

## PLEXU08 - Validation des nouvelles fonctionnalités de CALC\_EUROPLEXUS

---

### Résumé :

Lors du chantier de refonte de CALC\_EUROPLEXUS de nouvelles fonctionnalités ont été ajoutées à la macro-commande. La liste de ces ajouts est la suivante :

- nouvelle loi de comportement : VMIS\_ISOT\_TRAC (modélisation A),
- nouveau chargement : déplacements imposés (DDL\_IMPO) autres que des blocages (modélisation B),
- nouvelle modélisation : 3D sur mailles support HEXA8 et TETRA4. (modélisations C et D)

D'autres fonctionnalités ont également été ajoutées depuis :

- chargement de pression sur les faces d'éléments 3D (PRES\_REP/PRES) (modélisation E)
- chargement FORCE\_NODALE (modélisation F)
- nouvelle modélisation : 3D\_SI sur maille support HEXA8 (modélisation G)
- chargement LIAISON\_MAIL (modélisation H)

Ce test a pour but de valider le bon fonctionnement de ces fonctionnalités supplémentaires.

## 1 Modélisation A

### 1.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation du comportement VMIS\_ISOT\_TRAC dans CALC\_EUROPLEXUS.

### 1.2 Description

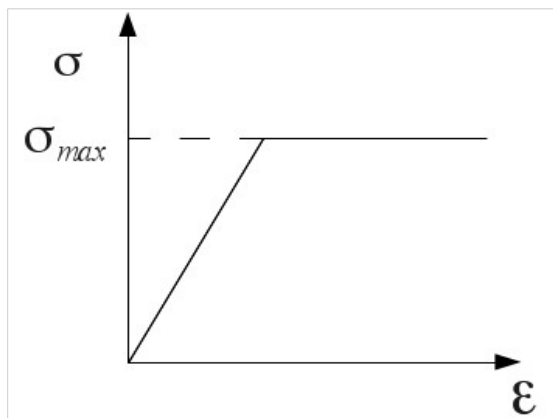
On reprend le maillage, le modèle, les caractéristiques élémentaires et les chargements du test plexu03a. Seul le matériau affecté aux éléments de BARRE est modifié pour activer la loi VMIS\_ISOT\_TRAC. On garde un comportement élastique pour les coques.

On rappelle les propriétés élastiques des matériaux :

| Matériau               | Béton               | Acier                  |
|------------------------|---------------------|------------------------|
| Module d'Young         | $E_b = 3.0^{10} Pa$ | $E_a = 2.1.10^{11} Pa$ |
| Coefficient de Poisson | $\nu_b = 0.3$       | $\nu_a = 0.3$          |
| Masse volumique        | $m_b = 2500 Kg/m^3$ | $m_a = 7500 Kg/m^3$    |

et l'aire de la section droite du câble :  $S_a = 1,5.10^{-4} m^2$ .

La courbe contrainte/déformation induite par le matériau Acier et le comportement VMIS\_ISOT\_TRAC est de la forme suivante :



Avec  $\sigma_{max} = 1E6$ .

### 1.3 Principe de validation

Avec le comportement ELAS sur tout le modèle, la contrainte dépasse la contrainte limite  $\sigma_{max}$  lors de l'application du chargement. Pour s'assurer de la bonne prise en compte de la loi VMIS\_ISOT\_TRAC lors de l'exécution de CALC\_EUROPLEXUS, on vérifie que la contrainte dans les éléments de BARRE ne dépasse pas cette contrainte limite.

Pour cela on imprime dans une table à l'aide du mot-clé COURBE de CALC\_EUROPLEXUS la valeur de la contrainte sur le 3ème élément de BARRE. On procède ensuite à un TEST\_TABLE/TYPE\_TEST='MAX', pour vérifier que la valeur maximale est bien la contrainte limite.

On souhaite également valider la bonne récupération des variables internes. Sur les 5 variables internes de la loi EPX, seule la 3ème composante à une correspondance directe dans celles d'Aster. Il faut donc vérifier que cette 3ème variable soit bien placée dans la composante V1 de VARI\_ELGA (EPSPEQ). Pour cela on imprime, à l'aide du mot-clé COURBE, la composante V3 des variables internes du 3ème élément de BARRE dans la même table que précédemment. On vérifie alors par un TEST\_RESU que cette valeur est bien celle trouvée dans le champ VARI\_ELGA du résultat de sortie.

