SSNV504 - Extrusion d'un lopin

Résumé :

Ce test simule l'extrusion (sans frottement) d'un lopin, cas fréquemment rencontré dans les études industrielles de mise en forme. L'intérêt de ce test est principalement de valider le "passage" de singularités géométriques (angles aigus et obtus) et de tester la prise en compte de deux zones de contact (contact multi-zones).

Les modélisations retenues sont les suivantes :

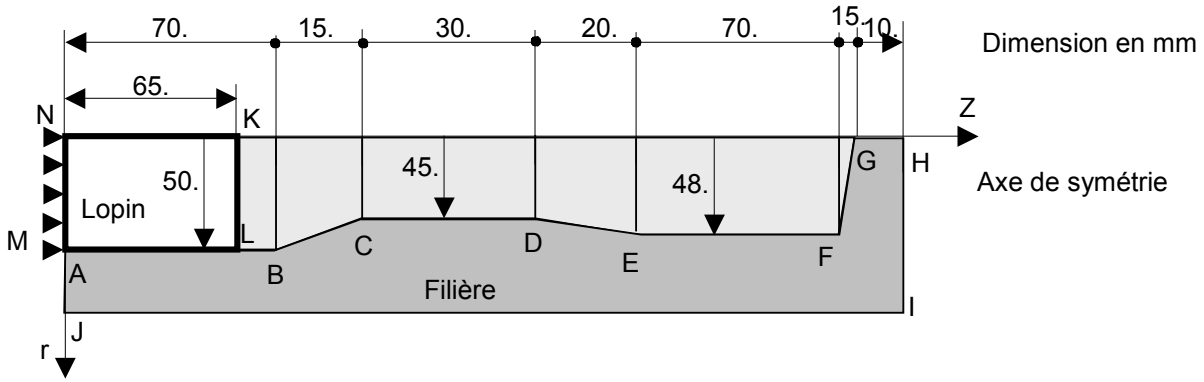
- Modélisation A (AXIS) : CONTACT nœud maille, associé à des mailles SEG2,
- Modélisation B (3D) : CONTACT nœud maille, associé à des mailles QUAD4,
- Modélisation C (AXIS) : CONTACT nœud maille GLISSIERE, associé à des mailles SEG2,
- Modélisation D (AXIS) : CONTACT, méthode CONTINUE associée à des mailles SEG2,
- Modélisation E (AXIS) : CONTACT nœud maille GLISSIERE, associé à des mailles SEG3,
- Modélisation F (3D) : CONTACT nœud maille GLISSIERE, associé à des mailles QUAD4,
- Modélisation G (3D) : CONTACT nœud maille GLISSIERE, associé à des mailles QUAD8,
- Modélisation H (2D) : CONTACT, méthode CONTINUE associée à des SEG3,
- Modélisation I (AXIS) : CONTACT GLISSIERE, méthode CONTINUE associée à des SEG3,
- Modélisation J (AXIS) : CONTACT GLISSIERE, méthode CONTINUE associée à des QUAD4

Les modélisations avec GLISSIÈRE permettent de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



1.2 Propriétés du matériau

Lopin :

- $E = 5000.\,MPa$ Module d'Young
- $\nu = 0.45$ Coefficient de poisson

Filière :

- $E = 200\,000.\,MPa$ Module d'Young
- $\nu = 0.3$ Coefficient de poisson

Lopin/filière

- $\mu = 0$ Coefficient de frottement

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites : lignes HI, IJ et JA encastrées

Chargement : Pilotage en déplacement imposé sur la face arrière du lopin

1.4 Conditions initiales

Sans objet.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

L'objectif de ce cas-test est d'analyser la faisabilité du calcul en axisymétrique et en $3D$.

2.2 Résultats de référence

Aucune valeur de référence n'est disponible. Les valeurs de référence qui seront retenues pour tester les versions futures de *Code_Aster* sont celles obtenues lors de la première exécution avec la modélisation A et qui seront jugées acceptables. Les valeurs de référence analysées sont les déplacements de la face avant du lopin.

Lopin (localisation)	Déplacement (mm)	Commentaires
K	5.000	Lopin au voisinage du point B de la filière
K	20.825	Lopin au voisinage du point C de la filière
K	55.880	Lopin au voisinage du point D de la filière
K	78.690	Lopin au voisinage du point E de la filière
K	144.895	Lopin au voisinage du point F de la filière
K	155.096	Lopin au point G de la filière

Pour le calcul avec vérification du contact sans calcul (option `RESOLUTION='NON'`), on teste le déplacement de la face avant du lopin et l'interpénétration des surfaces.

Lopin (localisation)	Déplacement (mm)	Commentaires
K	155.096	Lopin au point G de la filière

Lopin (localisation)	Interpénétration (mm)	Instant
L	-5.0	100.0
L	-2.0	155.0

2.3 Incertitudes sur la solution

Inférieure à 0.1%

2.4 Références bibliographiques

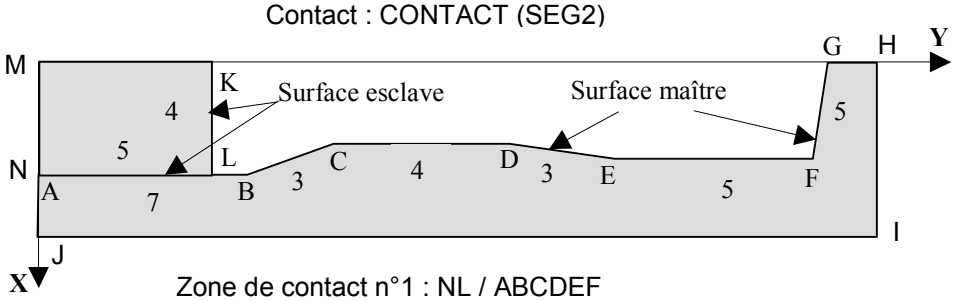
Aucune

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments linéaires).

