

## 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).

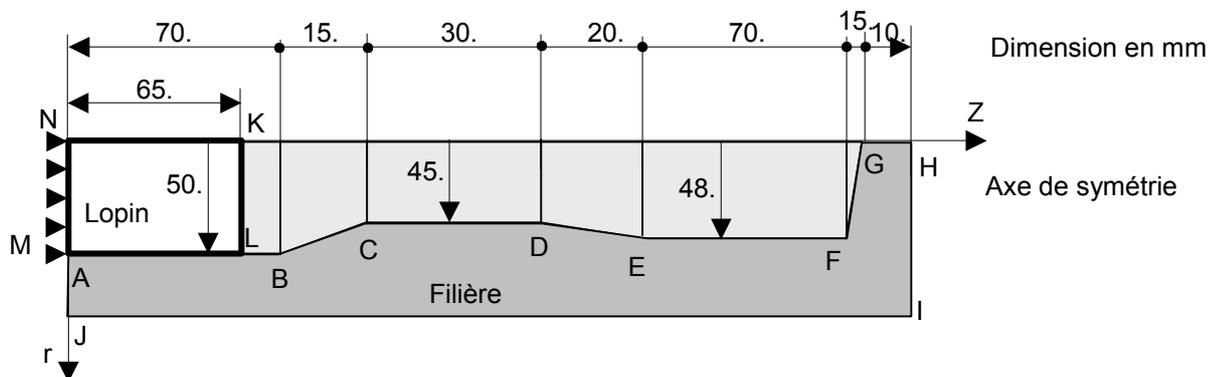
Les modélisations retenues sont les suivantes :

- 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
- Modélisation K (AXIS) : Idem à la modélisation J : ALGO\_CONT=STANDARD+PENALISATION

Les modélisations avec GLISSIERE 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.

## 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  $JA$  encastées

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

### 1.4 Conditions initiales

Sans objet.

## 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
<i>K</i>	5.000	Lopin au voisinage du point <i>B</i> de la filière
<i>K</i>	20.825	Lopin au voisinage du point <i>C</i> de la filière
<i>K</i>	55.880	Lopin au voisinage du point <i>D</i> de la filière
<i>K</i>	78.690	Lopin au voisinage du point <i>E</i> de la filière
<i>K</i>	144.895	Lopin au voisinage du point <i>F</i> de la filière
<i>K</i>	155.096	Lopin au point <i>G</i> 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
<i>K</i>	155.096	Lopin au point <i>G</i> de la filière

Lopin (localisation)	Interpénétration ( mm )	Instant
<i>L</i>	-5.0	100.0
<i>L</i>	-2.0	155.0

