par le fait que les 2 couches sont d'épaisseurs différentes.

Quatre modélisations mettent en œuvre les éléments DKT, DKQ, DST, DSQ.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés des matériaux

Le matériau constituant la première couche est orthotrope et est caractérisé par les données suivantes :

$$EL=20000. 10^6 \text{ Pa} \quad ET=20000. 10^6 \text{ Pa} \quad \nu_{LT} = 0.3 \quad GLT=2000. 10^6 \text{ Pa}$$

Le matériau constituant la seconde couche est aussi orthotrope et a les caractéristiques suivantes :

$$EL=15000. 10^6 \text{ Pa} \quad ET=15000. 10^6 \text{ Pa} \quad \nu_{LT} = 0.3 \quad GLT=1500. 10^6 \text{ Pa}$$

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le nœud A1 est encastré $DX=DY=DZ=0.$
 $DRX=DRY=DRZ=0.$

Le nœud A2 est bloqué selon les ddls suivants : $DX=DY=0.$

On applique les forces nodales $FZ=-1000 \text{ N}$ sur le nœud A3, et on applique le chargement réparti (mot-clé `FORCE_COQUE`) sur les mailles m1, m2 et m3 :

$$FX=200 \text{ N} \quad FX=-500. \text{ N/m}^2 \quad FZ=-500. \text{ N/m}^2 \quad MX=100. \text{ N/m} \quad MY=40. \text{ N/m}$$

Le chargement choisi fait intervenir des sollicitations en membrane et en flexion.

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Le calcul avec le matériau bicouche (commande `DEFI_COQU_MULT`) sert de référence. La non régression par rapport aux résultats obtenus par ce premier calcul est vérifiée. Les deux plaques de la seconde modélisation sont excentrées par rapport au plan moyen du bicouche.

2.2 Résultats de référence

Ils sont constitués des valeurs du champ de déplacement DX, DY, DZ, DRX, DRY au point A3 et A4, des efforts au point A1 et des 4 premières fréquences propres.

2.3 Incertitude sur la solution

L'incertitude est nulle puisqu'il s'agit du même calcul réalisé par deux voies différentes.

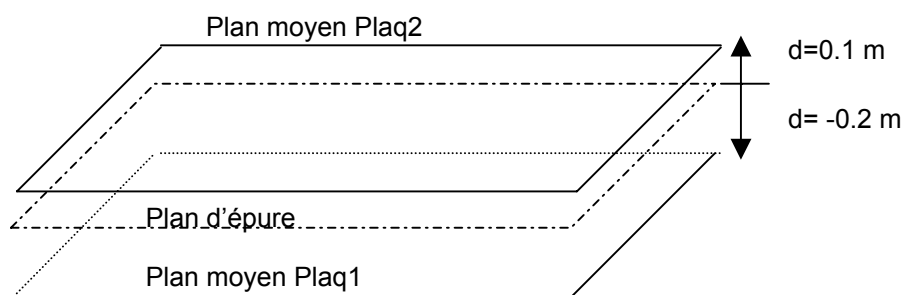
2.4 Bibliographie

- [1] [R3.07.03] : Eléments de plaque DKT,DST,DKQ,DSQ et Q4 γ .
- [2] [R3.07.06] : Traitement de l'excentrement pour les éléments de plaque DKT,DST,DKQ,DSQ et Q4G.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué de deux plaques correspondant au plan moyen de chacune des deux couches du modèle de référence. Pour représenter ces deux plaques, on part du maillage du plan d'épure que l'on excentre des distances 0.1 et -0.2.



Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DKT.

3.2 Caractéristiques du maillage

Coordonnées des nœuds :

Nœud	Coor_X	Coor_Y	Coor_Z
A1	0.	0.	0.
A2	10.	0.	0.
A3	10.	5.	0.
A4	0.	5.	0.