**Remarque :** la composante V2 (INDIPLAS) est laissée à zéro car il est trop compliqué de la reconstruire (elle dépend aussi de l'instant t-1).

## 1.4 Valeurs testées

Le premier test est effectué sur les valeurs issues de la table, c'est-à-dire les valeurs données par EPX sans transformation Contrainte/effort.

| Maille   | NUME_ORDRE | Composant<br>e | Type de<br>référence | Valeur de<br>référence | Tolérance |
|----------|------------|----------------|----------------------|------------------------|-----------|
| SG001003 | MAX        | N              | 'ANALYTIQUE'         | 1. 10 <sup>6</sup>     | 0,1 %     |
| SG001003 | 100        | VI             | 'AUTRE_ASTER'        | 1.6214E-05             | 0,1 %     |

## 2 Modélisation B

---

### 2.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation des déplacements imposés (autres que les blocages) dans CALC\_EUROPLEXUS.

### 2.2 Description

On reprend le test plexu03a en ne conservant que le câble dans le modèle.

Les degrés de libertés *DY* et *DZ* des 5 nœuds présents sont bloqués. Les déplacements sont imposés en *DX* sur les 5 nœuds également de façon à ce qu'il n'y a aucun effet dynamique (ce qui permet d'avoir une solution de référence avec *STAT\_NON\_LINE*).

| Noeud    | DX    |
|----------|-------|
| NC001001 | 0     |
| NC001002 | 0,025 |
| NC001003 | 0,05  |
| NC001004 | 0,075 |
| NC001005 | 0,1   |

### 2.3 Principe de validation

On teste les déplacements en *DX* sur plusieurs nœuds en fin de chargement.

### 2.4 Valeurs testées

| Noeud    | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|----------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| NC001005 | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 0,1                 | 0,1 %     |
| NC001003 | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 0,05                | 0,1 %     |

| Maille   | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|----------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| SG001003 | <i>N</i>   | 'AUTRE_ASTER'     | 1428571.42857       | 2,5 %     |

On obtient bien les déplacements attendus ce qui signifie que le chargement a été correctement pris en compte. La différence au niveau des contraintes est due à la différence de cinématique entre Code\_Aster et EPX. En effet Code\_Aster ne dispose pas de la cinématique *GROT\_GDEP* pour la modélisation *BARRE*, on utilise donc *PETIT\_REAC*.

## 3 Modélisation C

### 3.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation de la modélisation 3D sur maille support HEXA8 dans CALC\_EUROPLEXUS. Il est déjà possible dans EPX de lire un état de contrainte initiale sur les éléments correspondant. On utilisera et validera donc également cette fonctionnalité qui a été tout de suite activée dans CALC\_EUROPLEXUS.

### 3.2 Description

Ce test est l'équivalent du cas-test EPX `bm_cub8_ini_med_cont`.

Il s'agit d'un cube formé par un seul élément. La face inférieure est encadrée et on applique un chargement (déplacement imposé) sur la face supérieure. Ce calcul est fait avec l'opérateur `STAT_NON_LINE` afin de produire un état initial pour le calcul EPX.

On lance ensuite `CALC_EUROPLEXUS` avec cet état initial (déplacements + contraintes) et sans chargement supplémentaire que ceux ayant permis d'obtenir l'état initial. On s'attend alors à ce qu'EPX obtienne un état initial équilibré. On effectue une centaine de pas de temps. On récupère le résultat et on vérifie que rien n'a bougé par rapport à l'état initial.

### 3.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial.

### 3.4 Valeurs testées

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence   | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|-----------------------|-----------|
| N8    | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 2.15537139042198E-03  | 1E-6      |
| N7    | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -2.15537139042198E-03 | 1E-6      |
| N6    | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 1.E-02                | 1E-6      |

| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence   | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|-----------------------|-----------|
| M1     | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 1.20270859098697E+08  | 1E-6      |
| M1     | <i>SIYY</i> | 2     | 'AUTRE_ASTER'     | -2.15863269903220E+07 | 1E-6      |
| M1     | <i>SIZZ</i> | 3     | 'AUTRE_ASTER'     | 3.78842807394021E+08  | 1E-6      |
| M1     | <i>SIXY</i> | 4     | 'AUTRE_ASTER'     | -3.58270324318444E+04 | 1E-6      |
| M1     | <i>SIXZ</i> | 5     | 'AUTRE_ASTER'     | -1.48252765464761E+07 | 1E-6      |
| M1     | <i>SIYZ</i> | 6     | 'AUTRE_ASTER'     | 1.47199039729651E+07  | 1E-6      |

## 4 Modélisation D

---

### 4.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation de la modélisation 3D sur maille support TETRA4 dans CALC\_EUROPLEXUS. Il est déjà possible dans EPX de lire un état de contrainte initiale sur les éléments correspondant. On utilisera et validera donc également cette fonctionnalité qui a été tout de suite activée dans CALC\_EUROPLEXUS.

