SSNP123 - Plaque entaillée en élastoplasticité : test des éléments QUAD4 sous intégrés

Résumé :

Ce test en déformations planes quasi-statique permet d'illustrer les questions relatives à l'incompressibilité lors de l'utilisation d'une loi de comportement élastoplastique : quand le taux de plasticité devient important, des oscillations non physiques de contraintes peuvent apparaître. On montre que l'utilisation d'éléments QUAD4 et HEXA8 sous intégrés peut permettre de pallier ce problème.

Il s'agit d'une plaque rectangulaire entaillée constituée d'un matériau élastoplastique avec écrouissage isotrope qui est soumise à une traction à ses extrémités. On s'intéresse à la solution élastoplastique en charge.

La modélisation A correspond à l'utilisation des éléments QUAD4 sous intégrés stabilisés par la méthode « assumed strain ».

La modélisation B correspond à l'utilisation des éléments QUAD8 incompressibles qui permettent d'obtenir une solution de référence pour la modélisation A.

La modélisation C correspond à l'utilisation des éléments HEXA8 sous intégrés stabilisés par la méthode « assumed strain ».

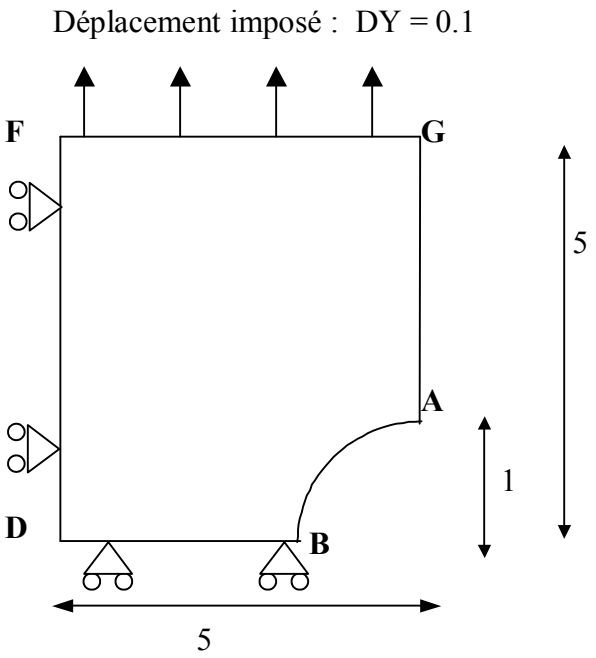
La modélisation D correspond à l'utilisation des éléments HEXA20 incompressibles qui permettent d'obtenir une solution de référence pour la modélisation C.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Ce calcul s'appuie sur la modélisation d'une éprouvette entaillée sollicitée par un déplacement imposé.

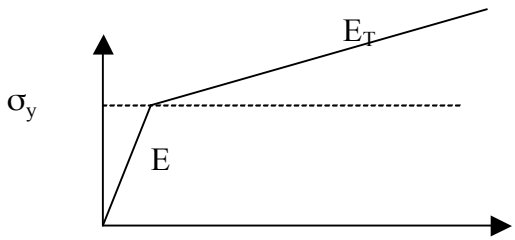


1.2 Propriétés de matériaux

Comportement élastoplastique à écrouissage isotrope :

$E = 200\,GPa$
$\nu = 0.4999$

$\sigma_y = 200\,MPa$
$E_T = 1000\,MPa$



1.3 Conditions aux limites et chargements

Sur BD : $DY = 0.$
Sur DF : $DX = 0.$
Sur FG : $DY = 0.1$

2 Solution de référence

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

La solution de référence de la modélisation A (respectivement modélisation C) est donnée par la modélisation B (respectivement modélisation D) réalisée avec des éléments quasi-incompressibles.

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

3 Modélisation A

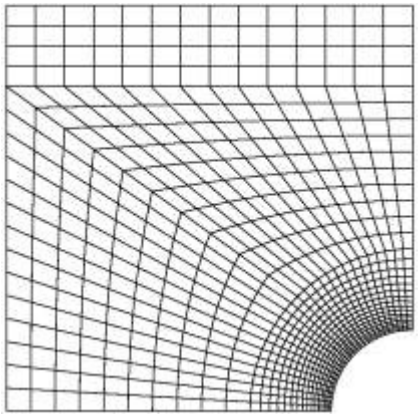
3.1 Caractéristiques de la modélisation

Modélisation C_PLAN avec des éléments QUAD4 sous intégrés stabilisés par la méthode assumed strain.