94 Nœuds

100 mailles DKT (TRIA3)

3.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_CARA_ELEM	EXCENTREMENT	
AFFE_CHAR_MECA	FORCE_COQUE	PLAN
DEFI_COQU_MULT		

4 Résultats de la modélisation A

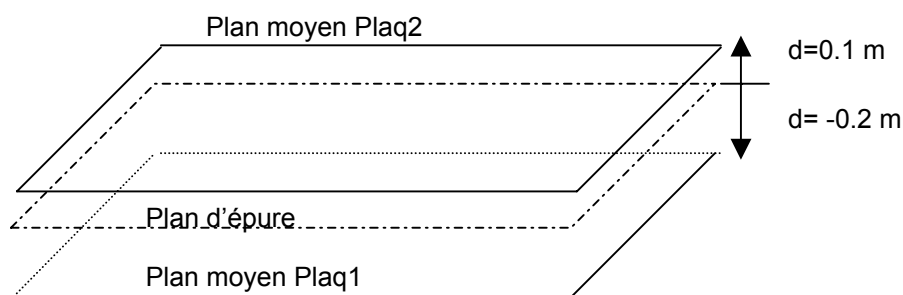
4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacement			
DX (A4)	$-1.9426 \cdot 10^{-6}$	$-1.93937 \cdot 10^{-6}$	-0.166
DY (A4)	$-1.1438 \cdot 10^{-6}$	$-1.138746 \cdot 10^{-6}$	-0.442
DZ (A4)	$-2.1832 \cdot 10^{-4}$	$-2.169149 \cdot 10^{-4}$	-0.644
DRX (A4)	$-6.0633 \cdot 10^{-5}$	$-6.03126 \cdot 10^{-5}$	-0.528
DRY(A4)	$-1.2815 \cdot 10^{-4}$	$1.28078 \cdot 10^{-4}$	-0.056
DX (A3)	$-2.4225 \cdot 10^{-6}$	$-2.419616 \cdot 10^{-6}$	-0.119
DY (A3)	$-2.3106 \cdot 10^{-7}$	$-2.3104 \cdot 10^{-7}$	-0.04
DZ (A3)	$-1.5584 \cdot 10^{-3}$	$-1.5563 \cdot 10^{-3}$	-0.133
DRX (A3)	$-1.2578 \cdot 10^{-4}$	$-1.2543 \cdot 10^{-4}$	-0.276
DRY(A3)	$1.3909 \cdot 10^{-4}$	$1.3903 \cdot 10^{-4}$	-0.038
Fréquences propres			
Fréquence 1 ^{er} mode	1.5303	1.53038	0.006
Fréquence 2 ^{ème} mode	6.41979	6.41979	1.07 E-04
Fréquence 3 ^{ème} mode	$1.269898 \cdot 10^1$	$1.269898 \cdot 10^1$	2.81 E-05
Fréquence 4 ^{ème} mode	$2.61597 \cdot 10^1$	$2.61597 \cdot 10^1$	1.23 E-04
Efforts			
NXX N6	1.12134 E+04	1.11996 E+04	-0.124
NYN N6	7.52699 E+03	7.48953 E+03	-0.498
NXY N6	1.89850 E+03	1.89286 E+03	-0.297
MXX N6	2.33596 E+04	2.33480 E+04	-0.050
MYN N6	1.67905 E+04	1.66988 E+04	-0.546
MXN N6	5.43976 E+03	5.42402 E+03	-0.289
QX N6	-4.60472 E+03	-4.63427 E+03	0.642
QY N6	1.58798 E+03	1.61207 E+03	1.517

5 Modélisation B

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué de deux plaques correspondant au plan moyen de chacune des deux couches du modèle de référence. Pour représenter ces deux plaques, on part du maillage du plan d'épure que l'on excentre des distances 0.1 et -0.2



Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DKQ.

5.2 Caractéristiques du maillage

Coordonnées des nœuds :

Nœud	Coor_X	Coor_Y	Coor_Z
A1	0.	0.	0.
A2	10.	0.	0.
A3	10.	5.	0.
A4	0.	5.	0.

