

PLEXU03 – Validation des câbles de précontrainte dans CALC_EUROPLEXUS

Résumé :

Ce test a pour but de valider le chaînage d'un calcul de mise en tension de câbles de précontraintes dans Code_Aster avec un calcul de dynamique rapide dans Europlexus via la macro-commande de Code_Aster `CALC_EUROPLEXUS`.

Plus précisément, il valide les points suivants dans `CALC_EUROPLEXUS` :

- l'utilisation des éléments `BARRE`
- la prise en compte des relations cinématiques issues de `DEFI_CABLE_BP`
- la modélisation `Q4GG` avec un groupe de mailles contenant des triangles et des quadrangles
- la prise en compte d'un état initial (déplacements et contraintes)
- le calcul des contraintes à partir du déplacement initial fait par Europlexus
- l'utilisation du mot-clé `EQUILIBRE` de `ETAT_INIT`

La modélisation `B` est également utilisée pour valider le calcul de l'option `FORC_NODA` en `DEFORMATION = 'PETIT_REAC'` pour les éléments `BARRE` et en `DEFORMATION = 'GROT_GDEP'` pour les éléments `Q4GG` à partir d'Europlexus.

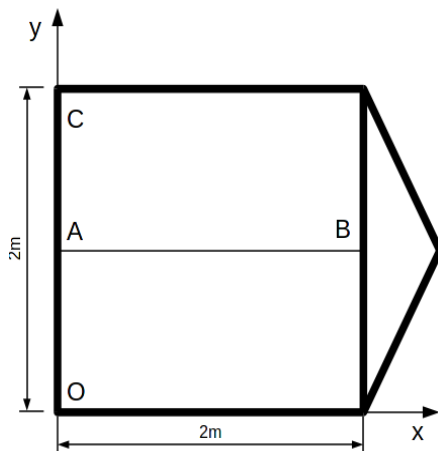
1 Description

1.1 Géométrie

La plaque de béton est formée d'un carré de 2 m de côté et d'un triangle isocèle d'une base de 2 m et d'une hauteur de $0,5\text{ m}$.

L'épaisseur de la plaque vaut $e = 0,6\text{ m}$.

Un câble, situé sur le segment $[AB]$, traverse la partie carrée de la plaque horizontalement, à mi-hauteur, sans excentricité dans l'épaisseur. L'aire de la section droite du câble vaut $S_a = 1,5 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2$.



1.2 Propriétés des matériaux

La plaque est en béton et le câble en acier.

Matériau	Béton	Acier
Module d'Young	$E_b = 3 \cdot 10^{10}\text{ Pa}$	$E_a = 2.1 \cdot 10^{11}\text{ Pa}$
Coefficient de Poisson	$\nu_b = 0.3$	$\nu_a = 0.3$
Masse volumique	$m_b = 2500\text{ Kg/m}^3$	$m_a = 7500\text{ Kg/m}^3$

1.3 Conditions aux limites

Les nœuds O et C sont encastrés : tous les degrés de liberté de translation et de rotation sont bloqués.

2 Modélisation A

2.1 Caractéristiques de la modélisation

La plaque de béton est modélisée par deux éléments Q4GG, le premier est supporté par une maille quadrangulaire et le second par une maille triangulaire.

Le câble est représenté par 4 éléments BARRE, supportés par 4 mailles segments à 2 nœuds.

2.2 Chargements

La plaque est soumise à une pression qui varie en fonction du temps :

Instant	0,0	1.00E-005	2.00E-004	5.00E-004	1.00E-003	2.00E-003	3.00E-003
Pression en Pa	0,0	2.00E+003	1.00E+005	1.00E+006	2.50E+006	7.00E+006	0,0

On impose initialement aucune tension dans le câble.

2.3 Étapes du test

Après la définition du modèle, des matériaux et des chargements, on utilise la macro-commande `DEFI_CABLE_BP` pour obtenir les relations cinématiques entre la plaque et le câble.

On lance ensuite les commandes `CALC_EUROPLEXUS` et `DYNA_NON_LINE` avec les mêmes modèles, matériaux, chargements, ... etc. Les déplacements issus des résultats de ces deux commandes sont comparés pour valider la bonne prise en compte des relations cinématiques entre plaque et câble dans Europlexus.