### 2.3 Incertitudes sur la solution

Inférieure à 0.1%

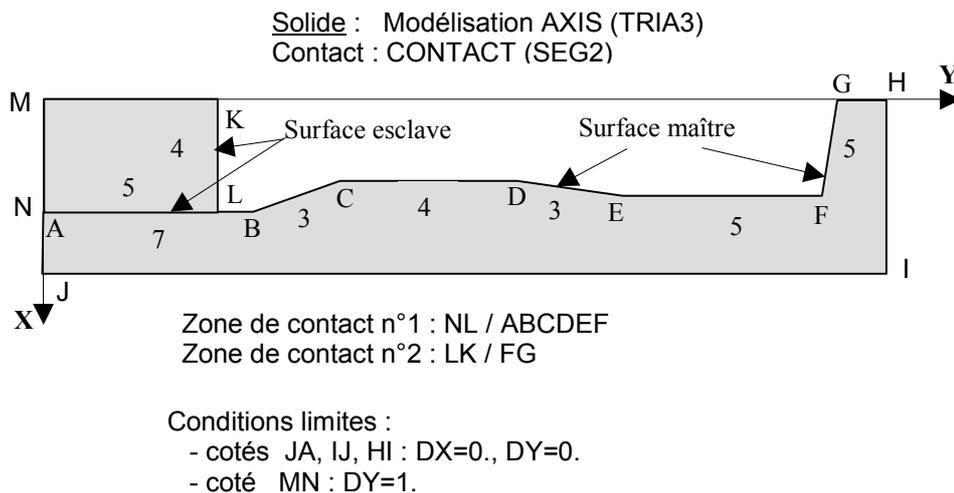
### 2.4 Références bibliographiques

Aucune

## 3 Modélisation A

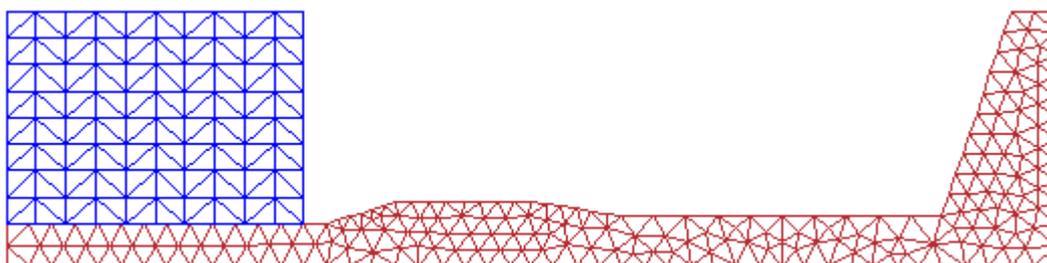
### 3.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation **AXIS** (éléments linéaires).



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 **ABCDEFGH** de la filière.

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point <b>K</b> / Point <b>B</b> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	5,0000	0.1%
Point <b>K</b> / Point <b>C</b> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	20,8250	0.1%
Point <b>K</b> / Point <b>D</b> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	55,8800	0.2%

Point <i>K</i> / Point <i>E</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	78,6900	0.1%
Point <i>K</i> / Point <i>F</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	144,8950	0.1%
Point <i>K</i> / Point <i>G</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	155,0960	0.1%

Vérification du mode RESOLUTION='NON' :

Identification	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance
Point <i>K</i> / Point <i>G</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	155,0960	0.1%
Jeu <i>LC</i>	'ANALYTIQUE'	-5,0000	0.1%
Jeu <i>LE</i>	'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.

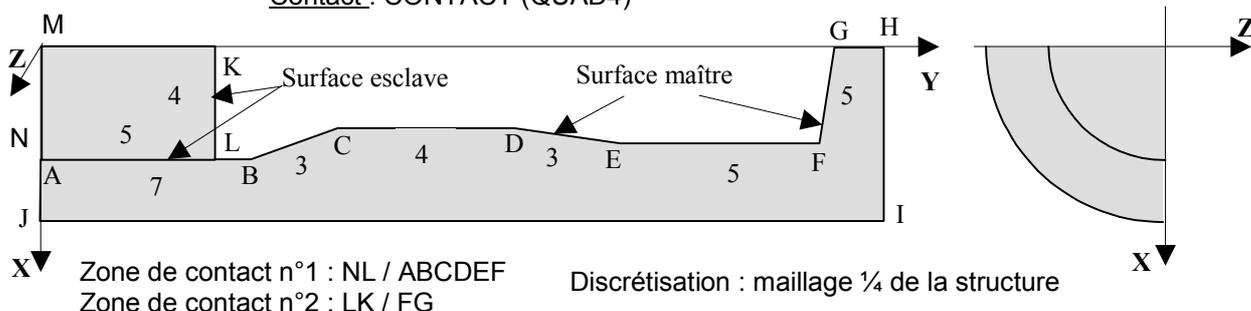
## 4 Modélisation B

### 4.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

Solide : Modélisation 3D (HEXA8, PENTA6)

Contact : CONTACT (QUAD4)