67 Nœuds

50 mailles DKQ(QUAD4)

5.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_CARA_ELEM	EXCENTREMENT	
AFFE_CHAR_MECA	FORCE_COQUE	PLAN

6 Résultats de la modélisation B

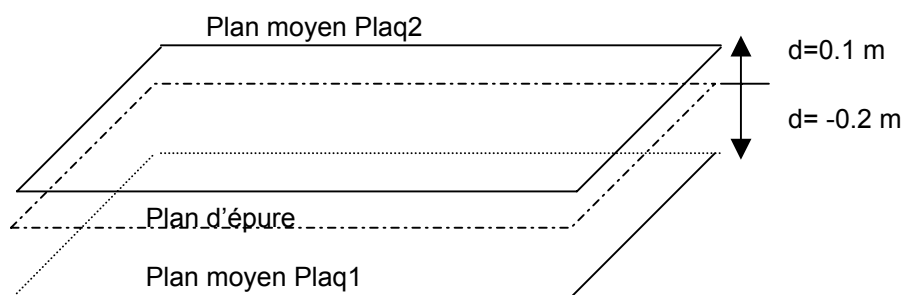
6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacement			
DX (A4)	$-2.354 \cdot 10^{-6}$	$-2.341 \cdot 10^{-6}$	-0.520
DY (A4)	$-2.059 \cdot 10^{-6}$	$-2.039 \cdot 10^{-6}$	-0.940
DZ (A4)	$-2.50 \cdot 10^{-4}$	$-2.45 \cdot 10^{-4}$	-1.924
DRX (A4)	$-6.93 \cdot 10^{-5}$	$-6.823 \cdot 10^{-5}$	-1.538
DRY(A4)	$1.541 \cdot 10^{-4}$	$1.541 \cdot 10^{-4}$	-0.005
DX (A3)	$-2.9951 \cdot 10^{-6}$	$-2.9835 \cdot 10^{-6}$	-0.384
DY (A3)	$-4.4646 \cdot 10^{-7}$	$-4.4648 \cdot 10^{-7}$	0.006
DZ (A3)	$-1.8604 \cdot 10^{-3}$	$-1.8550 \cdot 10^{-3}$	-0.287
DRX (A3)	$-1.3346 \cdot 10^{-4}$	$-1.3217 \cdot 10^{-4}$	-0.963
DRY(A3)	$1.6649 \cdot 10^{-4}$	$1.6649 \cdot 10^{-4}$	0.002
Fréquences propres			
Fréquence 1 ^{er} mode	1.4362	1.4362	0.
Fréquence 2 ^{ème} mode	5.57419	5.57419	0.
Fréquence 3 ^{ème} mode	$1.23524 \cdot 10^1$	$1.23524 \cdot 10^1$	0.
Fréquence 4 ^{ème} mode	$2.52573 \cdot 10^1$	$2.52573 \cdot 10^1$	0.
Efforts			
NXX N60	1.30762 E+04	1.31749 E+04	0.755
NY Y N60	-2.68634 E+03	-2.82116 E+03	5.019
NXY N60	4.33581 E+02	4.32313 E+02	-0.292
MXX N60	4.17329 E+04	4.19250 E+04	0.460
MY Y N60	1.84443 E+04	1.79620 E+04	-2.615
MX Y N60	6.33337 E+03	6.29774 E+03	-0.563
QX N60	-3.19128 E+04	-3.20627 E+04	0.470
QY N60	-1.43089 E+04	-1.39373 E+04	-2.597

7 Modélisation C

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué de deux plaques correspondant au plan moyen de chacune des deux couches du modèle de référence. Pour représenter ces deux plaques, on part du maillage du plan d'épure que l'on excentre des distances 0.1 et -0.2



Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DST.

7.2 Caractéristiques du maillage

Coordonnées des nœuds :

Nœud	Coor_X	Coor_Y	Coor_Z
A1	0.	0.	0.
A2	10.	0.	0.
A3	10.	5.	0.
A4	0.	5.	0.

