SSNP140 - Essai de traction sur un plan troué élastoplastique par la méthode IMPLEX

Résumé :

Ce cas test sert à valider l'implémentation de la méthode de résolution IMPLEX. Le cas test étudié est un essai de traction d'une éprouvette plane trouée. La solution obtenue avec la méthode IMPLEX est très proche de celle obtenue avec la méthode de Newton-Raphson.

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

La géométrie du cas test étudié est constituée d'une plaque rectangulaire avec un trou en son centre soumise à une traction.
Pour des raisons évidente de symétrie, seul un quart de la plaque est étudié.

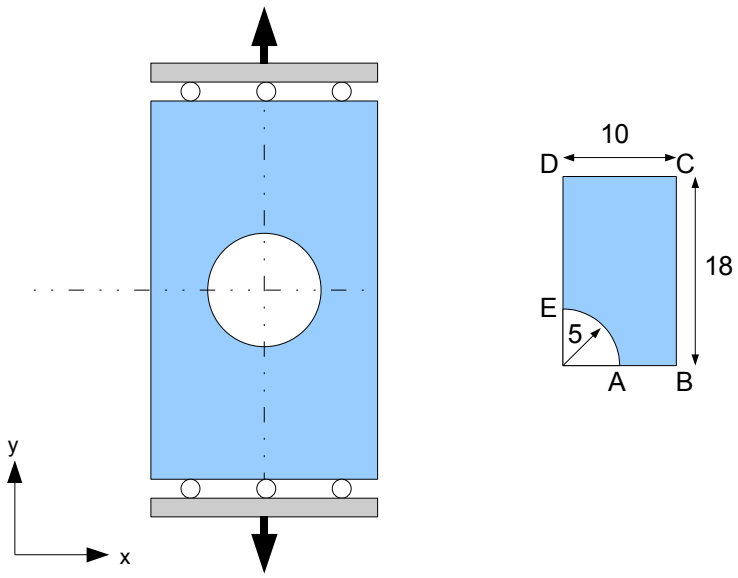


Figure 1.1-a: Problème étudié

1.2 Propriétés du matériau

L'objectif étant de tester les différentes lois de comportement, les différentes modélisations utilisent des lois de comportement différentes.
Dans le cas des modélisations A , B et E , le matériau qui constitue la plaque est modélisé par une loi de comportement élastoplastique. Le critère de plasticité est celui de von Mises et un écrouissage isotrope linéaire est considéré (VMIS_ISOT_LINE). Les valeurs des différents paramètres sont résumées dans le tableau qui suit.

Paramètres	Symbole	Valeurs
Module d'Young	E	$70\,MPa$
Coeff. de Poisson	ν	$0{,}2$
Limite élastique	σ_y	$0{,}24\,MPa$
Pente d'écrouissage	H	$2{,}24\,MPa$

Tableau 1.2-1: Paramètres matériaux pour les modélisations A, B et E

Les valeurs des différents paramètres sont résumées dans le tableau qui suit.

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

Paramètres	Symbole	Valeurs
Module d'Young	E	$20000\,MPa$
Coeff. de Poisson	ν	0
Limite élastique	σ_y	$2\,MPa$
Pente d'écrouissage	H	$-2000\,MPa$

Tableau 1.2-2: Paramètres matériaux pour les modélisations C

Dans le cas de la modélisation D , la plaque est en béton fragile (ENDO_ISOT_BETON). Les valeurs des différents paramètres sont résumées dans le tableau qui suit.

Paramètres	Symbole	Valeurs
Module d'Young	E	$20000\,MPa$
Coeff. de Poisson	ν	0
Limite élastique	σ_y	$2\,MPa$
Pente d'écrouissage	H	$-2000\,MPa$

Tableau 1.2-3: Paramètres matériaux pour les modélisations D

1.3 Conditions aux limites et chargements

Elles sont identiques pour les 5 modélisations.
Afin de recréer les conditions de symétrie, les déplacements sont bloqués :

- suivant y sur AB ,
- suivant x sur DE .

Le chargement est défini en imposant un déplacement de $0{,}3\,mm$ suivant l'axe y à la frontière DC .