### 4.2 Description

Ce test est l'équivalent du cas-test EPX `bm_tetr_ini_med_cont`.

Mêmes étapes que la modélisation C.

### 4.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial.

### 4.4 Valeurs testées

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence   | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|-----------------------|-----------|
| N2    | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 2.19188002660453E-033 | 1E-6      |
| N5    | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 5.81721432580442E-04  | 1E-6      |
| N5    | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -2.43970568218930E-03 | 1E-6      |

| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence   | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|-----------------------|-----------|
| M1     | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 1.33476658397901E+07  | 1E-6      |
| M1     | <i>SIYY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 1.32759870309648E+07  | 1E-6      |
| M1     | <i>SIZZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 3.09327863977736E+07  | 1E-6      |
| M2     | <i>SIXY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 1.20735966805089E+07  | 1E-6      |
| M2     | <i>SIXZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | 2.29556551673508E+07  | 1E-6      |
| M2     | <i>SIYZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -7.54657118237435E+06 | 1E-6      |

## 5 Modélisation E

---

### 5.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation du chargement de pression surfacique sur des faces d'éléments 3D (PRES\_REP/PRES).

### 5.2 Description

Un cube de coté 1 m composé de 27 mailles HEXA8 est encastré sur sa face inférieure et on applique une pression sur la face supérieure ainsi que sur une face latérale.

Excepté ce qui vient d'être précisé on suit les mêmes étapes que la modélisation C.

### 5.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial.

### 5.4 Valeurs testées

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| GRN1  | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -9.07102694457E-06  | 5E-5      |
| GRN1  | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.54472368612E-07  | 5E-5      |
| GRN1  | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.2234063541E-06   | 5E-5      |

| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|---------------------|-----------|
| M93    | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -90491.3795116      | 5E-5      |
| M93    | <i>SIYY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -4495.07212071      | 1E-4      |
| M93    | <i>SIZZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -92662.5352308      | 5E-5      |

## 6 Modélisation F

---

### 6.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation du chargement de forces nodales (`FORCE_NODALE`).

### 6.2 Description

Un cube de côté  $1\text{ m}$  composé de 27 mailles `HEXA8` est encastré sur sa face inférieure et on applique des forces aux nœuds de la face supérieure (selon Z) ainsi qu'aux nœuds d'une face latérale (selon X).

Excepté ce qui vient d'être précisé on suit les mêmes étapes que la modélisation C.

### 6.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial.

### 6.4 Valeurs testées

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| GRN1  | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -8.6090494774E-05   | 1E-6      |
| GRN1  | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -1.86758056933E-05  | 1E-6      |
| GRN1  | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -0.000110181067659  | 1E-6      |

| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|---------------------|-----------|
| M93    | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -1220186.68329      | 1E-6      |
| M93    | <i>SIYY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -71707.7384702      | 1E-6      |
| M93    | <i>SIZZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -2036191.89547      | 1E-6      |



## 7 Modélisation G

### 7.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation des éléments 3D\_SI sur maille support HEXA8 avec un état initial de déplacement et de contrainte et avec un chargement de pression appliquée (PRES\_REP/PRES).