La commande `IMPR_RESU` est appelée pour s'assurer que la récupération des résultats issus d'Europlexus est bien effectuée.

2.4 Valeurs testées

On compare les déplacements obtenus avec `CALC_EUROPLEXUS` avec ceux obtenus avec `DYNA_NON_LINE` sur le nœud au milieu du câble, ces derniers servant de référence.

Nœud	Instant	Composante	Valeur de référence
NB001003	4.00E-004	DZ	2.810884. 10 ⁻⁵

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Identique à la modélisation A

3.2 Chargements

On impose une tension initiale dans le câble d'une valeur de $2,0E5\text{ N}$.

3.3 Étapes du test

Après la définition du modèle, des matériaux et des chargements, on utilise la macro-commande `DEFI_CABLE_BP` pour obtenir les relations cinématiques entre la plaque et le câble et pour déterminer la tension initiale dans chaque élément de câble. Le mot-clé `RELAXATION` n'est pas renseigné, tous les éléments de câbles ont donc une tension de $2,0E5\text{ N}$.

On utilise la macro-commande `CALC_PRECONT` pour effectuer la mise en tension du béton à partir du concept `cable_precont` issu de `DEFI_CABLE_BP`.

Le résultat issu de macro-commande `CALC_PRECONT` est alors donné comme état initial à `CALC_EUROPLEXUS`. Les déplacements et les contraintes (`CONTRAINTE = 'OUI'`) sont transmis à Europlexus. Aucune charge supplémentaire n'est donnée, le but étant de vérifier l'équilibre du système. C'est pourquoi on ne force pas l'équilibre dans Europlexus (`EQUILIBRE = 'NON'`).

Après plusieurs pas de temps, on vérifie que les déplacements et les contraintes n'ont pas évolués.

3.4 Valeurs testées

Résultats issu de `CALC_PRECONT` :

Nœud	Champ	Inst.	Comp.	Valeur de réf.	Référence	Tolérance
NB002002	FORC_NODA	1,0	DY	$-1.81986E+00$	SOURCE_EXTERNE	1,0E-5
NC001004	FORC_NODA	1,0	DY	$2.60310+00$	SOURCE_EXTERNE	1,0E-5

Nœud	Instant	Composante	Valeur de référence	Tolérance
NB001002	1,0	DX	$-1.06118202625E-04$	1,0E-6
NC001004	1,0	DY	$-6.50655304367E-06$	1,0E-6

Maille	Point	Instant	Composante	Valeur de référence	Tolérance
SG001001	1	1,0	N	$2.0E+05$	1,0E-6
TR001001	1	1,0	NYY	30079.629671	1,0E-6
QD001001	4	1,0	NYY	-24502.131453	1,0E-6

Résultats issu de CALC_EUROPLEXUS :

Nœud	Instant	Composante	Valeur de référence	Tolérance
NB001002	0,1	<i>DX</i>	$-1.06118202625E-04$	1,0E-6
NC001004	0,1	<i>DY</i>	$-6.50655304367E-06$	1,0E-4

Maille	Point	Instant	Composante	Valeur de référence	Tolérance
SG001001	1	0,1	<i>N</i>	2.0E+05	1,0E-6
TR001001	1	0,1	<i>NYY</i>	30079.629671	1,0E-6
QD001001	4	0,1	<i>NYY</i>	-24502.131453	3,0E-5

4 Modélisation C

4.1 Caractéristiques de la modélisation

Identique à la modélisation A

4.2 Chargements

La plaque est soumise à un chargement statique de pression qui varie linéairement en fonction du temps.

Instant	0.0	1.0
Pression en Pa	0.0	10.0

On impose initialement aucune tension dans le câble.

4.3 Étapes du test

Après la définition du modèle, des matériaux et des chargements, on utilise la macro-commande `DEFI_CABLE_BP` pour obtenir les relations cinématiques entre la plaque et le câble.