1.4 Conditions initiales

A l'instant 0 , le système est à l'équilibre et ne subit aucune précontrainte.

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

2 Solutions de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence est calculée avec Code_Aster en utilisant l'algorithme « classique » de Newton-Raphson.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Le résultat de référence est la courbe de force – déplacement obtenue avec la méthode itérative de Newton-Raphson. On compare les valeurs des forces à différents niveaux de chargement.

2.3 Incertitude sur la solution

Comparaison de deux solutions obtenues avec Code_Aster. La méthode IMPLEX étant par définition approchée, on aura un écart à la solution Newton (mais qui doit rester faible).

2.4 Références bibliographiques

1. J. OLIVER, A.E. HUESPE et J.C. CANTE "An implicit/explicit scheme to increase computability of non-linear material and contact/friction problems", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 197, 2008.

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

3 Modélisation A

Cette modélisation teste les éléments triangulaires avec VMIS_ISOT_LINE. Le chargement dans la zone élastique se fait en plusieurs pas de temps afin de tester la convergence de la méthode IMPLEX en une seule itération.

3.1 Caractéristiques de la modélisation

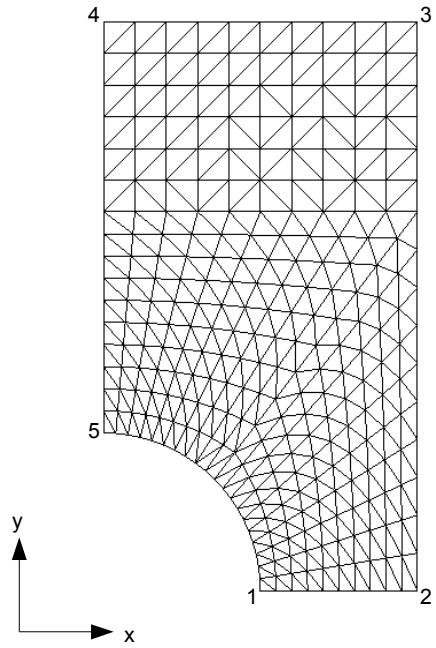


Figure 3.1-a: Maillage de la modélisation A

Modélisation : D_PLAN

Conditions aux limites :

- $DX = 0.0\,mm$ sur 45 ,
- $DY = 0.0\,mm$ sur 12 ,
- $DY = 0.3\,mm$ sur 34 .

3.2 Caractéristiques du maillage

Le nombre de nœuds est de 297. Le maillage est constitué d'éléments triangulaires linéaires :

- SEG2 : 92
- TRIA3 : 520

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

3.3 Grandeurs testées et résultats

La figure 3.4-1 représente les courbes force – déplacement calculées avec les deux méthodes. Les valeurs testées sont des différences d'effort entre les deux méthodes à différents instants.