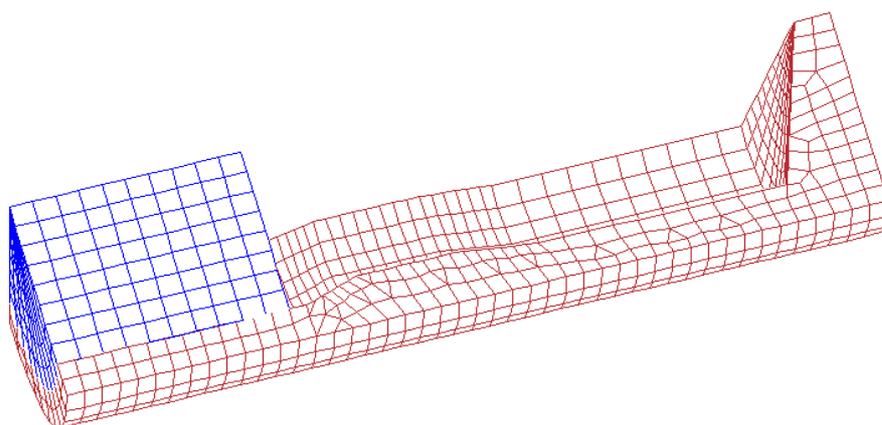


Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- '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
Point <i>K</i> / Point <i>B</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	5,0000	0.1%
Point <i>K</i> / Point <i>C</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	20,8250	1.0%
Point <i>K</i> / Point <i>D</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	55,8800	1.0%
Point <i>K</i> / Point <i>E</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	78,6900	1.0%
Point <i>K</i> / Point <i>F</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	144,8950	1.0%
Point <i>K</i> / Point <i>G</i> - <i>DY</i>	'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 <i>B</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>C</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>D</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>E</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>F</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>G</i>	'NON_REGRESSION'	2	0,00%

## 4.4 Remarques

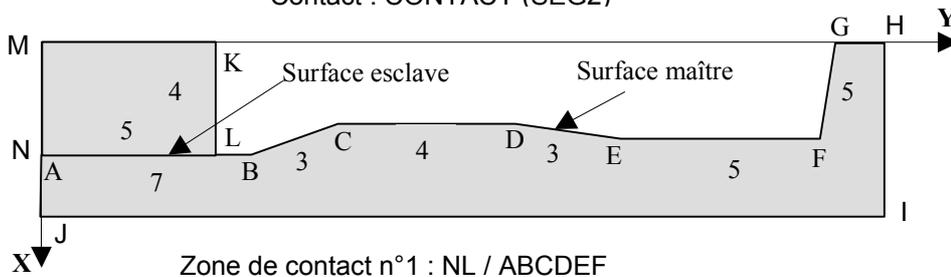
- Le calcul est effectué en imposant un déplacement sur la face arrière du lopin (MN). Le déplacement est imposé de la façon suivante :
  - de 0.mm à 5.mm en 5 pas
  - de 5.mm à 15.mm en 10 pas
  - de 5.mm à 20.mm en 5 pas
  - de 20.mm à 50.mm en 5 pas
  - de 50.mm à 70.mm en 10 pas
  - de 70.mm à 140.mm 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.

## 5 Modélisation C

### 5.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation `AXIS` (éléments linéaires).

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



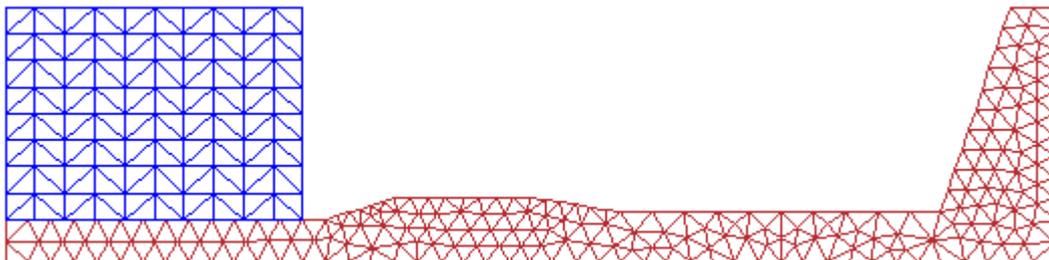
Conditions limites :

- 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

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.

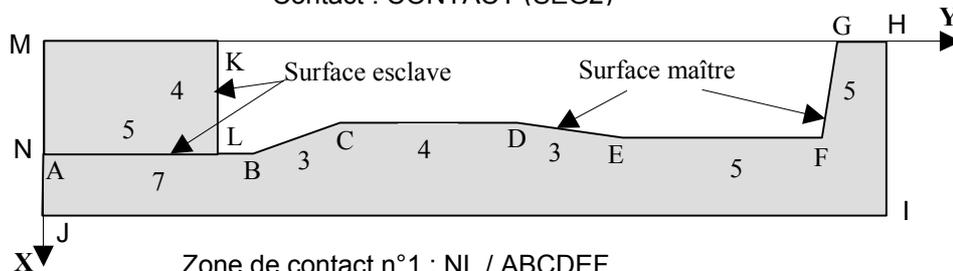
## 6 Modélisation D

### 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 $E$ -	'ANALYTIQUE'	78,6900	0.1%

<i>DY</i>			
Point <i>K</i> / Point <i>F</i> - <i>DY</i>	'ANALYTIQUE'	144,8950	0.1%
Point <i>K</i> / Point <i>G</i> - <i>DY</i>	'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 <i>B</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>C</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>D</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>E</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>F</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%
ITER_GLOB / Point <i>G</i>	'NON_REGRESSION'	1	0,00%