3.2 Caractéristiques du maillage

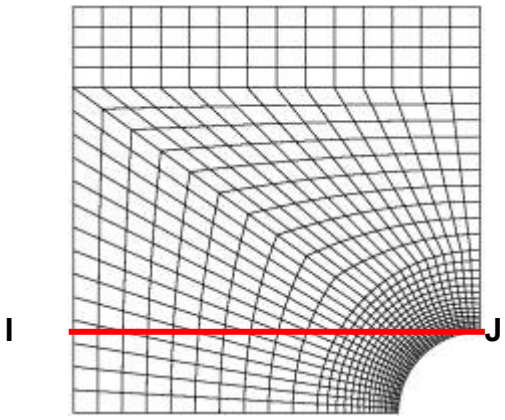
Nombre de nœuds : 527

Nombre de mailles : 582
SEG2 : 102
QUAD4 : 480



3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la coordonnée $SIYY$ du tenseur des contraintes en différents points du chemin IJ



Abscisse Curviligne	Référence
0.0	234.174
1.54051	257.417
3.26795	300.333
3.83403	263.212
4.37942	175.829

On effectue aussi un test de non régression sur les valeurs ci-dessus.

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

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On reprend le maillage précédent que l'on passe en éléments quadratiques dans le but d'utiliser la modélisation D_PLAN_INCO_UPG (éléments adaptés aux problèmes incompressibles).

4.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1533

Nombre de mailles : 582
SEG3 : 102
QUAD8 : 480

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la coordonnée $SIYY$ du tenseur des contraintes en différents points du chemin IJ en non régression.

Abscisse Curviligne	Référence
0.0	234.174
1.54051	257.417
3.26795	300.333
3.83403	263.212
4.37942	175.829

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

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D_SI avec des éléments HEXA8 sous intégrés stabilisés par la méthode assumed strain. Le maillage utilisé est une extrusion du maillage de la modélisation A sur une hauteur de $0,1\,m$ avec un seul élément dans l'épaisseur. Tous les degrés de liberté sont bloqués selon Z afin de se rapprocher de l'hypothèse des déformations planes utilisée dans les modélisations A et B.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1054

Nombre de mailles : 1731
QUAD4 : 1052
HEXA8 : 480

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la coordonnée $SIYY$ du tenseur des contraintes en différents points du chemin IJ par rapport à la modélisation D.

Abscisse Curviligne	Référence
0.0	234.122
1.53224	256.988
3.26890	300.287
3.80797	267.555
4.40378	183.498

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

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

On reprend le maillage précédent que l'on passe en éléments quadratiques dans le but d'utiliser la modélisation 3D_INCO_UPG (éléments adaptés aux problèmes incompressibles).

6.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 1054

Nombre de mailles : 1731
SEG3 : 199
QUAD8 : 1052
HEXA20 : 480

6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la coordonnée $SIYY$ du tenseur des contraintes en différents points du chemin IJ en non régression.

Abscisse Curviligne	Référence
0.0	234.12162679
1.53224	256.98783319
3.26890	300.28717384
3.80797	267.55482696
4.40378	183.49849877

