SSNA112 – Test d'arrachement axisymétrique pour l'étude de la liaison acier-béton : loi JOINT_BA

Résumé :

Dans ce cas test de mécanique on a modélisé le test d'arrachement effectué par La Borderie & Pijaudier-Cabot [bib1] dont le but était d'étudier l'influence de l'état de contrainte dans la matrice sur les propriétés mécaniques de l'interface. Les données géométriques et les caractéristiques matériaux sont issues de leur rapport, et les résultats numériques seront comparés avec les résultats expérimentaux.

Pour la modélisation axisymétrique, on utilise des éléments QUAD4 pour le béton et l'acier, en combinaison avec des éléments joint pour l'interface (voir doc. [R3.06.09]). Le béton et l'acier sont considérés élastiques afin de tester uniquement la non linéarité de la loi de comportement de la liaison acier – béton, JOINT_BA (voir document [R7.01.21]). On effectue un calcul monotone avec des déplacements imposés au bout de la barre d'acier.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et conditions aux limites

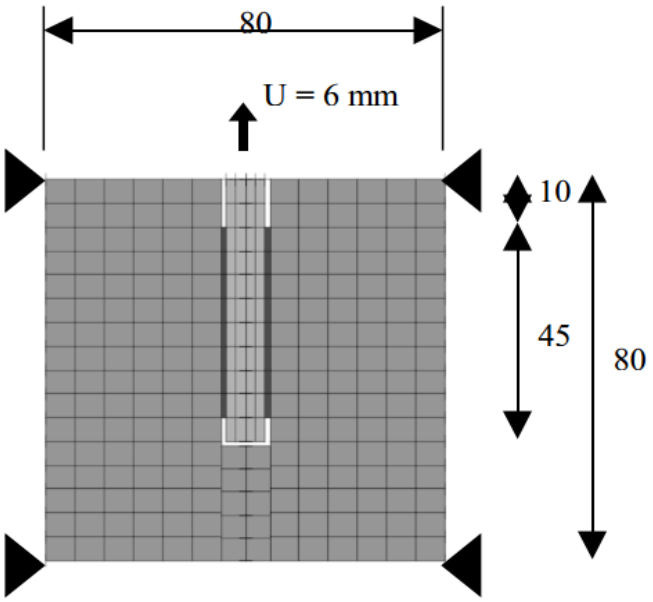


Figure 1.1-a : Géométrie et conditions aux limites

1.2 Propriétés du matériau

Acier : élastique

$$E = 2.1 \times 10^5 \, MPa$$
$$\nu = 0.3$$

Béton : élastique

$$E = 1.55 \times 10^4 \, MPa$$
$$\nu = 0.17$$

Élément de joint :

- loi de comportement `ELAS` avec les paramètres suivants :

$$E = 1.55 \times 10^4 \, MPa$$
$$\nu = 0.17$$

- loi de comportement `JOINT_BA` avec les paramètres suivants :

- Paramètres initiaux :

coefficient de pénétration : $Hpen = 0.64 \, mm$ (mot clé : `HPEN`)

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

module de rigidité : $G_{lia}=6.65\text{x}10^{3}\,MPa$ (mot clé : GTT)

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

- Paramètres d'endommagement tangentiel :

seuil de déformation élastique :	$\varepsilon_\gamma^0 = 5\times10^{-4}$	(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 :	$\varepsilon_\gamma^2 = 9.6\times10^{-1}$	(mot clé : GAMD2)
coefficient d'endommagement région 2 :	$Ad_2 = 4\times10^{-5}\,MPa^{-1}$	(mot clé : AD2)
coefficient d'endommagement région 2 :	$Bd_2 = 1.0$	(mot clé : BD2)

- Paramètres pour le frottement des fissures et confinement :

coefficient matériau par frottement :	$\gamma = 10.0\,MPa$	(mot clé : VIFROT)
coefficient par écrouissage cinématique :	$\alpha = 4\times10^{-1}\,MPa^{-1}$	(mot clé : FA)
coefficient de confinement :	$c = 1.0$	(mot clé : FC)

- Paramètres d'endommagement normal :

déformation normale critique (ouverture) :	$\varepsilon_N^0 = 9\times10^{-1}$	(mot clé : EPSTR0)
coefficient d'endommagement normal :	$Ad_N = 1\times10^{-9}\,MPa^{-1}$	(mot clé : ADN)
coefficient d'endommagement normal :	$Bd_N = 1.5$	(mot clé : BDN)

1.3 Conditions aux limites et chargements

Déplacements imposés nuls (encastrement) sur la face latérale des éléments du béton.
L'axe de rotation est fixé au milieu de la barre d'acier.
Le chargement mécanique en monotone est appliqué sous forme de déplacements imposés sur l'extrémité de la barre d'acier en deux étapes :

- 20 incréments de $0.005\,mm$, pour $U = \{0\,\text{à}\,0.1\,mm\}$
- 118 incréments de $0.05\,mm$, pour $U = \{0.1\,\text{à}\,6\,mm\}$

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

2 Solution de référence

Il s'agit d'une comparaison numérique - expérimentale. Le travail de La Borderie & Pijaudier-Cabot [bib1] a consisté dans une campagne d'essais d'arrachements effectués sur des fibres et des armatures pour béton armé. L'objet de ces essais était d'étudier l'influence de l'état de contrainte dans la matrice sur les propriétés mécaniques de l'interface.