On teste l'état du contact (champ CONT\_NOEU) 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 <i>E</i>	'NON_REGRESSION'	0	0,00%
CONT / Point <i>E</i> + 5mm	'NON_REGRESSION'	0	0,00%
CONT / Point <i>E</i> + 10mm	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
CONT / Point <i>E</i> + 15mm	'NON_REGRESSION'	2	0,00%
CONT / Point <i>F</i>	'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.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.

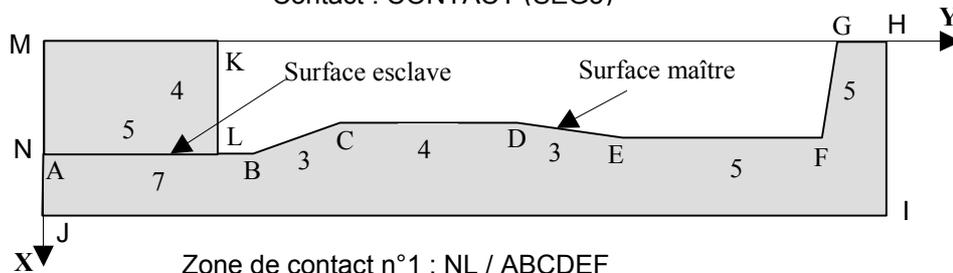
## 7 Modélisation E

### 7.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation `AXIS` (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation `AXIS` (`TRIA6`)

Contact : `CONTACT` (`SEG3`)



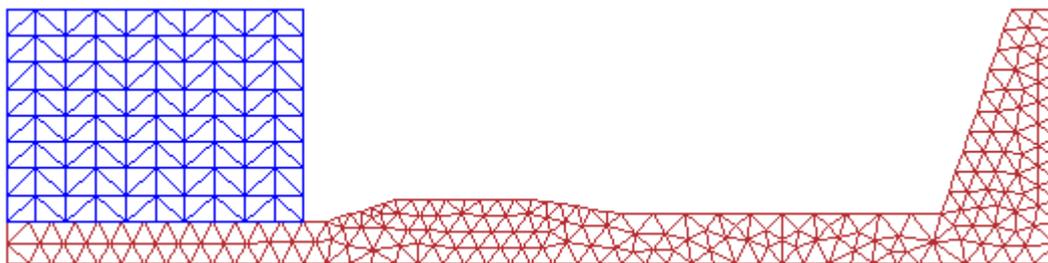
Conditions limites :

- 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  $ABCDEFGF$  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

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.

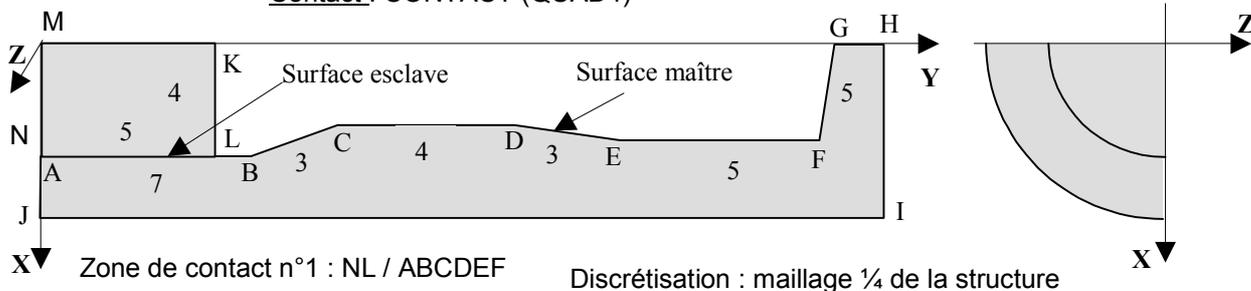
## 8 Modélisation F

### 8.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

Solide : Modélisation 3D (HEXA8, PENTA6)

