

## SSNV510 - Compression uniaxiale d'un bloc multi-fissuré

---

---

### Résumé :

Ce test permet de valider l'approche multi-Heaviside pour les éléments X-FEM. Il s'agit d'un cas test où on introduit plusieurs interfaces comprimés latéralement. Le maillage est assez grossier de sorte que les mailles voient plusieurs fissures. Certains nœuds voient aussi plusieurs fissures. Ces nœuds contiennent alors plusieurs enrichissements Heaviside. On vérifie que ces différents enrichissements sont bien pris en compte au niveau cinématique et que les matrices de rigidité associées à chaque zone entre deux interfaces permettent d'obtenir les bonnes déformées. On ajoute aussi des condition de contact sur les fissures.

## 1 Problème de référence

### 1.1 Géométrie

La structure est un rectangle sain dans lequel quatre fissures horizontales sont introduites, en rouge sur la figure 1.1.a. Les dimensions de la structure ainsi que la position des fissures sont données sur cette figure en mètres.

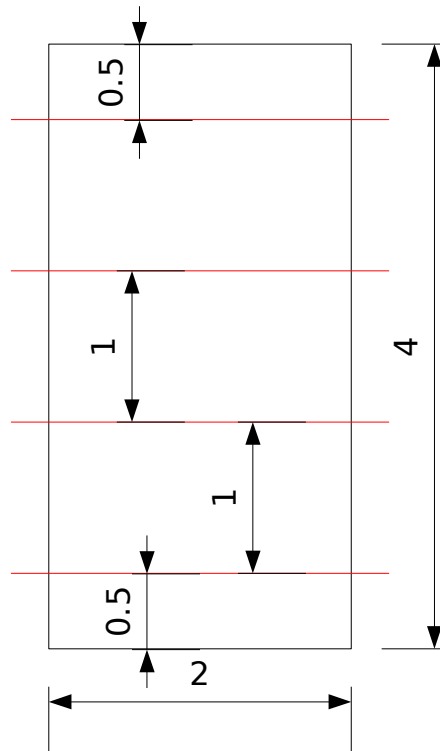


Figure 1.1-a : Géométrie de la structure et positionnement des fissures.

### 1.2 Propriétés du matériau

Module d'Young : 100 MPa

Coefficient de poisson : 0.0

### 1.3 Conditions aux limites et chargements

On bloque la composante  $X$  du déplacement sur la partie droite de la structure. On bloque la composante  $Y$  du déplacement sur sa partie inférieure. On applique un chargement en pression selon  $X$  constant par morceau sur la partie gauche, de manière à obtenir un escalier. Ce chargement est représenté figure 1.3-b. Le contact est actif sur les fissures, on applique une pression constante sur la partie supérieure, de manière à activer des effort de contact au niveau des fissures.

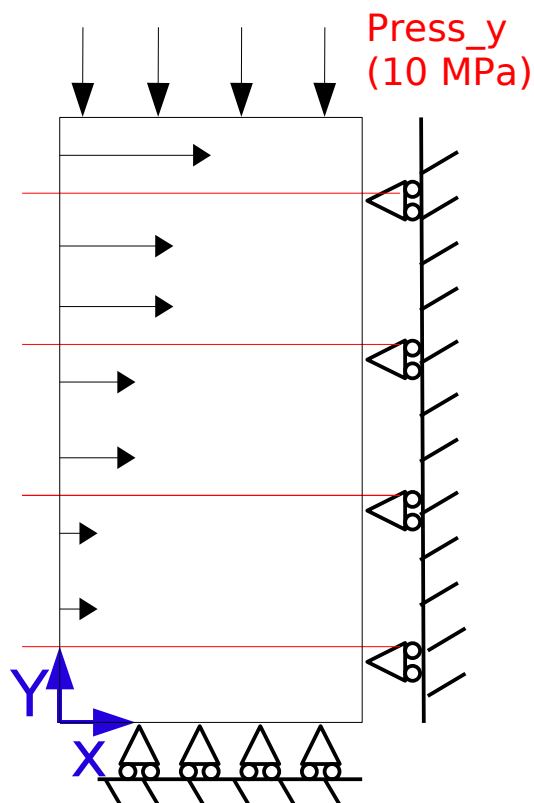


Figure 1.3-a : Illustration des conditions aux limites et des chargements.