Chaque spécimen était un cube de $80\times 80\times 80\,mm$ dont la pâte de béton était $Grade\,C30/37$ (gravier de $16\,mm$) avec une résistance au moment du test (trois jours après le coulage et avec un traitement thermique de 4 heures) de $14.5\,MPa$, un module d'Young de $15500\,MPa$ et un coefficient de Poisson de $0,17$. Pour les armatures, ils ont utilisé des barres à haute adhérence de $8\,mm$ de diamètre, avec une longueur de contact acier-béton de $45\,mm$, plus $10\,mm$ libre au bord du béton, qui permettait d'éliminer les singularités dans le champ des contraintes du béton dans la surface encastrée du cube. Le test a été réalisé avec des déplacements contrôlés ($\dot{u}=8.3\times 10\text{E-}3\,mm/s$) et quatre niveaux de confinement : $0,5$, 10 et $15\,MPa$, constants pendant chaque expérience.

2.1 Références bibliographiques

- LA BORDERIE C. & PIJAUDIER-CABOT G. - Etude expérimentale du comportement des matériaux renforcés : Détermination expérimentale des lois de comportement de l'interface fibre-matrice. Laboratoire de Mécanique et Technologie (LMT) ; ENS Cachan/CNRS/Université Paris 6 ; Contrat I 70/1F 3146 avec Electricité de France, 1994

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation $2D$ axisymétrique, où on peut identifier 2 groupes d'éléments :

Modélisation axisymétrique (mot clé AXIS) pour les éléments du béton et de l'acier.
Modélisation fissure axisymétrique (mot clé AXIS_JOINT) pour l'élément de joint.

Le béton et l'acier sont modélisés avec des éléments QUAD4.
L'interface est modélisée avec des éléments QUAD4 dégénérés (nœuds confondus).

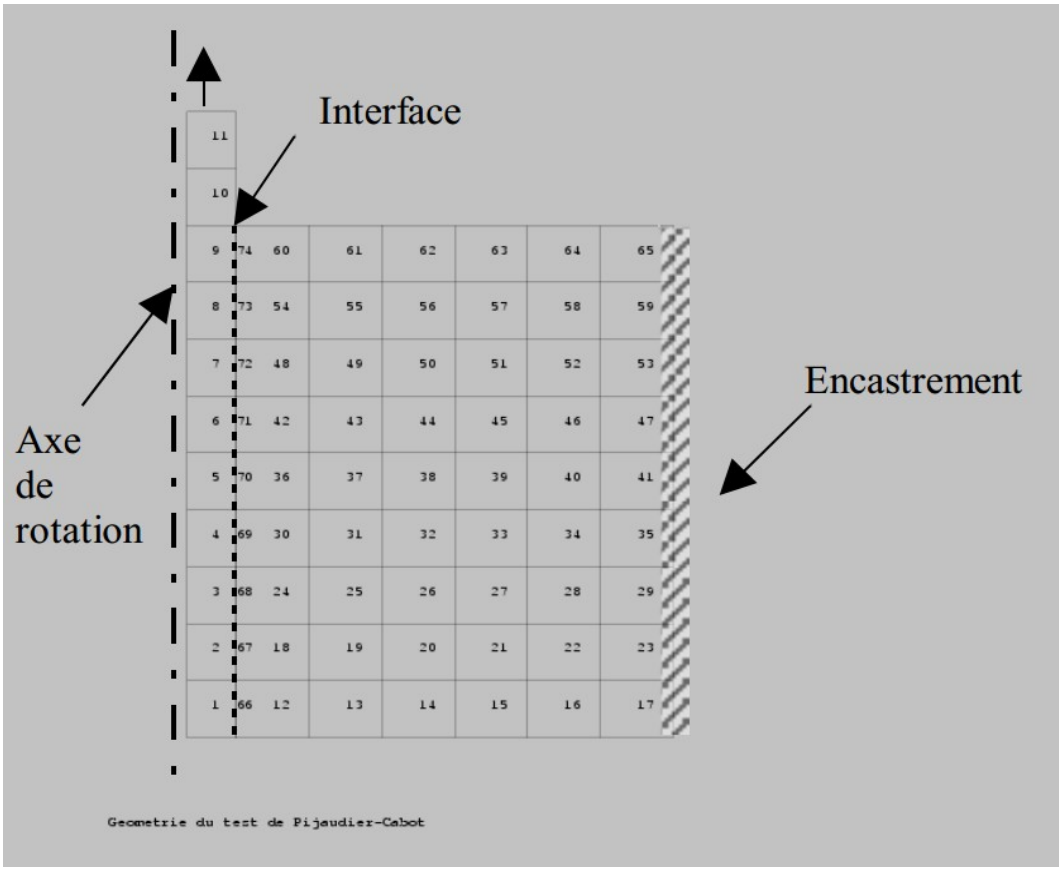


Figure 4.1-a : Modélisation du test en axisymétrique

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 94 (avec 20 nœuds confondus)
Nombre de mailles et type : 11 QUAD4 pour l'acier
+ 9 QUAD4 pour l'interface
+ 54 QUAD4 pour le béton.