Contact : CONTACT (QUAD4)



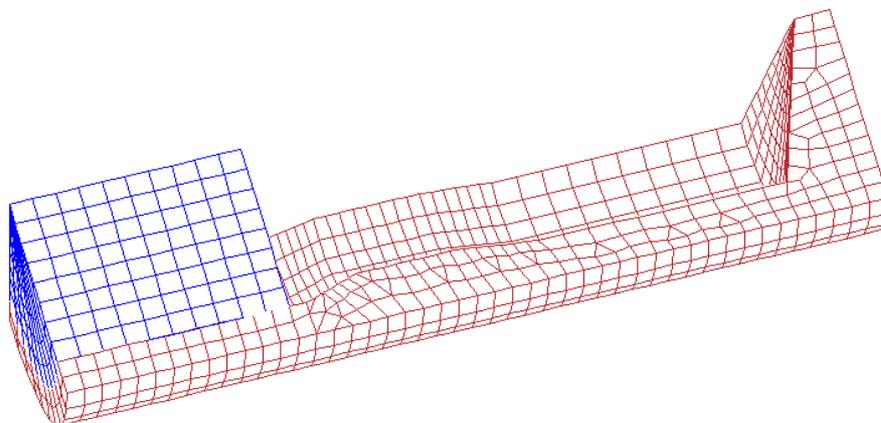
Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- '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.

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.mm à 5.mm en 5 pas
- de 5.mm à 15.mm en 10 pas
- de 15.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

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.

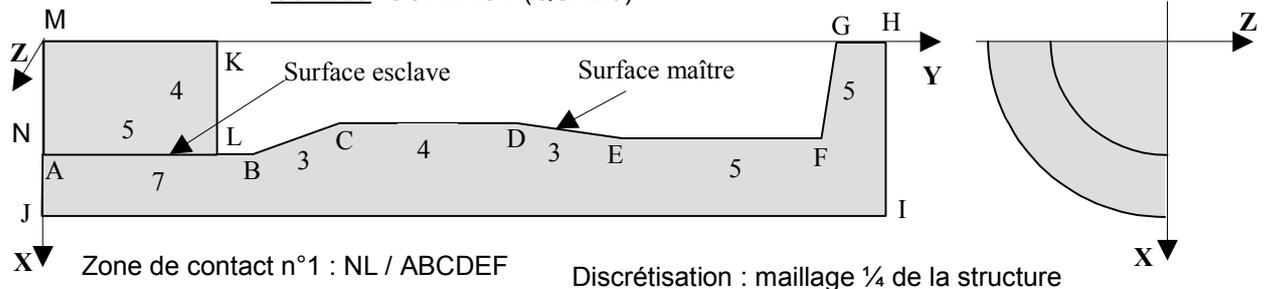
## 9 Modélisation G

### 9.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments quadratiques).

Solide : Modélisation 3D (HEXA20, PENTA15)

Contact : CONTACT (QUAD8)



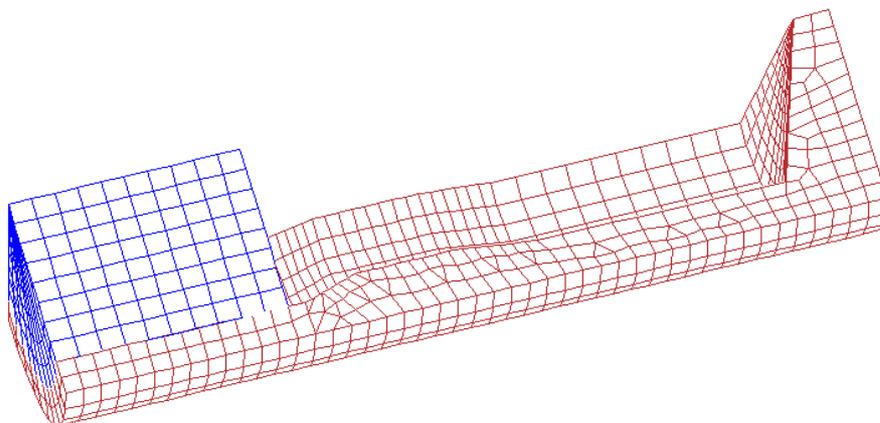
Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- '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.