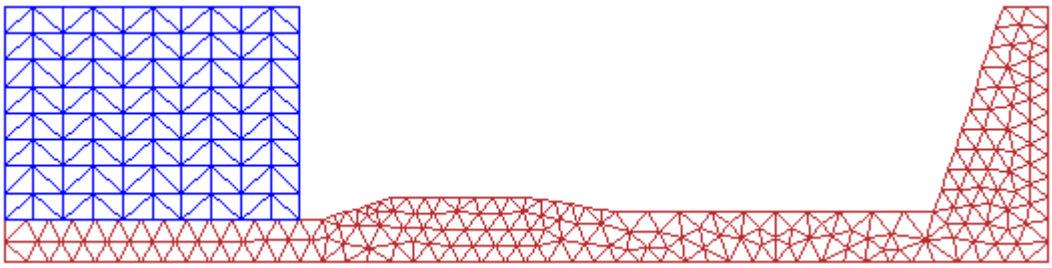


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF
Zone de contact n°2 : LK / FG

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).

3.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 333
Nombre de mailles : 510 TRIA3 et 152 SEG2
Nombre de nœuds en contact : 20

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	0.1%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	0.2%

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	78.6900	0.1%
Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	144.8950	0.1%
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	0.1%

Vérification du mode RESOLUTION='NON' :

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	0.1%
Jeu LC	'ANALYTIQUE'	-5.0000	0.1%
Jeu LE	'ANALYTIQUE'	-2.0000	0.1%

3.4 Remarques

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de 0.mm à 5.mm en 5 pas
- de 5.mm à 20.mm en 5 pas
- de 20.mm à 50.mm en 5 pas
- de 50.mm à 70.mm en 5 pas
- de 70.mm à 140.mm en 5 pas
- de 140.mm à 155.mm en 5 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

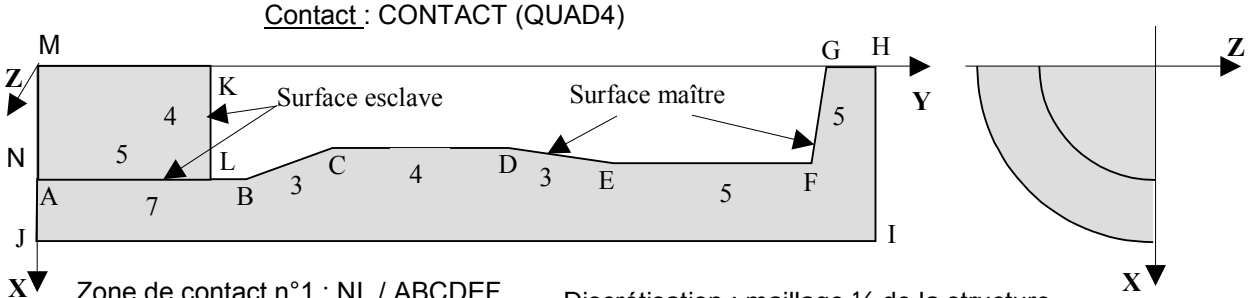
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

Solide : Modélisation 3D (HEXA8, PENTA6)
Contact : CONTACT (QUAD4)



Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF
Zone de contact n°2 : LK / FG

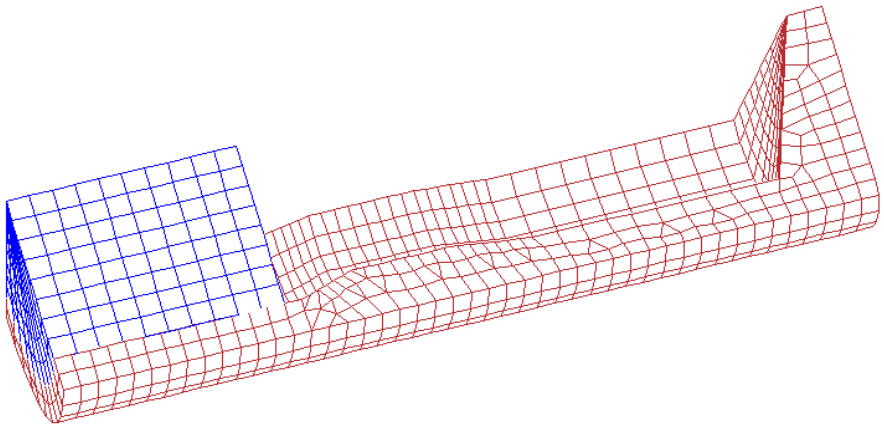
Discrétisation : maillage ¼ de la structure

Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- 'FIL_EXT' : groupe des nœuds situés sur la surface extérieure de la filière (HI, IJ, JA)
  => DX=0., DY =0., DZ=0.
- 'FIL_SYM1' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'FIL_SYM2' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan YOZ : DX=0.
- 'LOP_SYM1' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'LOP_SYM2' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan YOZ : DX=0
- 'LOP_DDL' : Groupe des nœuds situés sur la face arrière du lopin : DY =1

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).