66 Nœuds

100 mailles DST (TRIA3)

7.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_CARA_ELEM	EXCENTREMENT	
AFFE_CHAR_MECA	FORCE_COQUE	PLAN

8 Résultats de la modélisation C

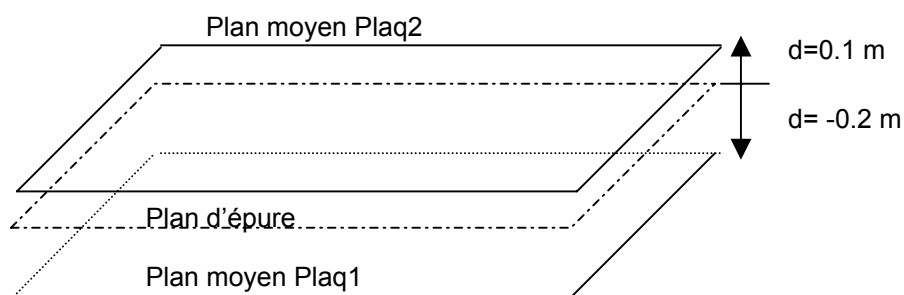
8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacement			
DX (A4)	$-1.939 \cdot 10^{-6}$	$-1.93217 \cdot 10^{-6}$	-0.352
DY (A4)	$-1.149 \cdot 10^{-6}$	$-1.1358 \cdot 10^{-6}$	-1.145
DZ (A4)	$-2.2091 \cdot 10^{-4}$	$-2.199799 \cdot 10^{-4}$	-0.421
DRX (A4)	$-6.09302 \cdot 10^{-5}$	$-6.06238 \cdot 10^{-5}$	-0.503
DRY(A4)	$1.297279 \cdot 10^{-4}$	$1.30383 \cdot 10^{-4}$	0.505
DX (A3)	$-2.4385 \cdot 10^{-6}$	$-2.4305 \cdot 10^{-6}$	-0.328
DY (A3)	$-2.3382 \cdot 10^{-7}$	$-2.4272 \cdot 10^{-7}$	-3.806
DZ (A3)	$-1.5864 \cdot 10^{-3}$	$-1.5952 \cdot 10^{-3}$	0.558
DRX (A3)	$-1.2639 \cdot 10^{-4}$	$-1.2621 \cdot 10^{-4}$	-0.138
DRY(A3)	$1.4127 \cdot 10^{-4}$	$1.4215 \cdot 10^{-4}$	0.627
Fréquences propres			
Fréquence 1 ^{er} mode	1.512356	1.50555	-0.450
Fréquence 2 ^{ème} mode	6.373398	6.343485	-0.469
Fréquence 3 ^{ème} mode	$1.25011 \cdot 10^1$	$1.24249 \cdot 10^1$	-0.610
Fréquence 4 ^{ème} mode	$2.546726 \cdot 10^1$	$2.518863 \cdot 10^1$	-1.094
Efforts			
NXX N1	9.85902 E+03	1.09606 E+04	11.173
NY Y N1	6.36055 E+03	7.04694 E+03	10.791
NXY N1	2.07601 E+03	2.07850 E+03	0.120
MXX N1	2.11639 E+04	2.10507 E+04	-0.535
MY Y N1	1.49410 E+04	1.46867 E+04	-1.701
MX Y N1	5.82623 E+03	5.86877 E+03	0.730
QX N1	-2.56538 E+03	-2.35368 E+03	-8.252
QY N1	1.79286 E+03	1.81901 E+03	1.458

9 Modélisation D

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Le modèle est constitué de deux plaques correspondant au plan moyen de chacune des deux couches du modèle de référence. Pour représenter ces deux plaques, on part du maillage du plan d'épure que l'on excentre des distances 0.1 et -0.2



Les éléments utilisés sont des éléments de plaque DSQ.

9.2 Caractéristiques du maillage

Coordonnées des nœuds :

Nœud	Coor_X	Coor_Y	Coor_Z
A1	0.	0.	0.
A2	10.	0.	0.
A3	10.	5.	0.
A4	0.	5.	0.