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.mm à 5.mm en 5 pas
- de 5.mm à 15.mm en 10 pas
- de 15.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

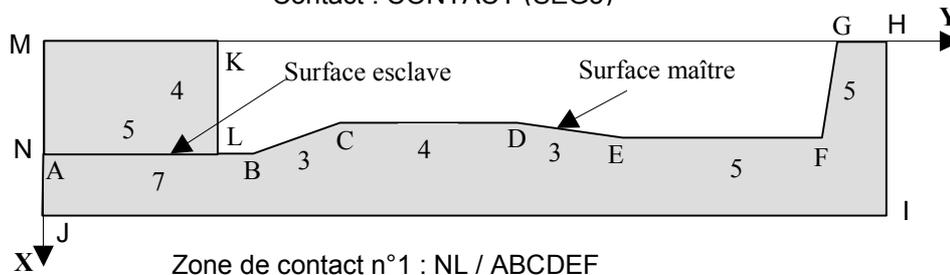
Les calculs ne convergent pas avec les mots clés par défaut utilisés pour la convergence dans STAT\_NON\_LINE, car la valeur par défaut de RESI\_GLOB\_RELA = 1.E-6 est trop contraignante (les forces auxquelles est soumis le lopin étant au départ relativement faibles). Pour pallier à ce problème, il faut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

## 10 Modélisation H

### 10.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation **AXIS** (éléments quadratiques).

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

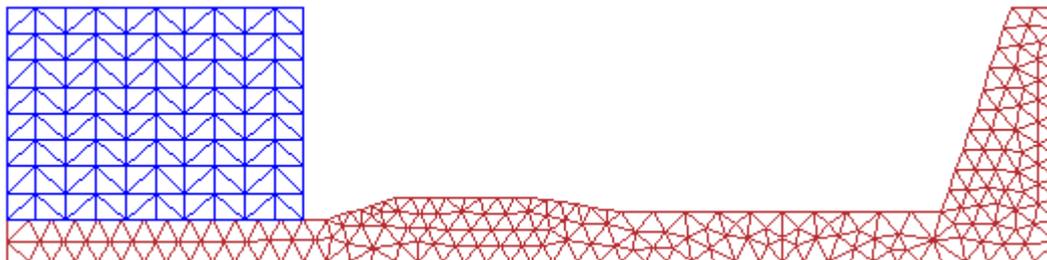


Conditions limites :

- 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

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.

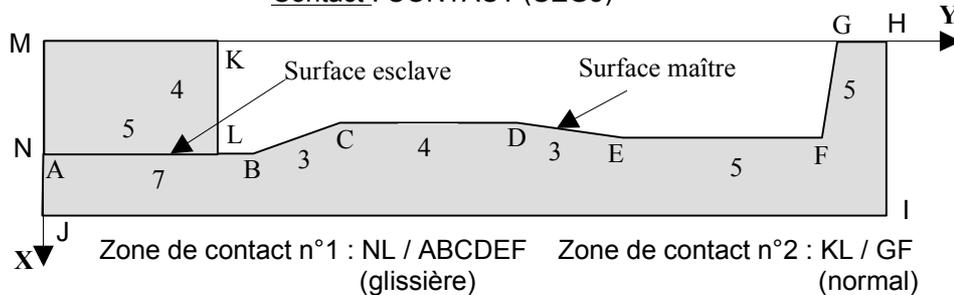
## 11 Modélisation I

### 11.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation **AXIS** (éléments quadratiques).

**Solide** : Modélisation **AXIS** (TRIA6)

**Contact** : CONTACT (SEG3)

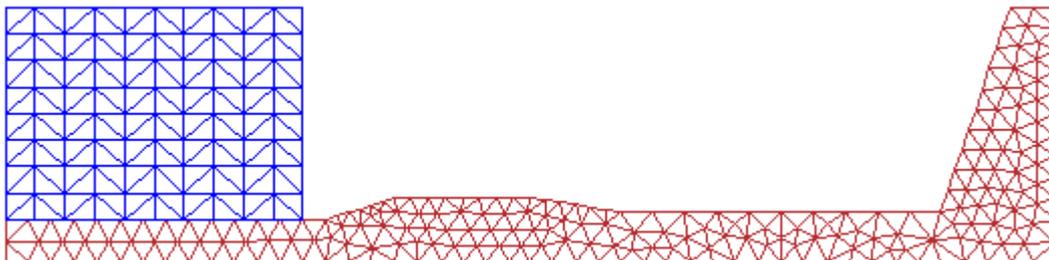


Conditions limites :