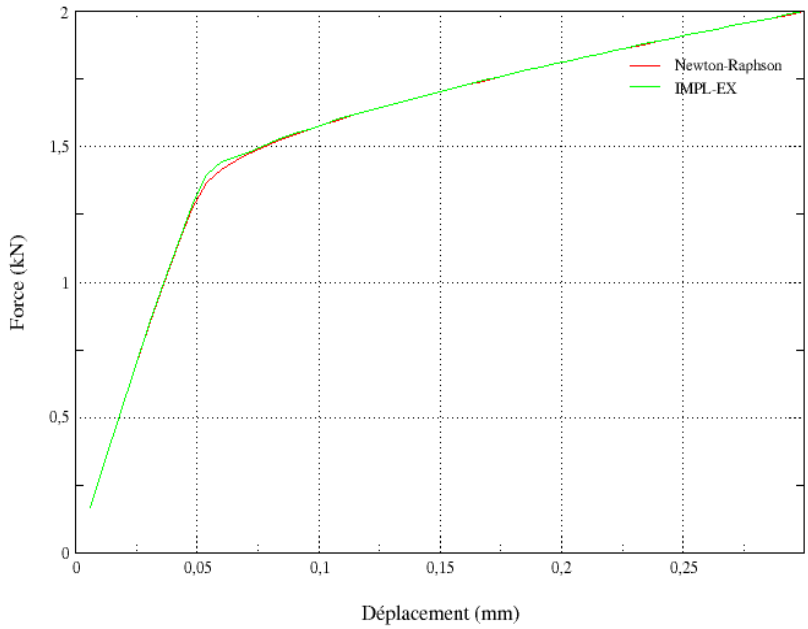


Figure 3.3-a: Courbes force – déplacement

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,04	0
0,08	-5,65E-004
0,12	-5,00E-003
0,16	-8,95E-003
0,2	-2,94E-002
0,32	-1,26E-003
0,4	-5,63E-004
0,6	-1,60E-004
0,8	-9,43E-005
1	-8,69E-005

Ces valeurs sont testées en non régression.

Un critère de moindre carré entre les deux courbes est aussi utilisé. Sa valeur est de : $0,0824$.

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

4 Modélisation B

Cette modélisation test les éléments quadratiques avec la loi de comportement VMIS_ISOT_LINE.

4.1 Caractéristiques de la modélisation

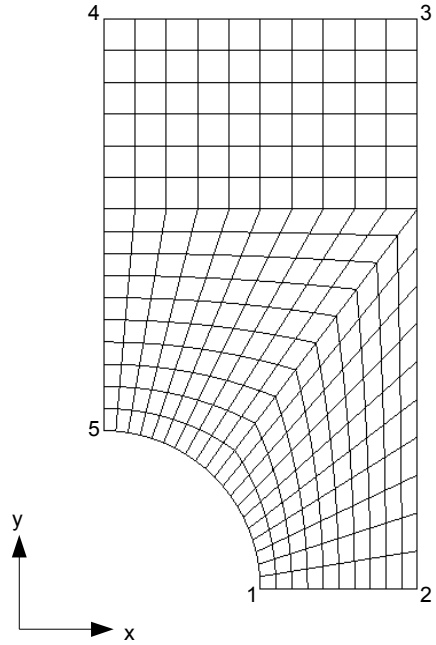


Figure 4.1-a: Maillage de la modélisation B

Modélisation : D_PLAN

Conditions aux limites :

- $DX = 0.0\,mm$ sur 45 ,
- $DY = 0.0\,mm$ sur 12 ,
- $DY = 0.3\,mm$ sur 34 .

4.2 Caractéristiques du maillage

Le nombre de nœuds est de 297. Le maillage est constitué d'éléments quadrangulaires linéaires :

- SEG2 : 92
- QUAD4 : 260

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

4.3 Grandeurs testées et résultats

La figure 4.4-1 représente les courbes force – déplacement calculées avec les deux méthodes. Les valeurs testées sont des différences d'effort entre les deux méthodes à différents instants.