67 Nœuds

50 mailles DSQ(QUAD4)

9.3 Fonctionnalités testées

Commandes	Mot-clé facteur	Mot-clé
AFFE_CARA_ELEM	EXCENTREMENT	
AFFE_CHAR_MECA	FORCE_COQUE	PLAN

10 Résultats de la modélisation D

10.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Aster	% différence
Déplacement			
DX (A4)	$-2.34539 \cdot 10^{-6}$	$-2.3241 \cdot 10^{-6}$	-0.904
DY (A4)	$-1.9694 \cdot 10^{-6}$	$-1.9363 \cdot 10^{-6}$	-1.680
DZ (A4)	$-2.2428 \cdot 10^{-4}$	$-2.1154 \cdot 10^{-4}$	-5.680
DRX (A4)	$-6.2983 \cdot 10^{-5}$	$-5.9831 \cdot 10^{-5}$	-5.003
DRY(A4)	$1.5823 \cdot 10^{-4}$	$1.5991 \cdot 10^{-4}$	-1.062
DX (A3)	$-3.0023 \cdot 10^{-6}$	$-2.9771 \cdot 10^{-6}$	-0.839
DY (A3)	$-4.6612 \cdot 10^{-7}$	$-4.6487 \cdot 10^{-7}$	-0.267
DZ (A3)	$-1.8842 \cdot 10^{-3}$	$-1.8923 \cdot 10^{-3}$	0.430
DRX (A3)	$-1.2768 \cdot 10^{-4}$	$-1.2478 \cdot 10^{-4}$	-2.264
DRY(A3)	$1.7064 \cdot 10^{-4}$	$1.724 \cdot 10^{-4}$	1.054
Fréquences propres			
Fréquence 1 ^{er} mode	1.4219	1.4155	-0.445
Fréquence 2 ^{ème} mode	5.2995	5.21015	-1.686
Fréquence 3 ^{ème} mode	$1.215 \cdot 10^1$	$1.206 \cdot 10^1$	-0.723
Fréquence 4 ^{ème} mode	$2.4385 \cdot 10^1$	$2.407 \cdot 10^1$	-1.252
Efforts			
NXX N1	8.68372 E+03	1.64692 E+04	89.657
NYN N1	-4.10693 E+03	-2.34359 E+03	-42.936
NXY N1	3.90190 E+02	4.54002 E+02	16.354
MXX N1	3.47663 E+04	3.43655 E+04	-1.153
MYN N1	1.52451 E+04	1.45102 E+04	-4.821
MXN N1	6.34489 E+03	6.33555 E+03	-0.147
QX N1	-1.70439 E+04	-1.56565 E+04	-8.140
QY N1	-9.82819 E+03	-9.49952 E+03	-3.344

11 Synthèse des résultats

En ce qui concerne les déplacements pour les modélisations DKT et DKQ, les résultats obtenus avec 2 coques excentrées diffèrent d'au plus 2% par rapport à la solution de référence. Pour les autres modélisations, on obtient au maximum des erreurs de 4% pour le DST et 6% pour le DSQ. Pour ces deux dernières modélisations, l'erreur est plus importante car le calcul du cisaillement transverse n'est pas équivalent entre le bicouche et les deux plaques excentrées.

En effet, le cisaillement transverse est supposé constant dans l'épaisseur de chaque élément DST ou DSQ ; ce cisaillement transverse est un cisaillement moyen. On obtient donc une valeur moyenne pour chacune des plaques excentrées, globalement différentes du cisaillement transverse moyen sur la plaque bicouche.

Ceci est encore plus marqué pour les efforts, où les différences restent inférieures à 5% pour les modélisations DKT (A et B) mais atteignent 11% pour la modélisation C et 89% pour la modélisation D. Etant donné la nature du test, on ne peut savoir à priori si le problème vient des coques et plaques multicouches ou bien de l'excentrement. Une anomalie est en cours de traitement sur ce problème.