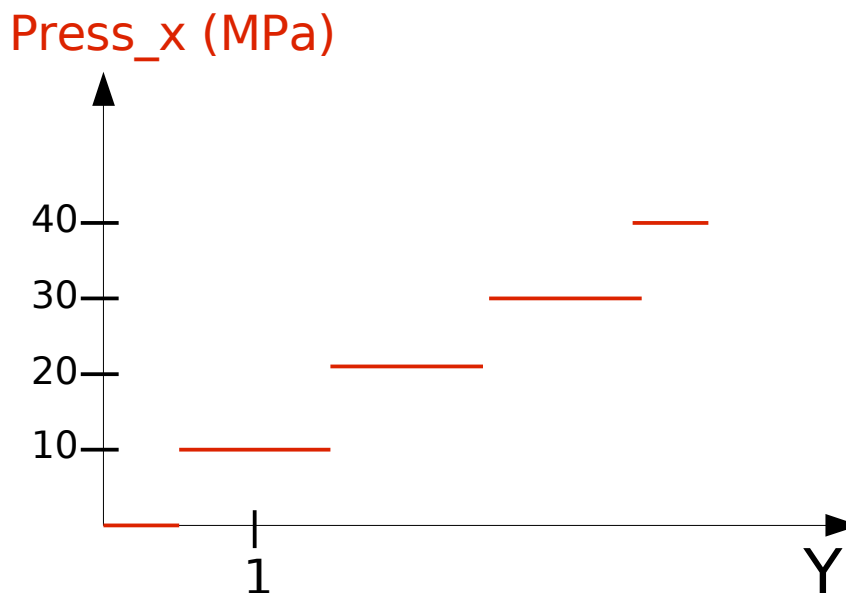


Figure 1.3-b : Pression imposée selon  $Y$  sur le bord gauche (en  $MPa$ ).

## 2 Solution de référence

---

Le coefficient de poisson étant nul, on doit retrouver une compression uniforme à chacun des 4 étages de la structure. Autrement dit pour un étage donné, le déplacement de la structure est proportionnel à la position selon  $X$  et il dépend de la Pression qui varie suivant  $Y$ . Le déplacement selon  $Y$  ne dépend que linéairement de  $Y$  car la pression imposée  $Press_y$  est constante.

On a donc pour tous les points de la structure le déplacement qui vaut :

$$Depl_X(X, Y) = (2 - X) \frac{Press_x(Y)}{E} \quad \text{éq 2.1-1}$$

$$Depl_Y(Y) = (4 - Y) \frac{Press_y}{E} \quad \text{éq 2.1-2}$$

## 3 Modélisation A

### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit d'une modélisation X-FEM, en déformations planes, où les interfaces sont définies par des fonctions de niveau (level sets normales notées LN ).

Les équations des fonctions de niveaux pour les trois fissures horizontales sont les suivantes :

$$LN 1 = Y - 0.5 \quad \text{éq 3.1-1}$$

$$LN 1 = Y - 1.5 \quad \text{éq 3.1-2}$$

$$LN 2 = Y - 2.5 \quad \text{éq 3.1-3}$$

$$LN 3 = Y - 3.5 \quad \text{éq 3.1-4}$$

### 3.2 Caractéristiques du maillage

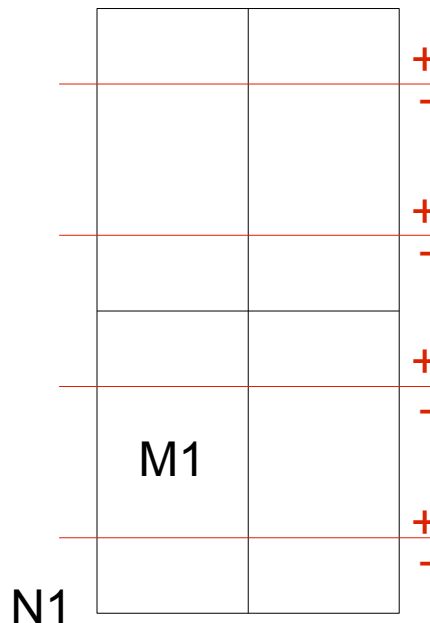


Figure 3.2-a : Le maillage de la modélisation A.

Le maillage comporte 4 mailles de type QUAD4, représentées sur la figure 3.2-a.

On remarque sur cette figure par exemple que le nœud *NI* voit 2 fissures. Il doit donc être enrichi 2 fois et il possède alors les degrés de liberté cinématiques  $DX$ ,  $DY$ ,  $H1X$ ,  $H1Y$ ,  $H2X$  et  $H2Y$ . Le contact étant actif, Le nœud *NI* possède aussi les degrés de Lagrange  $LAGS\_C$  et  $LAG2\_C$ .