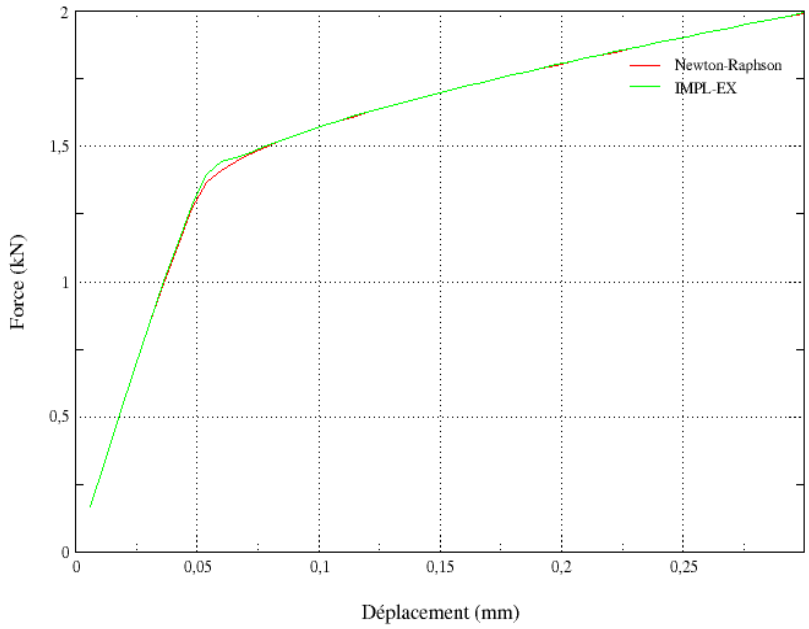


Figure 4.3-a: Courbes force – déplacement

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,04	1,66E-016
0,08	-3,32E-005
0,12	-6,75E-003
0,16	-1,22E-002
0,2	-3,40E-003
0,32	-1,58E-003
0,4	-5,70E-004
0,6	-2,47E-004
0,8	-1,43E-004
1	-1,21E-004

Ces valeurs sont testées en non régression.

Un critère de moindre carré entre les deux courbes est aussi utilisé. Sa valeur est de : 0,0949E-001 .

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

5 Modélisation D

Cette modélisation teste les éléments triangulaires avec ENDO_ISOT_BETON

5.1 Caractéristiques de la modélisation et maillages

Les caractéristiques de cette modélisation sont identiques à celles utilisées pour la modélisation A .

5.2 Grandeurs testées et résultats

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,04	3,60E-15
0,08	3,10E-15
0,12	7,10E-15
0,16	2,20E-15
0,2	1,11E-14
0,32	5,00E-01
0,4	3,50E+00
0,6	5,70E-01
0,8	6,30E-01
1	6,60E-01

Ces valeurs sont testées en non régression.

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

6 Modélisation E

Cette modélisation teste les éléments triangulaires avec VMIS_ISOT_LINE et teste de plus la méthode automatique de gestion du pas de temps avec le paramètre MODE_CALCUL_TPLUS = IMPLEX.

6.1 Caractéristiques de la modélisation et maillages

Les caractéristiques de cette modélisation sont identiques à celles utilisées pour la modélisation A .

6.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'écart entre les courbes force – déplacement calculées avec les deux méthodes (IMPLEX et Newton). Les valeurs testées sont des différences d'effort entre les deux méthodes à différents instants.

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,12	2,50E-04
0,32	6,68E+00
0,6	1,77E+00
1	1,14E+00

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

7 Modélisation F

Cette modélisation est identique à la modélisation E qui teste l'utilisation la méthode automatique de gestion du pas de temps avec le paramètre MODE_CALCUL_TPLUS = ITER_NEWTON.

7.1 Caractéristiques de la modélisation et maillages

Les caractéristiques de cette modélisation sont identiques à celles utilisées pour la modélisation A .

7.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'écart entre les courbes force – déplacement calculées avec les deux méthodes (IMPLEX et Newton). Les valeurs testées sont des différences d'effort entre les deux méthodes à différents instants.

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,12	2,50E-04
0,32	6,68E+00
0,6	1,77E+00
1	1,14E+00

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

8 Modélisation G

Cette modélisation est une copie de la modélisation E qui teste l'utilisation la méthode automatique de gestion du pas de temps avec le paramètre MODE_CALCUL_TPLUS = DELTA_GRANDEUR.

8.1 Caractéristiques de la modélisation et maillages

Les caractéristiques de cette modélisation sont identiques à celles utilisées pour la modélisation A .

8.2 Grandeurs testées et résultats

On teste l'écart entre les courbes force – déplacement calculées avec les deux méthodes (IMPLEX et Newton). Les valeurs testées sont des différences d'effort entre les deux méthodes à différents instants.

Instant (s)	Écart entre les deux courbes (kN)
0,12	2,50E-04
0,32	6,68E+00
0,6	1,77E+00
1	1,14E+00

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

9 Synthèse des résultats

Les résultats des simulations avec la méthode IMPLEX sont très proches de ceux obtenus avec la méthode de Newton-Raphson, avec les 4 lois de comportement et la méthode de gestion automatique du pas de temps. Comme indiqué dans [1], la seule différence observée est l'apparition d'une sur-contrainte lors de l'initiation de la plasticité. Ce phénomène disparaît lors du raffinement de la discrétisation temporelle.

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