# SSNP126 - Validation de la loi de comportement JOINT_BA (liaison acier- béton) en 2D plan

**Résumé :**

Validation de la loi de comportement JOINT_BA de la liaison acier – béton en utilisant l'élément de joint 2D plan. Cet élément joint est encastré en deux nœuds et lié à un élément cube avec les caractéristiques d'un matériau élastique quelconque. En appliquant un chargement monotone en glissement sur l'élément cube, on vérifie la dégradation de l'interface, ainsi que le passage des petites déformations au début de l'expérience, aux grands glissements observables à partir du pic de la résistance de la liaison. Dans ce cas test, les paramètres utilisés ne correspondent pas aux données d'un cas expérimental particulier. Cependant, la validation est effectuée par comparaison avec des résultats obtenus avec le code FEAP du Professeur Taylor, de Berkeley, logiciel dans lequel cette formulation a été implantée.



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

# 1 Problème de référence

## 1.1 Géométrie

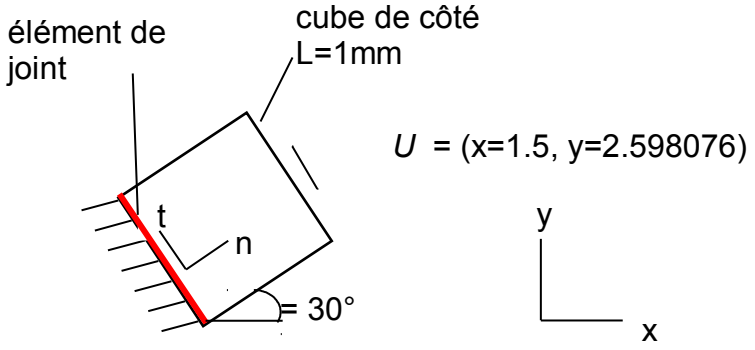



**Figure 1.1-a : Géométrie et conditions aux limites**

## 1.2 Propriétés du matériau

**Cube** : élastique

$$E = 2{,}1 \cdot 10^6 \quad MPa \ , \ \nu = 0$$

**Elément de joint** :

- loi de comportement ELAS avec les paramètres suivants :

$$E = 2{,}1 \cdot 10^6 \quad MPa \ , \ \nu = 0$$

- loi de comportement JOINT_BA avec les paramètres suivants :

  - Paramètres initiaux :

| | | |
|---|---|---|
| coefficient de pénétration : | $Hpen = 0.64\text{mm}$ | (mot clé : HPEN) |
| module de rigidité : | $G_{lia} = 6.65 \times 10^{+3\text{MPa}}$ | (mot clé : GTT) |

  - Paramètres d'endommagement tangentiel :

| | | |
|---|---|---|
| seuil de déformation élastique : | $\varepsilon_\gamma^0 = 5 \times 10^{-4}$ | (mot clé : GAMD0) |
| coefficient d'endommagement région 1 : | $Ad_1 = 1.0$ | (mot clé : AD1) |
| coefficient d'endommagement région 1 : | $Bd_1 = 0.5$ | (mot clé : BD1) |
| seuil des grands glissements : | $\varepsilon_\gamma^2 = 9.6 \times 10 - 1$ | (mot clé : GAMD2) |
| coefficient d'endommagement région 2 : | $Ad_2 = 6 \times 10^{-5} \, MPa^{-1}$ | (mot clé : AD2) |
| coefficient d'endommagement région 2 : | $Bd_2 = 1.0$ | (mot clé : BD2) |



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

- Paramètres pour le frottement des fissures et confinement :

| | | |
|---|---|---|
| frottement : | $\gamma = 10.0\, MPa$ | (mot clé : VIFROT) |
| écrouissage cinématique : | $\alpha = 4 \times 10^{-1}\, MPa^{-1}$ | (mot clé : FA) |
| confinement : | $c = 1.0$ | (mot clé : FC) |

- Paramètres d'endommagement normal :

| | | |
|---|---|---|
| déformation normale critique (ouverture) : | $\varepsilon_N^0 = 9 \times 10^{-1}$ | (mot clé : EPSTR0) |
| coefficient d'endommagement normal : | $Ad_N = 1 \times 10^{-9}\, MPa^{-1}$ | (mot clé : ADN) |
| coefficient d'endommagement normal : | $Bd_N = 1.5$ | (mot clé : BDN) |

## 1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacements imposés nuls sur la face gauche de l'élément de joint.
Le chargement mécanique est imposé sous forme de déplacements imposés sur la face droite du cube en incréments de $0.01 \times U$ à chaque pas de temps, de 0 à 300.