### 7.2 Description

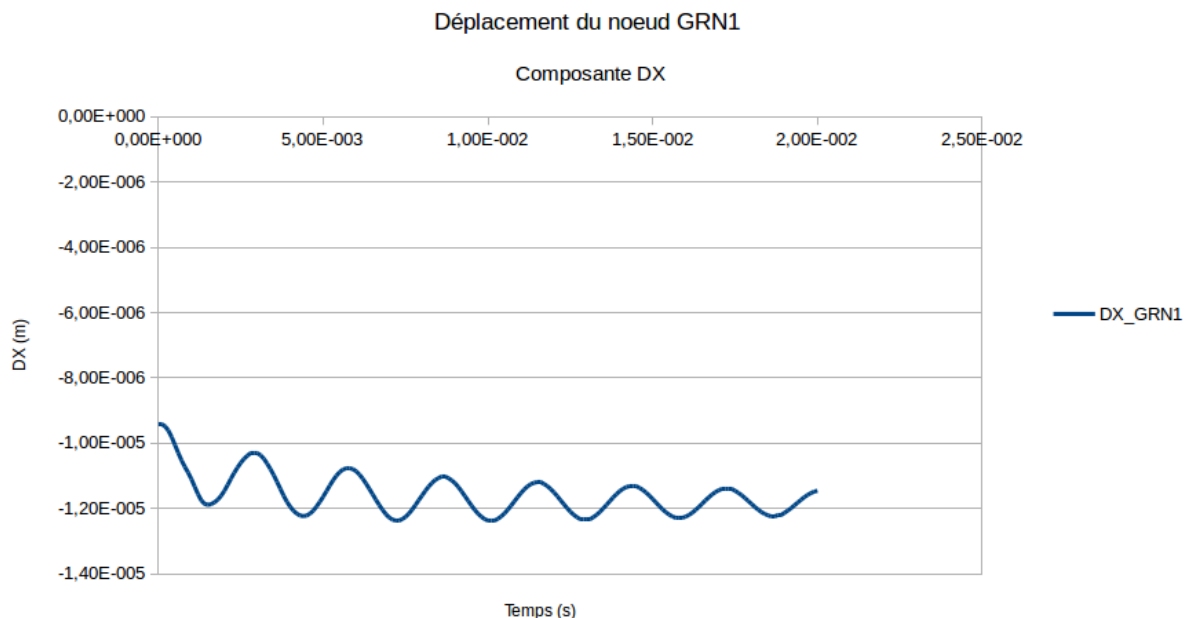
Cette modélisation est une copie de la modélisation E dans laquelle on a remplacé la modélisation 3D par 3D\_SI.

Or pour la modélisation 3D\_SI, des différences existent entre Code\_Aster et EPX. Cela a pour effet que l'état initial statique envoyé à EPX (avec seul chargement celui déjà appliqué) ne donne pas un état équilibré dans EPX. La validation est donc un peu différente.

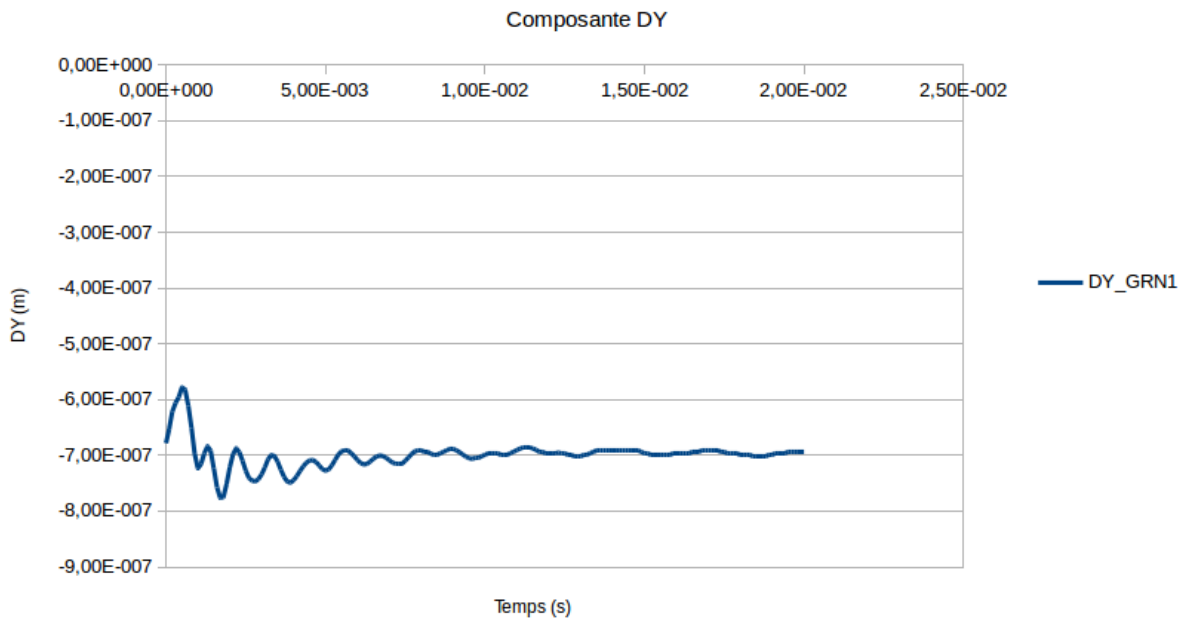
On lance un premier calcul en activant l'équilibrage (EQUI='OUI'). Si à la sortie de ce calcul on retrouve les valeurs de déplacement et de contrainte d'entrée alors la bonne prise en compte de l'état initial sera démontrée pour les 3D\_SI.