On fait un calcul statique avec le chargement de pression à l'aide de l'opérateur `STAT_NON_LINE` afin de construire un état initial.

Le résultat issu de l'opérateur `STAT_NON_LINE` est alors donné comme état initial à `CALC_EUROPLEXUS`. Seuls les déplacements sont transmis à Europlexus (`CONTRAINTES = 'NON'`). Aucune charge supplémentaire n'est donnée, le but étant de vérifier que les contraintes calculées par Europlexus sont les mêmes que celles calculées par Code_Aster.

Remarque : Pour retrouver les mêmes contraintes le calcul statique dans Code_Aster doit impérativement être fait en grands déplacements car c'est la cinématique utilisée par Europlexus. De plus il faut donner à l'opérateur `NITER` le nombre de pas de temps qu'a effectué à Code_Aster pour arriver à son état final lors du calcul statique.

`CALC_EUROPLEXUS` est appelé 3 fois :

- `CONTRAINTES = 'NON'` et `EQUILIBRE = 'OUI'` :

On vérifie à l'instant initial et à l'instant final que les contraintes trouvées sont égales à celles calculées par Code_Aster. Comme l'équilibre a été forcé il ne doit pas y avoir de différences entre l'état initial et l'état final.

- `CONTRAINTES = 'NON'` et `EQUILIBRE = 'OUI'` :

Cette fois on ne donne pas la charge du calcul statique à `CALC_EUROPLEXUS`. Cela ne doit pas modifier les résultats par rapport au cas précédent. La seule différence est que les forces externes fictives ajoutées par Europlexus pour être à l'équilibre seront plus importantes. On vérifie à l'instant initial et à l'instant final que les contraintes trouvées sont égales à celles calculées par Code_Aster.

- `CONTRAINTES = 'NON'` et `EQUILIBRE = 'NON'` :

On vérifie à l'instant initial que les contraintes trouvées sont égales à celles calculées par Code_Aster. L'équilibre n'étant pas forcé, on peut constater de légères évolutions du déplacement et des contraintes entre l'état initial et l'état final.

4.4 Valeurs testées

Résultats issu de STAT_NON_LINE :

Maille	Point	Instant	Composante	Valeur de référence	Tolérance
QD001001	4	1.00E+000	<i>QX</i>	1.24999999663E+ 01	1E-6
TR001001	1	1.00E+000	<i>MXX</i>	−0.416666620634	1E-6
SG001001	1	1.00E+000	<i>N</i>	6.67652805347E− 05	1E-6

Résultats issu du calcul CALC_EUROPLEXUS n°1 et n°2 :

Instant initial et instant final:

Maille	Point	Composante	Valeur de référence	Tolérance
QD001001	4	<i>QX</i>	1.24999999663E+ 01	1E-6
TR001001	1	<i>MXX</i>	−0.416666620634	2E-6
SG001001	1	<i>N</i>	6.67652805347E− 05	1E-6

Résultats issu du calcul CALC_EUROPLEXUS n°3 :

Instant initial :

Maille	Point	Composante	Valeur de référence	Tolérance
QD001001	4	<i>QX</i>	1.24999999663E+ 01	1E-6
TR001001	1	<i>MXX</i>	−0.416666620634	2E-6
SG001001	1	<i>N</i>	6.67652805347E− 05	1E-6

Instant final :

Maille	Point	Composante	Valeur de référence	Tolérance	CRITERE
QD001001	4	<i>QX</i>	1.24999999663E+ 01	5E-6	'RELATIF'
TR001001	1	<i>MXX</i>	−0.416666620633	5E-5	'RELATIF'
SG001001	1	<i>N</i>	6.67652805347E− 05	1E-5	'ABSOLU'

5 Synthèse

Le calcul fait avec Europlexus via `CALC_EUROPLEXUS` a bien pris en compte les éléments `BARRE`.

Le test sur le déplacement montre que les relations cinématiques ont été correctement prises en compte. Le traitement des éléments quadrangles et triangles dans le même groupe de mailles a été bien fait.

On a également pu constater que la prise en compte d'un état initial est faite correctement, ainsi que le calcul des contraintes à partir des déplacements par Europlexus.