- 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  $ABCDEFGF$  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

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

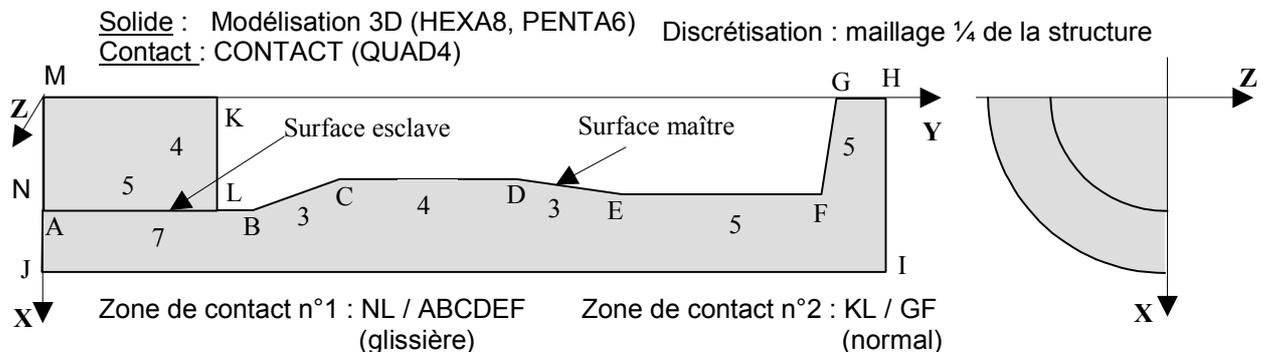
- de 0.mm à 5.mm en 5 pas
- de 5.mm à 20.mm en 15 pas
- de 20.mm à 50.mm en 10 pas
- de 50.mm à 70.mm en 10 pas
- de 70.mm à 140.mm en 35 pas
- de 140.mm à 155.mm en 15 pas

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.

## 12 Modélisation J

### 12.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

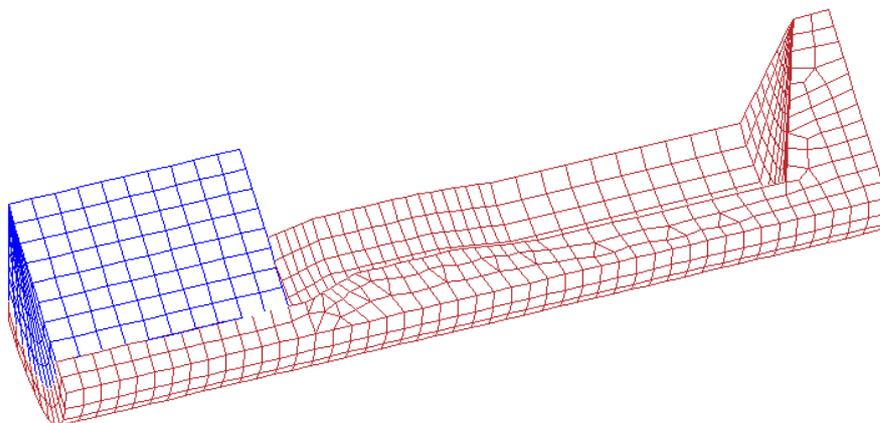


Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- '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.