On lance ensuite un second calcul sans activer l'équilibrage (EQUI='NON'). On visualise les courbes de déplacement du nœud GRN1 afin de constater que le déséquilibre est assez limité. Ce calcul permet de valider qualitativement la bonne prise en compte du chargement de pression et de constater que les modèles Code\_Aster et EPX ne sont pas trop éloignés l'un de l'autre et qu'il est donc cohérent d'utiliser un chaînage Code\_Aster-EPX avec ces éléments si on active l'équilibrage.

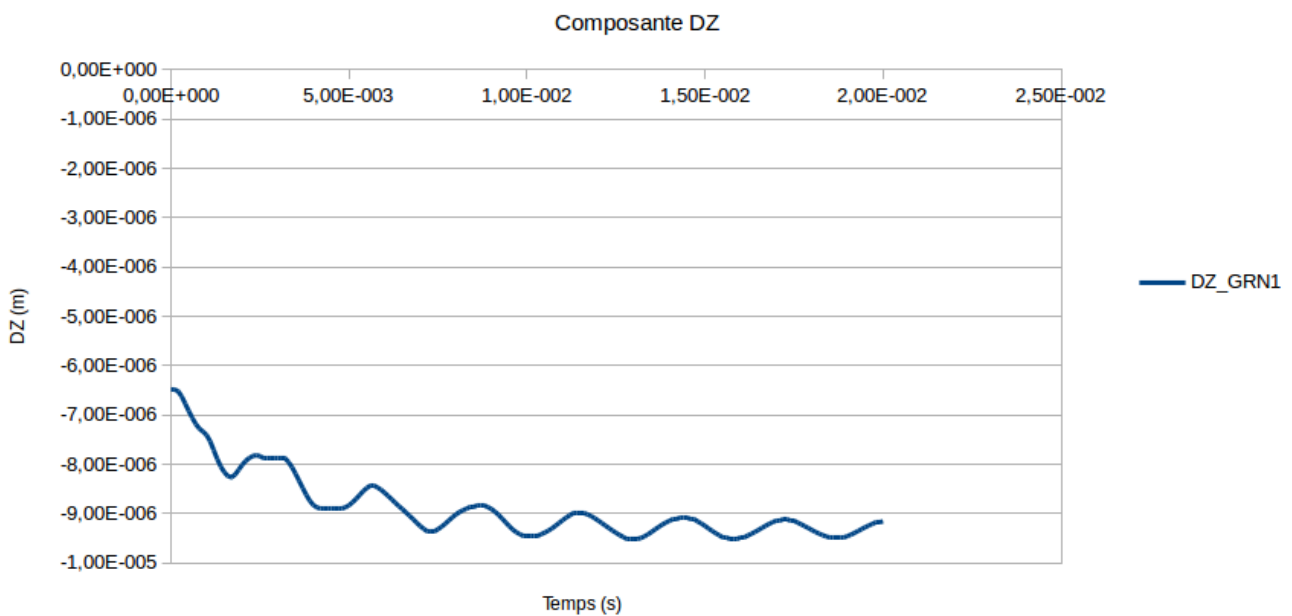
Les figures suivantes montrent les déplacements du nœud GRN1 dans les 3 directions de l'espace :



Déplacement du noeud GRN1



Déplacement du noeud GRN1



## 7.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial.

## 7.4 Valeurs testées

**Calcul avec EQUI='OUI' :**  
Instant final 4E-3

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| GRN1  | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -9.42600991306E-06  | 5E-5      |
| GRN1  | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.78188286688E-07  | 5E-5      |
| GRN1  | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.47139874604E-06  | 5E-5      |

| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|---------------------|-----------|
| M93    | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -88191.2920113      | 5E-5      |
| M93    | <i>SIYY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -4298.28256544      | 1E-4      |
| M93    | <i>SIZZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -89716.486396       | 5E-5      |

**Calcul avec EQUI='NON' :**  
Instant final 2E-2

| Noeud | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|-------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| GRN1  | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -9.42600991306E-06  | 22 %      |
| GRN1  | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.78188286688E-07  | 2,5 %     |
| GRN1  | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | -6.47139874604E-06  | 42 %      |