D'autre part on remarque par exemple que la maille *M1* « voit » 4 fissures. L'élément associé à cette maille stockera donc les champs des quatre fissures, indépendamment des degrés de liberté qui sont associés à ses nœuds.

### 3.3 Fonctionnalités testées

On teste l'opérateur `MODI_MODELE_XFEM` dans le cas des mailles qui voient plusieurs fissures. On active alors le multi-stockage des structures de données X-FEM lors de la concaténation des fissures dans le modèle. Toutes les fissures vues par la maille sont alors prises en compte dans l'élément correspondant.

On teste `AFPE_CHAR_MECA` avec l'option `DDL_IMPO` sur des noeuds multi-Heaviside et l'option `PRESS_REP` sur des éléments de bord multi-Heaviside.

On teste l'assemblage des degrés de liberté Heaviside au niveau des matrices et des seconds membres des éléments multi-Heaviside pour l'option `COMP_ELAS` dans `STAT_NON_LINE`.

On teste le contact pour l'approche multi-Heaviside en petit glissement, avec l'option `XFEM` sous l'opérande `FORMULATION` de l'opérateur `DEFI_CONTACT`.

On valide aussi le post-traitement `X-FEM` dans le cas du multi-Heaviside, avec les opérateurs `POST_MAIL_XFEM` et `POST_CHAM_XFEM`.

## 3.4 Grandeurs testées et résultats

On teste les déplacements au niveau des lèvres de la fissure. Le déplacement `DX` doit suivre la fonction `Depl_X` de l'équation 2.1-1. Le déplacement `DY` doit suivre la fonction `Depl_Y` de l'équation 2.1-2. On obtient la déformée en escalier de la figure 3.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 3.4-1

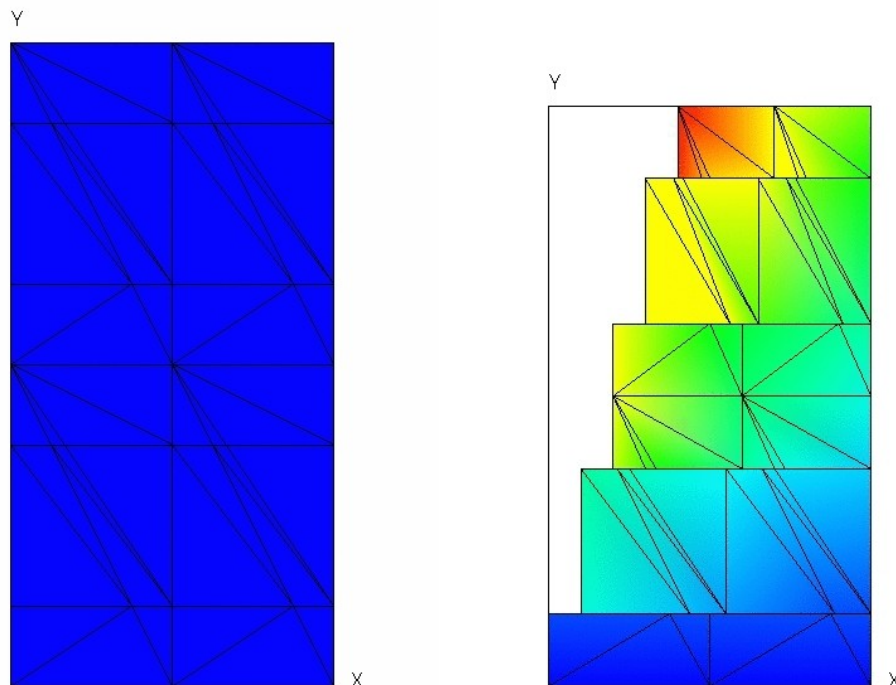


Figure 3.4-a : Déformée de la structure.

## 3.5 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.

## 4 Modélisation B

---

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation A, mais en contraintes planes.

### 4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que celui de la modélisation A.

### 4.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles décrites dans la modélisation A. On obtient la déformée en escalier de la figure 3.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 4.3-1

### 4.4 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.



## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation A, mais en 3D.