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

3.3 Grandeurs testées et résultats

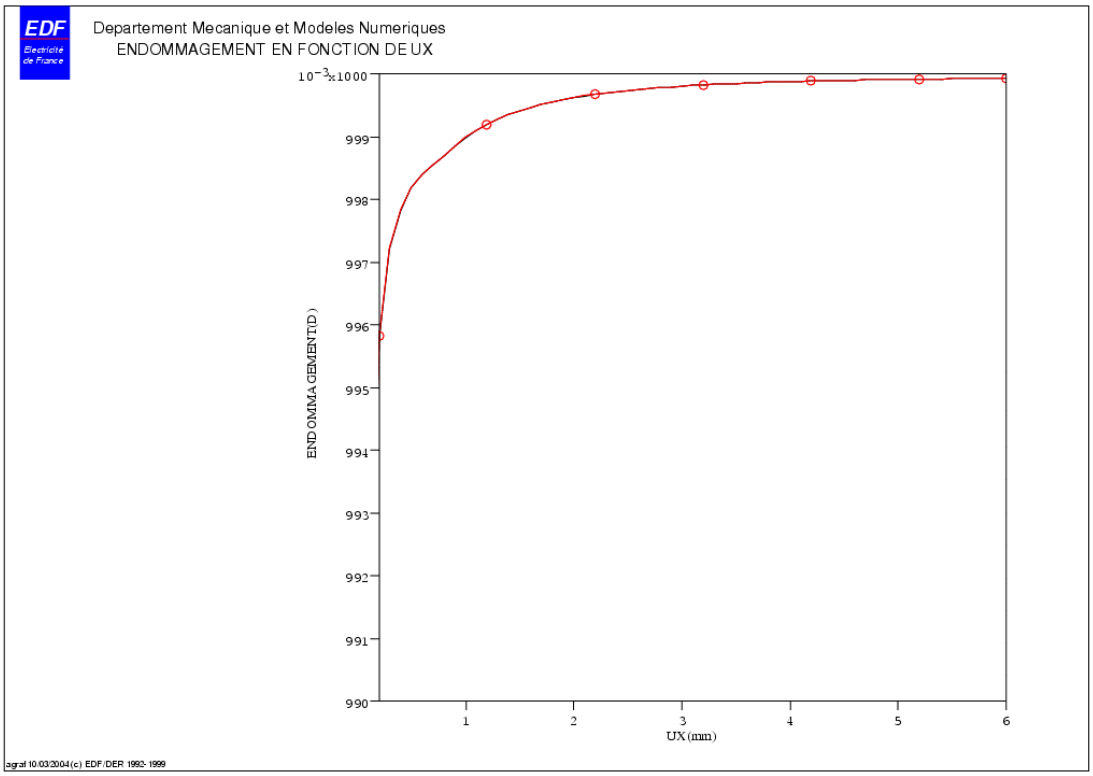
On teste les composantes xy de l'élément qui correspondent aux composantes tangentielles de la loi locale de comportement dans l'interface, à partir du champ de contraintes SIEF_ELGA. Les valeurs sont testées au point de Gauss 2 de l'élément joint, à 4 pas de temps différents : au début du chargement, pendant la phase de croissance de l'endommagement, dans le pic de la résistance maximale et après le pic de la résistance de la liaison.

Champ SIEF_ELGA composante SITX

Identification	Référence	% tolérance
Pour un déplacement imposé $U_{TT}=0.2\,mm$	-7.20 E+00	5
Pour un déplacement imposé $U_{TT}=0.8\,mm$	-1.14 E+01	5
Pour un déplacement imposé $U_{TT}=1.0\,mm$	-1.26 E+01	5
Pour un déplacement imposé $U_{TT}=1.6\,mm$	-1.22 E+01	5

3.4 Évolution de l'endommagement

Pour observer la cohérence de l'évolution de l'endommagement dans les différents éléments de liaison, on construit le graphique de la variable d'endommagement par rapport au déplacement imposé.



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

4 Synthèse des résultats

Avec des écarts inférieurs à $5.0\ \%$ par rapport aux résultats expérimentaux obtenus par La Borderie & Pijaudier-Cabot [bib1], on considère que la simulation axisymétrique du test d'arrachement est satisfaisante. Cependant, afin de tester la stabilité de la loi de comportement en combinaison avec d'autres lois (la loi MAZARS pour le béton, par exemple), il faudra diminuer la taille des pas de temps en considérant que les autres lois sont faites normalement pour des formulations en petites déformations.

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