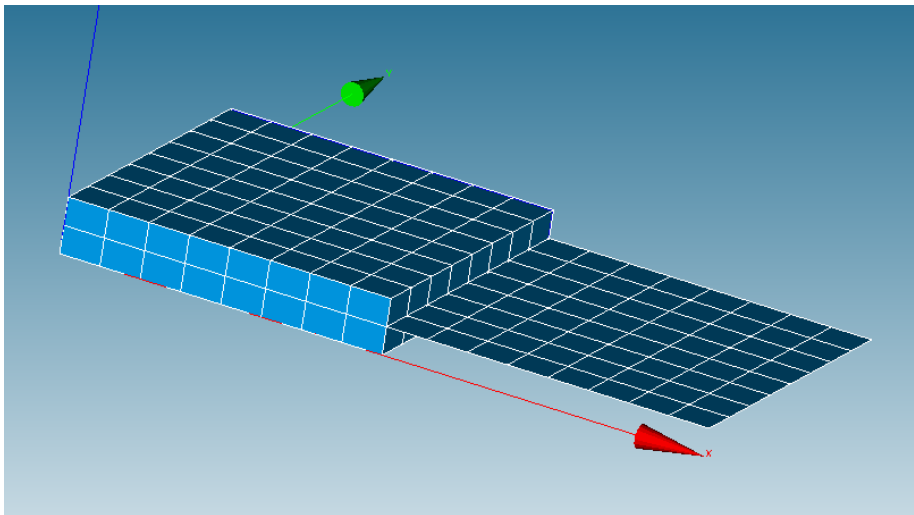
| Maille | Composante  | Point | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|-------------|-------|-------------------|---------------------|-----------|
| M93    | <i>SIXX</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -88191.2920113      | 0,015 %   |
| M93    | <i>SIYY</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -4298.28256544      | 100 %     |
| M93    | <i>SIZZ</i> | 1     | 'AUTRE_ASTER'     | -89716.486396       | 2,5 %     |

## 8 Modélisation H

### 8.1 But

Le but de ce test est de valider l'utilisation du chargement `LIAISON_MAIL`.

### 8.2 Description



Sur le maillage représenté par la figure ci-dessus, on relie la partie 3D (modélisée par des éléments 3D) et la partie surfacique (modélisée par des éléments Q4GG) avec des liaisons cinématiques en utilisant `LIAISON_MAIL/COQUE_MASSIF` de l'opérateur `AFFE_CHAR_MECA`. Les faces des éléments 3D en  $x=0$  sont bloquées et on impose une force sur un nœud situé à l'extrémité opposée.

Le calcul est effectué avec `STAT_NON_LINE`. Cela fournit un état initial à `CALC_EUROPLEXUS`. On n'impose pas à `CALC_EUROPLEXUS` d'autres chargements que ceux ayant créé l'état initial.

### 8.3 Principe de validation

Comparaison avec l'état initial : on considère que le chargement de type `LIAISON_MAIL` est bien traduit à EPX si le système reste à l'équilibre c'est-à-dire dans l'état initial fourni.

### 8.4 Valeurs testées

Résultats issus de `STAT_NON_LINE` :

| Noeud  | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| FLECHE | <i>DX</i>  | 'NON_REGRESSION'  | -                   | -         |
| FLECHE | <i>DY</i>  | 'NON_REGRESSION'  | -                   | -         |
| FLECHE | <i>DZ</i>  | 'NON_REGRESSION'  | -                   | -         |

Résultats issus de `CALC_EUROPLEXUS` :

| Noeud  | Composante | Type de référence | Valeur de référence | Tolérance |
|--------|------------|-------------------|---------------------|-----------|
| FLECHE | <i>DX</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 2.76027428973E-05   | 1E-3      |
| FLECHE | <i>DY</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 0.000201817506448   | 1E-3      |
| FLECHE | <i>DZ</i>  | 'AUTRE_ASTER'     | 0.00525919072834    | 1E-3      |

## 9 Conclusion

---

Les tests montrent que les différentes fonctionnalités sont bien prises en compte par CALC\_EUROPLEXUS.

Attention toutefois à l'utilisation de la modélisation 3D\_SI avec un état initial, car la modélisation EPX n'est pas complètement équivalente à la modélisation de Code\_Aster. Il est nécessaire de mettre le mot-clé EQUI à OUI dans ce cas.