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

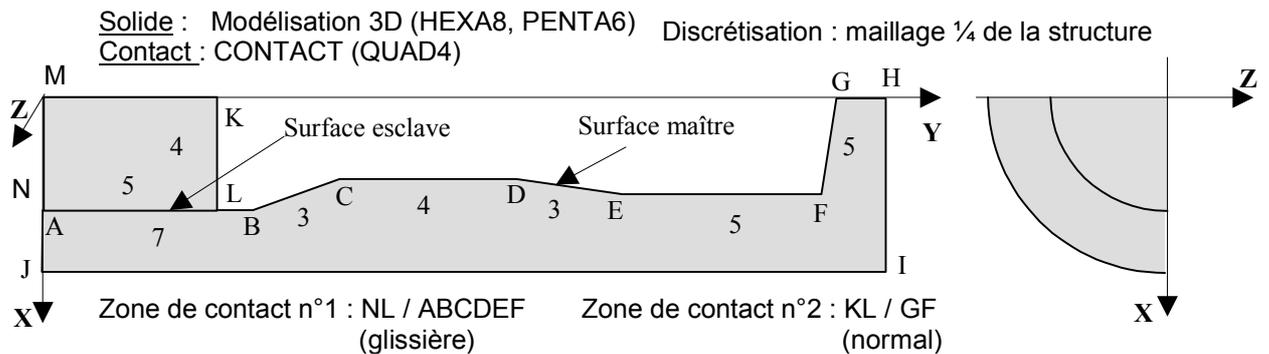
Dans cette modélisation, les forces extérieures sont suffisamment importantes et l'usage d'un critère de convergence absolu n'est pas obligatoire car on a légèrement perturbé les conditions de symétrie sur le lopin.

## 13 Modélisation K

### 13.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise les mêmes ingrédients que la modélisation J en combinant `ALGO_CONT=STANDARD` pour la zone 1 avec `GLISSIERE` avec `ALGO_CONT=PENALISATION` pour la zone 2.

On utilise une modélisation 3D (éléments linéaires).

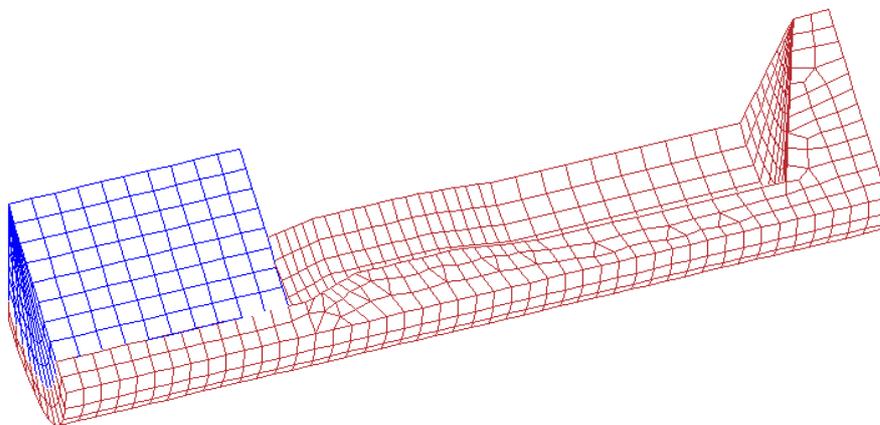


Conditions aux limites sur les groupes de nœuds suivants :

- '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.

### 13.2 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

### 13.3 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  $ABCDEFGF$  de la filière.

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	0,2%
Point $K$ / Point $F$ - $DY$	'ANALYTIQUE'	155,0	0,2%

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%

## 13.4 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.

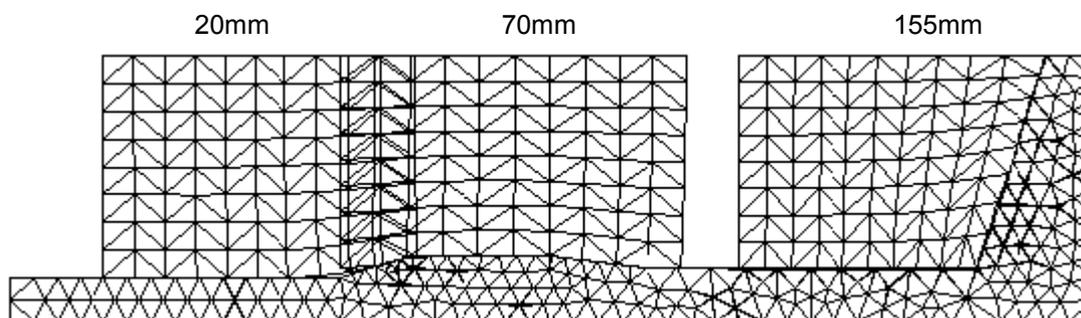
## 14 Synthèse des résultats

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.