4.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 3292
Nombre de mailles : 2150 HEXA8, 260 PENTA6, 1814 QUAD4 et 68 TRIA3
Nombre de nœuds en contact : 210

4.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	1.0%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	1.0%
Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	78.6900	1.0%
Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	144.8950	1.0%
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	1.0%

On teste le nombre d'itérations de Newton quand le point K du lopin est en face des points B, C, D, E, F et G de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ITER_GLOB / Point B	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point C	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point D	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point E	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point F	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point G	'NON_REGRESSION'	2	0.00%

4.4 Remarques

- Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :
  - de $0.mm$ à $5.mm$ en 5 pas
  - de $5.mm$ à $15.mm$ en 10 pas
  - de $5.mm$ à $20.mm$ en 5 pas
  - de $20.mm$ à $50.mm$ en 5 pas
  - de $50.mm$ à $70.mm$ en 10 pas
  - de $70.mm$ à $140.mm$ en 35 pas
  - de $140.mm$ à $155.mm$ en 15 pas
- Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

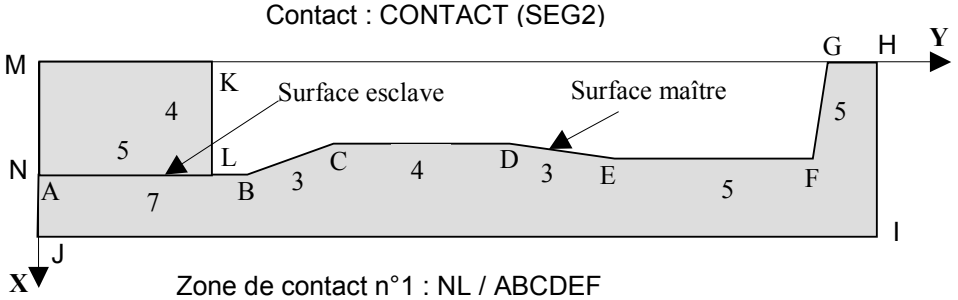
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments linéaires).

Solide : Modélisation AXIS (TRIA3)
Contact : CONTACT (SEG2)

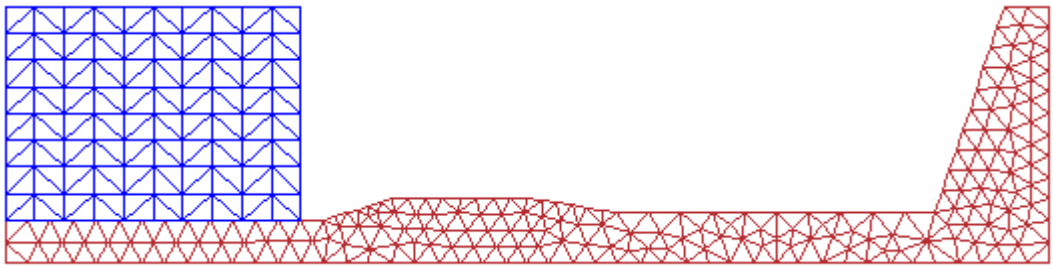


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).
On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

5.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 333
Nombre de mailles : 510 TRIA3 et 152 SEG2
Nombre de nœuds en contact : 20

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point F - DY	'NON_REGRESSION'	144.2240	0.1%

5.4 Remarques

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.mm$ à $5.mm$ en 5 pas
- de $5.mm$ à $20.mm$ en 5 pas
- de $20.mm$ à $50.mm$ en 5 pas
- de $50.mm$ à $70.mm$ en 5 pas
- de $70.mm$ à $140.mm$ en 5 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

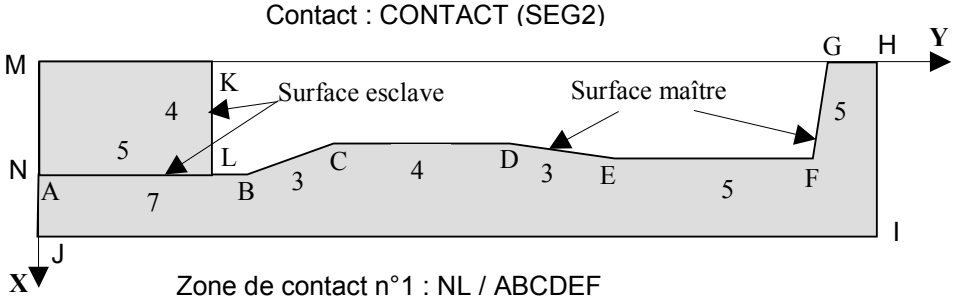
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments linéaires).

Solide : Modélisation AXIS (TRIA3)
Contact : CONTACT (SEG2)

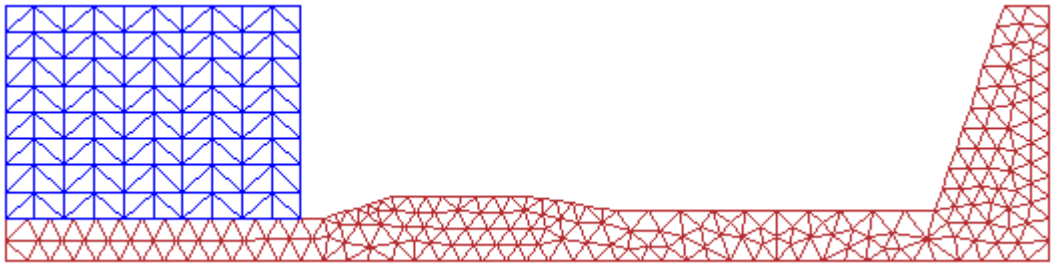


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF
Zone de contact n°2 : LK / FG

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation continue du contact.