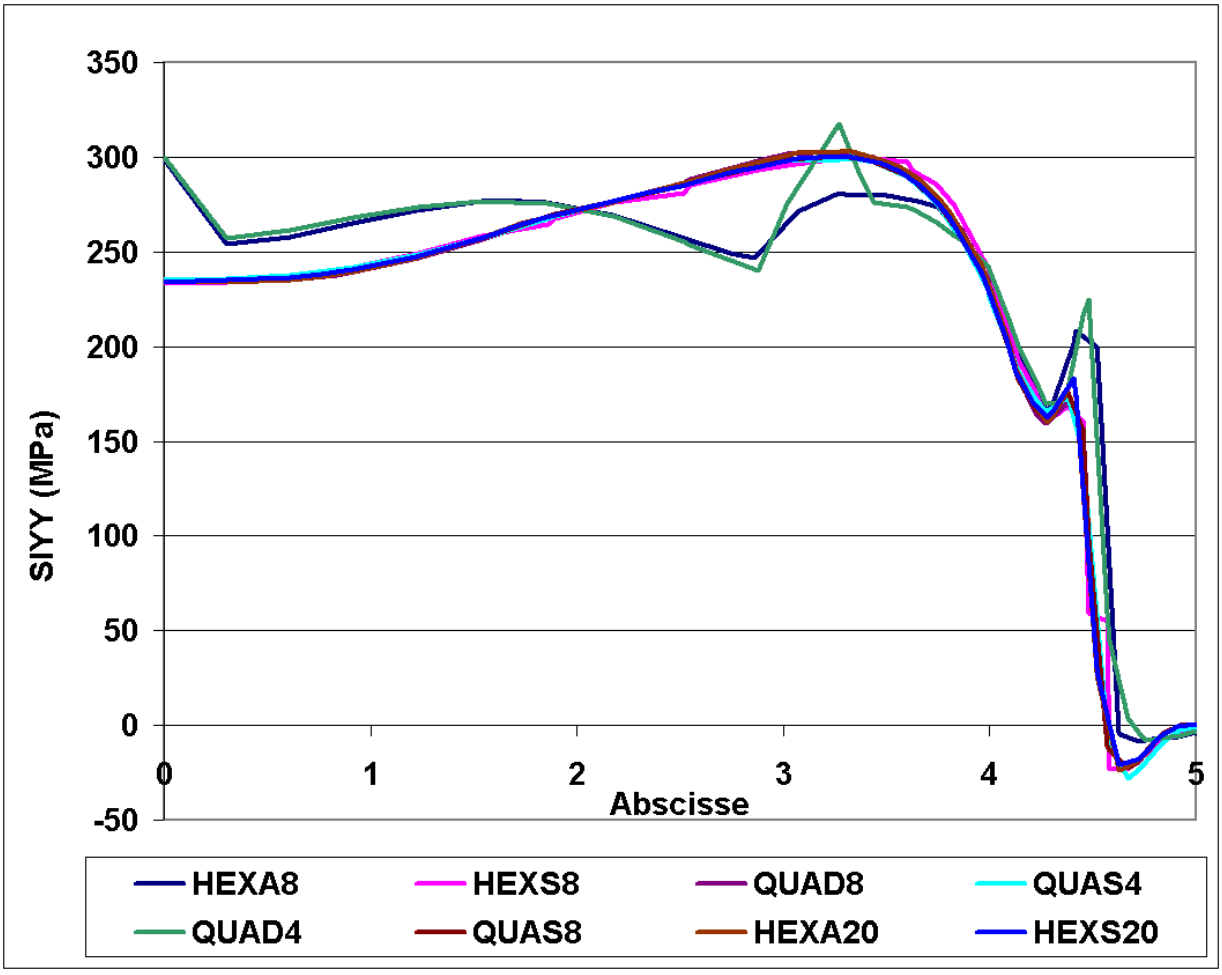
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Synthèse des résultats

Les résultats obtenus à l'aide des différents éléments sous intégrés stabilisés par la méthode « assumed strain » sont très proches des résultats fournis par les éléments quadratiques incompressibles, comme on peut le constater sur le graphe ci-dessous. Ce graphe rassemble les résultats pour différents éléments :

HEXA8	éléments HEXA8 classiques
QUAD4	éléments QUAD4 classiques
HEXA20	éléments HEXA20 quadratiques
HEXS20	éléments HEXA20 quadratiques incompressibles
HEXS8	éléments HEXA8 sous intégrés
QUAD8	éléments QUAD8 quadratiques
QUAS8	éléments QUAD8 quadratiques incompressibles
QUAS4	éléments QUAD4 sous intégrés

On constate ainsi la bonne qualité de la solution donnée par les éléments sous intégrés et la disparition des oscillations de contraintes données par les éléments classiques linéaires.



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