## 1.4 Remarque

La loi de comportement de l'élément de joint est donnée localement (repère $(n, t)$), les calculs du système sont effectués dans le repère global $(x, y)$. Le changement de base a été pris en compte dans les calculs. Le cas test a été développé avec une rotation de $30°$ dans le but de valider ce changement de base.

# 2 Solution de référence

Il s'agit d'une comparaison code-code. La référence utilisée est le code FEAP version 7.4 du Professeur R. L. Taylor, de l'Université de Californie, Berkeley. Les résultats ont été obtenus avec les mêmes paramètres géométriques et matériels, ainsi que la même discrétisation en temps.

## 2.1 Références bibliographiques

[1] TAYLOR R.L. – FEAP : A Finite Element Analysis Program  version 7.4. User, Theory, Programmer & Example Manuals - University Of California at Berkeley, USA, December 2000.



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

# 3 Modélisation A

## 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation en déformations planes (mot clé D_PLAN) pour le cube de côté 1.
Modélisation fissure plane (mot clé PLAN_JOINT) pour l'élément de joint.

Le cube est un $QUAD4$ .
L'élément de joint est un $QUAD4$ dégénéré (nœuds confondus).

## 3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 6
Nombre et type de mailles : 2 $QUAD4$ .



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

# 4 Résultats de la modélisation A

## 4.1 Grandeurs testées et résultats

On teste les composantes $yy$ et $xy$ de l'élément qui correspondent aux composantes normale et tangentielle de la loi locale de comportement dans l'interface, à partir du champ de contraintes SIEF_ELGA ainsi que la valeur de l'endommagement $D_T$ (qui correspond à la deuxième variable du champ VARI_ELGA). Les valeurs sont testées au point de Gauss 1 de l'élément joint, à 4 pas de temps différents : au début de chargement, pendant la phase de croissance de l'endommagement, après le pic de la résistance maximale de la liaison et à la fin du chargement.

**Champ SIEF_ELGA composante SIGN**

| Identification | Référence | Code_Aster | % différence |
|---|---|---|---|
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.2\,mm$ | -9.94080 E-02 | -1.00976 E-01 | 1.577 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.8\,mm$ | -1.54560 E-01 | -1.52328 E-01 | -1.444 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 1.2\,mm$ | -1.44060 E-01 | -1.47200 E-01 | 2.180 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 3.0\,mm$ | -1.06920 E-01 | -1.06914 E-01 | -0.006 |

**Champ SIEF_ELGA composante SITX**

| Identification | Référence | Code_Aster | % différence |
|---|---|---|---|
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.2\,mm$ | -7.58900 E+00 | -7.65768 E+00 | 0.905 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.8\,mm$ | -1.17960 E+01 | -1.15521 E+01 | -2.068 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 1.2\,mm$ | -1.09950 E+01 | -1.11632 E+01 | 1.530 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 3.0\,mm$ | -8.15940 E+00 | -8.10802 E+00 | -0.630 |

**Champ VARI_ELGA composante V2 (variable d'endommagement tangentiel)**

| Identification | Référence | Code_Aster | % différence |
|---|---|---|---|
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.2\,mm$ | 9.97203 E-01 | 9.97203 E-01 | -2 . 19 E-05 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 0.8\,mm$ | 9.98948 E-01 | 9.98915 E-01 | -0.003 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 1.2\,mm$ | 9.99369 E-01 | 9.99309 E-01 | -0.006 |
| Pour un déplacement imposé $U_{TT} = 3.0\,mm$ | 9.99854 E-01 | 9.99821 E-01 | -0.003 |



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

# 5 Synthèse des résultats

La comparaison des résultats issus du *Code_Aster* et ceux obtenus numériquement par le code FEAP du Professeur Taylor de Berkeley sont satisfaisants (l'écart maximum est de $2.18\%$ sur les contraintes).

L'objectif de la modélisation est de tester la stabilité de la loi de comportement en utilisant les éléments joints déjà existants dans le *Code_Aster* : on peut considérer que l'implantation de la loi est correcte. Cependant, étant donné que la résistance maximale de la liaison entre les armatures d'acier et le béton est atteinte au-delà du cadre des petites déformations, il faut faire attention au choix des incréments de temps notamment lorsque `JOINT_BA` est utilisée en combinaison avec d'autres lois de comportement non- linéaires (loi MAZARS, par exemple).



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