6.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 333
Nombre de mailles : 510 TRIA3 et 152 SEG2
Nombre de nœuds en contact : 20

6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	0.2%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	0.2%
Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	78.6900	0.1%

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	144.8950	0.1%
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	0.1%

On teste le nombre d'itérations de Newton quand le point K du lopin est en face des points B, C, D, E, F et G de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ITER_GLOB / Point B	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point C	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point D	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point E	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point F	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point G	'NON_REGRESSION'	1	0.00%

On teste l'état du contact (champ VALE_CONT) quand le point K du lopin est en face des points compris entre E et F et tous les 5mm.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
CONT / Point E	'NON_REGRESSION'	0	0.00%
CONT / Point E + 5mm	'NON_REGRESSION'	0	0.00%
CONT / Point E + 10mm	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
CONT / Point E + 15mm	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
CONT / Point F	'NON_REGRESSION'	2	0.00%

Les deux premiers points ne sont pas en contact.

6.4 Remarques

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.\text{mm}$ à $5.\text{mm}$ en 5 pas
- de $5.\text{mm}$ à $20.\text{mm}$ en 5 pas
- de $20.\text{mm}$ à $50.\text{mm}$ en 5 pas
- de $50.\text{mm}$ à $70.\text{mm}$ en 5 pas
- de $70.\text{mm}$ à $140.\text{mm}$ en 5 pas
- de $140.\text{mm}$ à $155.\text{mm}$ en 5 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

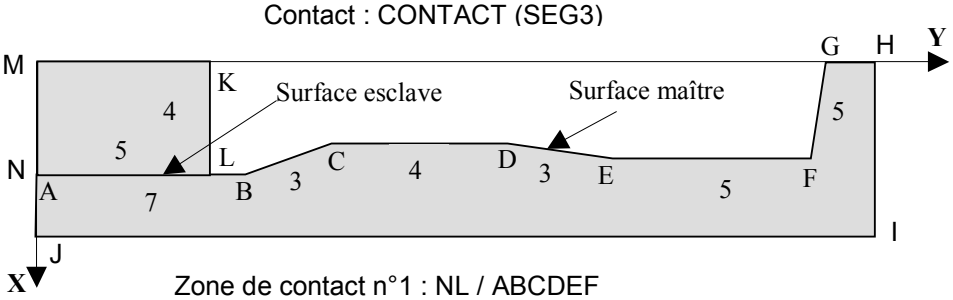
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation AXIS (TRIA6)
Contact : CONTACT (SEG3)

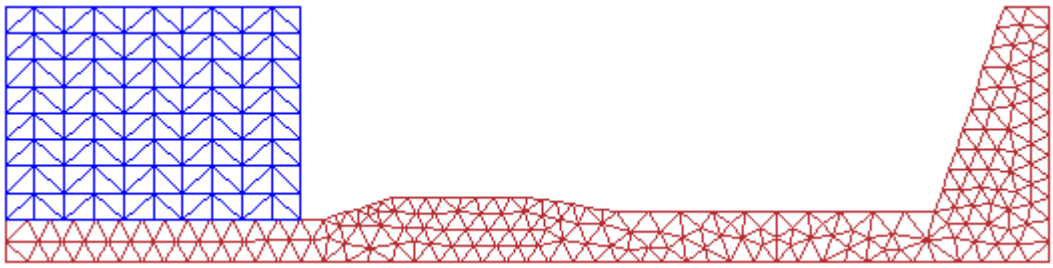


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).
On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

7.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 1174
Nombre de mailles : 510 TRIA6 et 152 SEG3
Nombre de nœuds en contact : 21

7.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C.
On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point F - DY	'NON_REGRESSION'	144.2240	0.1%

7.4 Remarques

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.mm$ à $5.mm$ en 5 pas
- de $5.mm$ à $20.mm$ en 5 pas
- de $20.mm$ à $50.mm$ en 5 pas
- de $50.mm$ à $70.mm$ en 5 pas
- de $70.mm$ à $140.mm$ en 5 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

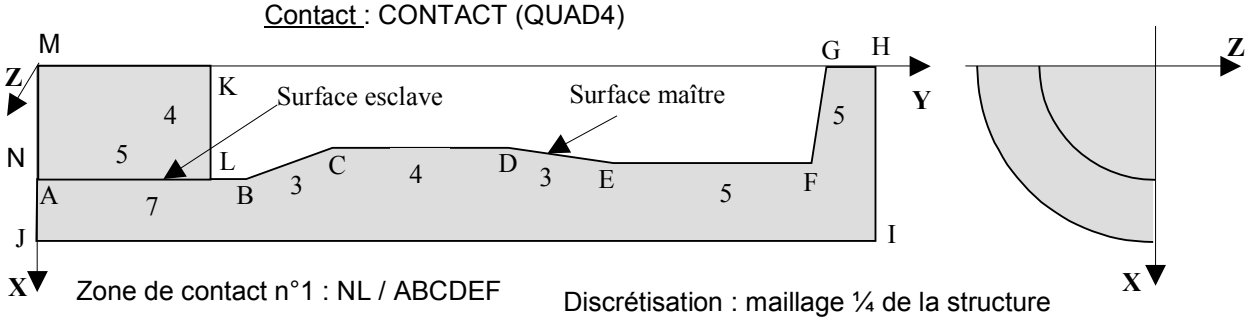
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