### 5.2 Caractéristiques du maillage

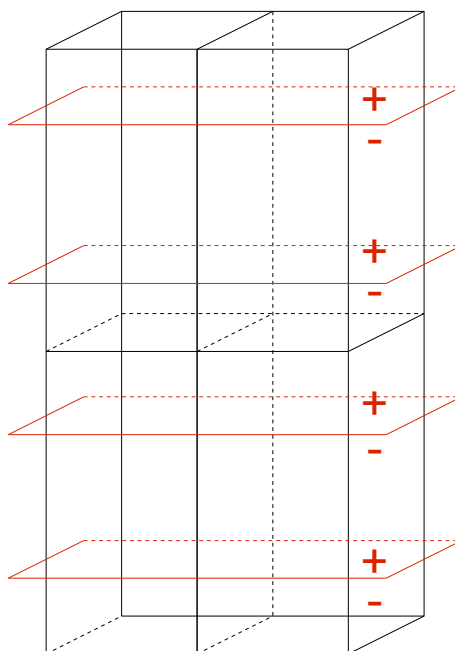


Figure 5.2-a : Le maillage de la modélisation C.

Le maillage comporte 4 mailles de type `HEXA8`, représentées sur la figure 5.2-a.

Même remarque que pour le maillage de la modélisation A. Certaines mailles « voient » 2 fissures, ils possèdent les degrés de liberté cinématique `DX`, `DY`, `DZ`, `H1X`, `H1Y`, `H1Z`, `H2X` et `H2Y`, `H2Z` ainsi que les degrés de liberté de Lagrange `LAGS_C` et `LAG2_C`. d'autres « voient » 4 fissures, ils possèdent aussi les degrés de liberté cinématiques `H3X`, `H3Y`, `H3Z`, `H4X` et `H4Y`, `H4Z` ainsi que les degrés de liberté de Lagrange `LAG3_C` et `LAG4_C`.

### 5.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles décrites dans la modélisation A. On obtient la déformée en escalier de la figure 5.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 5.3-1

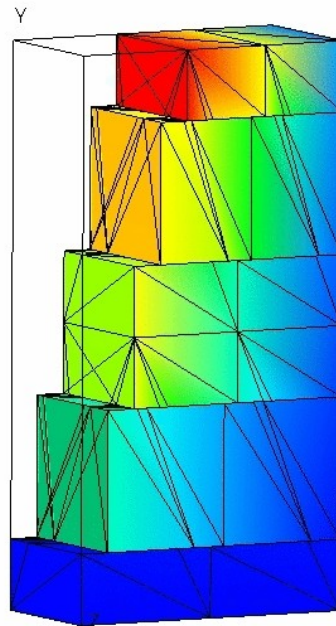


Figure 5.4-a : Déformée de la structure.

## 5.4 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.

## 6 Modélisation D

### 6.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation A, mais on active le contact en grand glissement.

### 6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que celui de la modélisation A.

### 6.3 Fonctionnalités testées

Idem modélisation A. On teste cette fois le contact pour l'approche multi-Heaviside en grand glissement, à l'aide de l'option REAC\_GEOM de l'opérateur DEFI\_CONTACT. On passe donc par une phase d'appariement d'éléments avant de calculer les contribution de contact.

### 6.4 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles décrites dans la modélisation A. On obtient la déformée en escalier de la figure 3.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 6.4-1

### 6.5 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.

## 7 Modélisation E

---

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation D, mais en contraintes planes.

### 7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que celui de la modélisation A.

### 7.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles décrites dans la modélisation A. On obtient la déformée en escalier de la figure 3.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 7.3-1

### 7.4 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.

## 8 Modélisation F

---

### 8.1 Caractéristiques de la modélisation

Il s'agit de la même modélisation que la modélisation D, mais en 3D.

### 8.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage est le même que celui de la modélisation C.

### 8.3 Grandeurs testées et résultats

Les grandeurs testées sont identiques à celles décrites dans la modélisation A. On obtient la déformée en escalier de la figure 5.4-a.

Identification	Référence
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté maître)	0
SOMM_ABS pour DX- Depl_X (coté esclave)	0
SOMM_ABS pour DY- Depl_Y (coté esclave)	0

Tableau 8.3-1

### 8.4 Remarques

On obtient de très bon résultats pour ce test, l'erreur relevée correspondant au résidu numérique.

## 9 Synthèse des résultats

---

Ce test permet d'activer le multi-Heaviside pour les éléments X-FEM. On montre que l'on est capable de différencier le nombre de fissures « vues » par maille, de celui « vues » par nœud. Dans l'exemple de ce cas test, certains nœuds voient au maximum 2 fissures alors que les mailles en voient 4. On montre aussi qu'il est possible de prendre en compte des conditions de contact sur les interfaces, les nœuds sont alors aussi enrichis par de multiple degrés de liberté de Lagrange.

L'approche a été validée en `D_PLAN`, en `C_PLAN` et en `3D`, pour les petits et les grands glissements.