Solide : Modélisation 3D (HEXA8, PENTA6)
Contact : CONTACT (QUAD4)



Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF

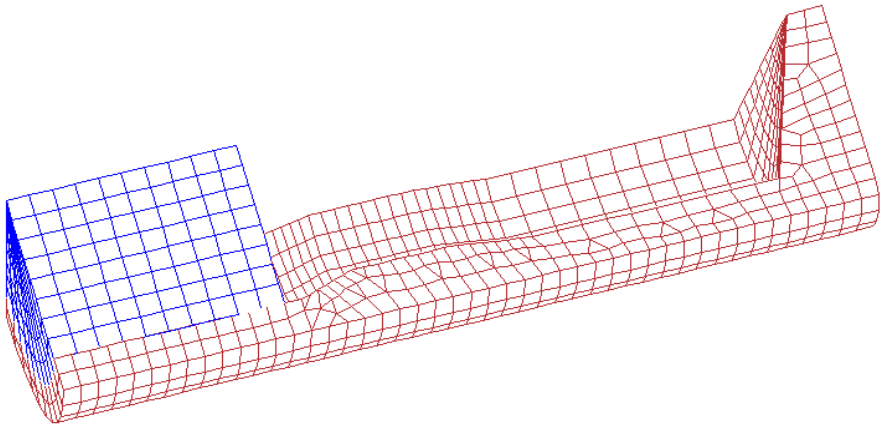
Discrétisation : maillage ¼ de la structure

Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- 'FIL_EXT' : groupe des nœuds situés sur la surface extérieure de la filière (HI, IJ, JA)
  => DX=0., DY =0., DZ=0.
- 'FIL_SYM1' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'FIL_SYM2' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan YOZ : DX=0.
- 'LOP_SYM1' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'LOP_SYM2' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan YOZ : DX=0
- 'LOP_DDL' : Groupe des nœuds situés sur la face arrière du lopin : DY =1

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).
On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

8.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 3292
Nombre de mailles : 2150 HEXA8, 260 PENTA6, 1814 QUAD4 et 68 TRIA3
Nombre de nœuds en contact : 210

8.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C. On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	1.0%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	1.8%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	1.1%
Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	78.6900	1.0%
Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	144.8950	1.0%
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	3.0%

On teste le nombre d'itérations de Newton quand le point K du lopin est en face des points B, C, D, E, F et G de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ITER_GLOB / Point B	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point C	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point D	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point E	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point F	'NON_REGRESSION'	3	0.00%
ITER_GLOB / Point G	'NON_REGRESSION'	3	0.00%

8.4 Remarques

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.\mathrm{mm}$ à $5.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $5.\mathrm{mm}$ à $15.\mathrm{mm}$ en 10 pas
- de $15.\mathrm{mm}$ à $20.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $20.\mathrm{mm}$ à $50.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $50.\mathrm{mm}$ à $70.\mathrm{mm}$ en 10 pas
- de $70.\mathrm{mm}$ à $140.\mathrm{mm}$ en 35 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

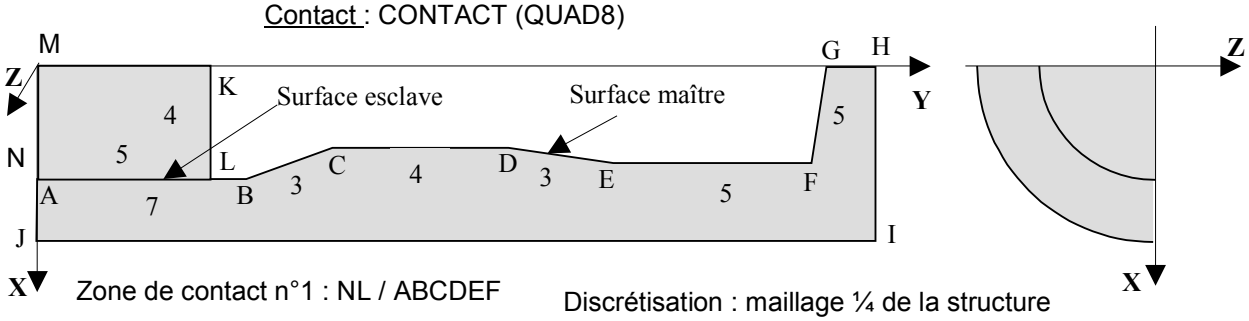
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation 3D (HEXA20, PENTA15)
Contact : CONTACT (QUAD8)



Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF

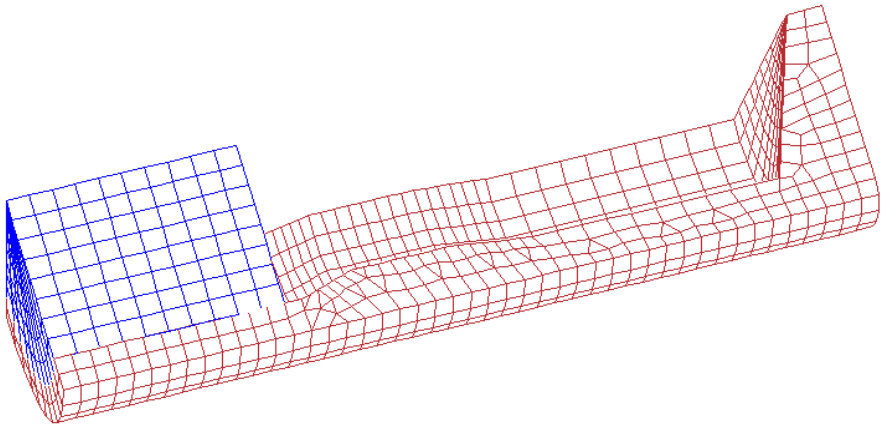
Discrétisation : maillage ¼ de la structure

Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- 'FIL_EXT' : groupe des nœuds situés sur la surface extérieure de la filière (HI, IJ, JA)
  => DX=0., DY =0., DZ=0.
- 'FIL_SYM1' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'FIL_SYM2' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan YOZ : DX=0.
- 'LOP_SYM1' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'LOP_SYM2' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan YOZ : DX=0
- 'LOP_DDL' : Groupe des nœuds situés sur la face arrière du lopin : DY =1

On utilise la formulation discrète du contact (méthode des contraintes actives).
On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

9.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 12213
Nombre de mailles : 2150 HEXA20, 260 PENTA15, 1814 QUAD8 et 68 TRIA6
Nombre de nœuds en contact : 341

9.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C. On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	1.0%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	2.0%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	2.0%
Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	78.6900	1.0%
Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	144.8950	1.0%
Point K / Point G - DY	'ANALYTIQUE'	155.0960	5.0%

On teste le nombre d'itérations de Newton quand le point K du lopin est en face des points B, C, D, E, F et G de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ITER_GLOB / Point B	'NON_REGRESSION'	2	0.00%
ITER_GLOB / Point C	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point D	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point E	'NON_REGRESSION'	4	0.00%
ITER_GLOB / Point F	'NON_REGRESSION'	3	0.00%
ITER_GLOB / Point G	'NON_REGRESSION'	4	0.00%

9.4 Remarques

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.\mathrm{mm}$ à $5.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $5.\mathrm{mm}$ à $15.\mathrm{mm}$ en 10 pas
- de $15.\mathrm{mm}$ à $20.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $20.\mathrm{mm}$ à $50.\mathrm{mm}$ en 5 pas
- de $50.\mathrm{mm}$ à $70.\mathrm{mm}$ en 10 pas
- de $70.\mathrm{mm}$ à $140.\mathrm{mm}$ en 35 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

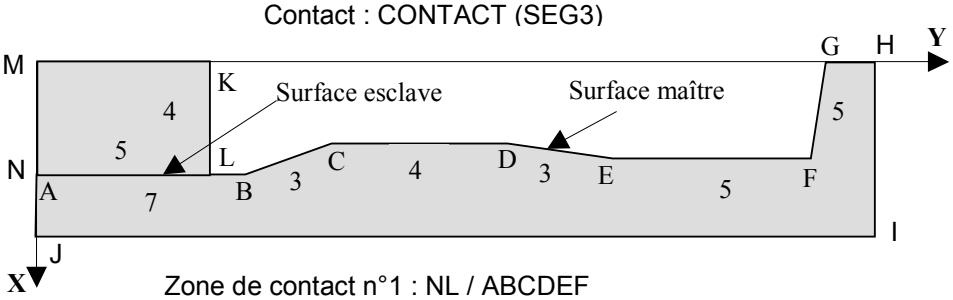
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation AXIS (TRIA6)
Contact : CONTACT (SEG3)

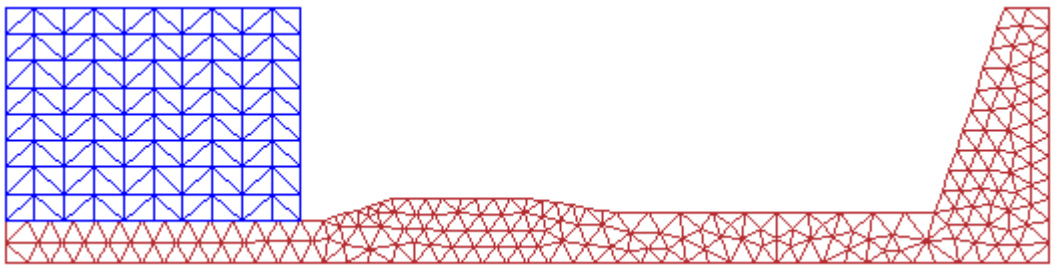


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation continue du contact. Ce cas-test présente des phénomènes de flip-flop (oscillations du statut du contact liées à un contact de type « rasant »), pour éviter ce problème, on avance le lopin de 10mm au premier pas, la zone BC comprimant le lopin, il n'y a plus de problème.

10.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 1174
Nombre de mailles : 510 TRIA6 et 152 SEG3
Nombre de nœuds en contact : 21

10.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C.
On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'NON_REGRESSION'	10,12	0.1%
Point K / Point F - DY	'NON_REGRESSION'	155,08	0.1%

10.4 Remarques

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN) .
Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

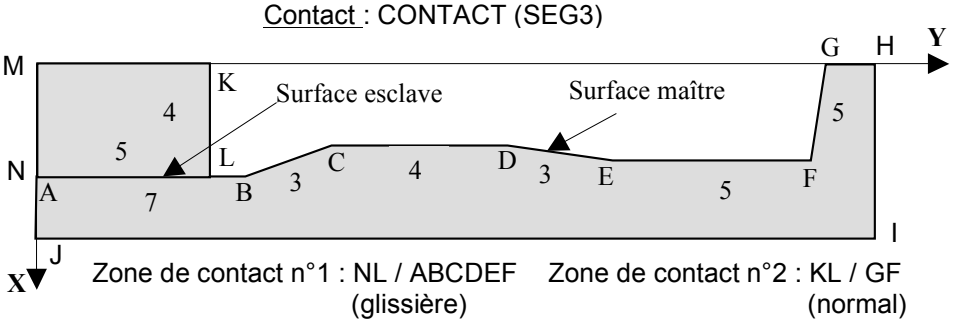
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

11 Modélisation I

11.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation AXIS (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation AXIS (TRIA6)
Contact : CONTACT (SEG3)

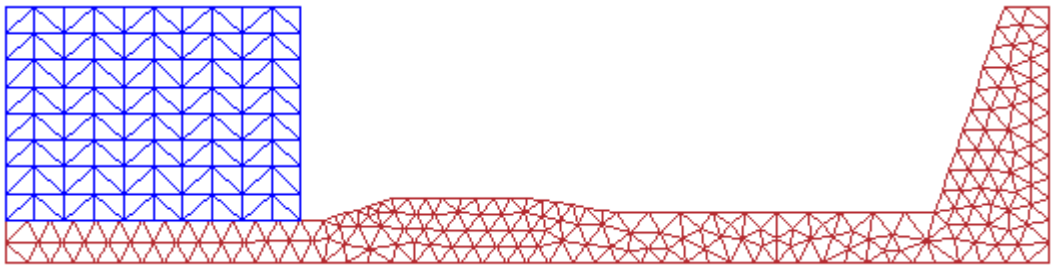


Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF (glissière)
Zone de contact n°2 : KL / GF (normal)

Conditions limites :
- cotés JA, IJ, HI : DX=0., DY=0.
- coté MN : DY=1.

On utilise la formulation continue du contact. Ce cas-test sert à valider la fonctionnalité CONTACT_INIT = 'INTERPENETRE'. On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

11.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 1174
Nombre de mailles : 510 TRIA6 et 152 SEG3
Nombre de nœuds en contact : 38

11.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C.
On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.1%
Point K / Point F - DY	'NON_REGRESSION'	144.9480	0.1%

11.4 Remarques

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0.mm$ à $5.mm$ en 5 pas
- de $5.mm$ à $20.mm$ en 15 pas
- de $20.mm$ à $50.mm$ en 10 pas
- de $50.mm$ à $70.mm$ en 10 pas
- de $70.mm$ à $140.mm$ en 35 pas
- de $140.mm$ à $155.mm$ en 15 pas

Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT_NON_LINE, car la valeur par défaut de RESI_GLOB_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut utiliser le mot clé RESI_GLOB_MAXI = 1.E-6.

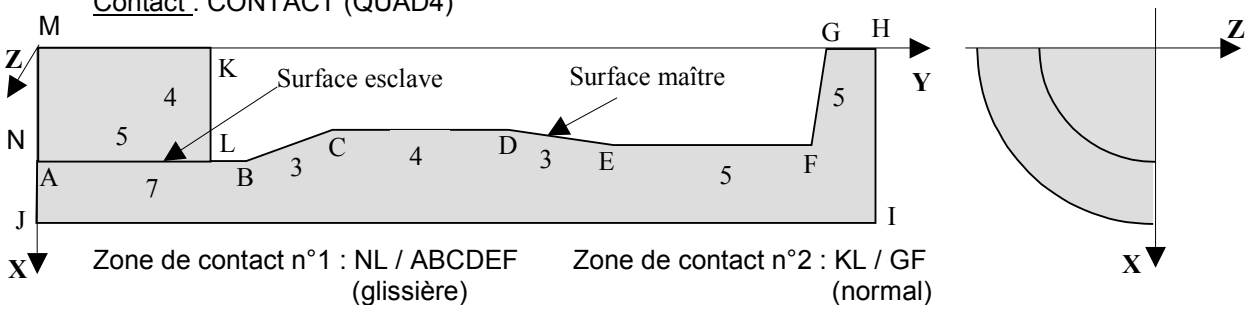
Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

12 Modélisation J

12.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

Solide : Modélisation 3D (HEXA8, PENTA6) Discrétisation : maillage ¼ de la structure
Contact : CONTACT (QUAD4)



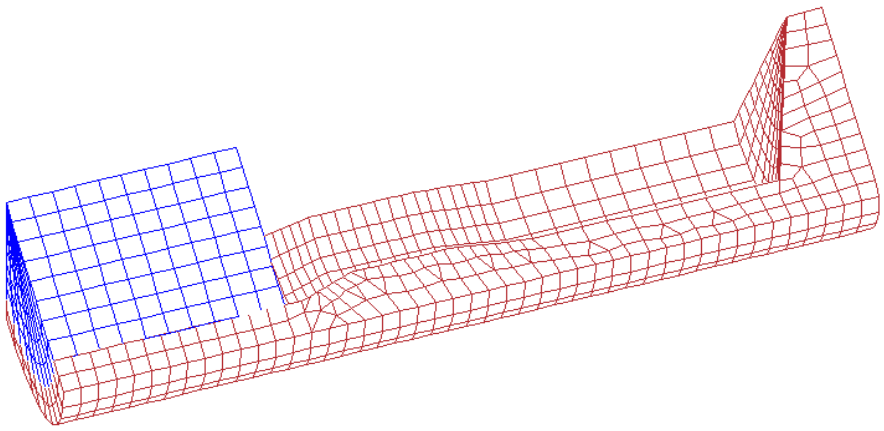
Zone de contact n°1 : NL / ABCDEF (glissière)
Zone de contact n°2 : KL / GF (normal)

Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- 'FIL_EXT' : groupe des nœuds situés sur la surface extérieure de la filière (HI, IJ, JA)
  => DX=0., DY =0., DZ=0.
- 'FIL_SYM1' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'FIL_SYM2' : Groupe des nœuds de la filière situés dans le plan YOZ : DX=0.
- 'LOP_SYM1' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan XOY : DZ=0.
- 'LOP_SYM2' : Groupe des nœuds du lopin situés dans le plan YOZ : DX=0
- 'LOP_DDL' : Groupe des nœuds situés sur la face arrière du lopin : DY =1

On utilise la formulation continue du contact. Ce cas-test sert à valider la fonctionnalité CONTACT_INIT = 'INTERPENETRE'. On utilise ici la fonction GLISSIERE qui permet de maintenir le contact tout au long de l'extrusion, de façon mathématique. Le résultat est physiquement proche de la modélisation sans glissière, puisqu'il s'agit d'une extrusion sans frottement.

12.2 Caractéristiques du maillage



Nombre de nœuds : 3292
Nombre de mailles : 2150 HEXA8, 260 PENTA6, 1814 QUAD4 et 68 TRIA63
Nombre de nœuds en contact : 210

12.3 Grandeurs testées et résultats

Les valeurs de référence sont considérées comme étant celles de la modélisation C. On teste le déplacement suivant Y du point K du lopin par rapport à la surface $ABCDEFG$ de la filière.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point K / Point B - DY	'ANALYTIQUE'	5.0000	0.10%
Point K / Point C - DY	'ANALYTIQUE'	20.8250	2,0%
Point K / Point D - DY	'ANALYTIQUE'	55.8800	1.50%
Point K / Point E - DY	'ANALYTIQUE'	140,0	0,1%
Point K / Point F - DY	'ANALYTIQUE'	155,0	0,1%

On teste le nombre d'itérations de Newton quand le point K du lopin est en face des points B, C, D, E et F de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
ITER_GLOB / Point B	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point C	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point D	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point E	'NON_REGRESSION'	1	0.00%
ITER_GLOB / Point F	'NON_REGRESSION'	1	0,00%

12.4 Remarques

Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :

- de $0\,mm$ à $20\,mm$ en 4 pas
- de $20\,mm$ à $70\,mm$ en 5 pas
- de $70\,mm$ à $140\,mm$ en 2 pas
- de $140\,mm$ à $155\,mm$ en 1 pas

Dans cette modélisation, les forces extérieures sont suffisamment importantes et l'usage d'un critère de convergence absolu n'est pas obligatoire car on a légèrement perturbé les conditions de symétrie sur le lopin.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

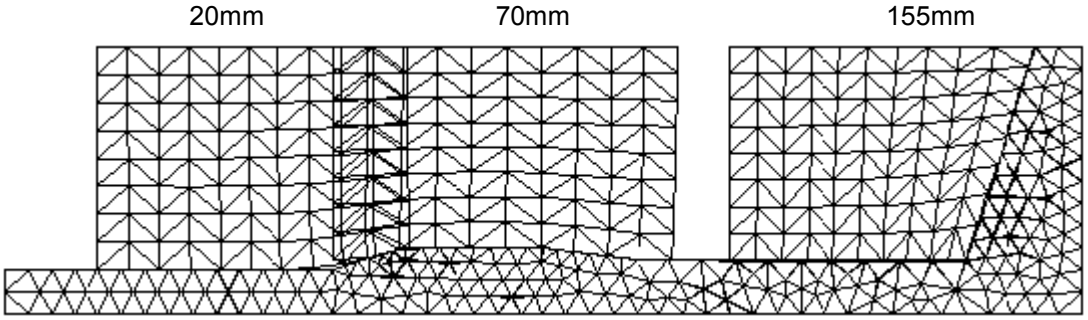
13 Synthèse des résultats

Les deux modélisations (Axisymétrique et $3D$) passent sans problème. La convergence est rapide. Les résultats entre la modélisation AXIS et la modélisation 3D sont similaires.

De la même façon, les méthodes CONTRAINTE et CONTINUE donnent des résultats également satisfaisants. Sur cet exemple, la méthode CONTINUE semble converger plus rapidement que CONTRAINTE, notamment en 3D avec GLISSIERE.

Pour le cas particulier du contact glissière : la modélisation C est alors prise comme référence. Par la méthode CONTINUE, on obtient des solutions proches de ces valeurs de référence, avec généralement un nombre d'itérations inférieur.

Sur la figure ci-dessus nous présentons la position du lopin pour un déplacement de la face arrière du lopin de $20, 70, 155\, mm$.



Ce test a permis de valider :

- le "passage" de singularités géométriques (angles aigus et obtus),
- la prise en compte de deux zones de contact (contact multi-zones),
- la modélisation d'un contact-glissière.

Copyright 2015 EDF R&D - Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)