SSNV503 - Patin glissant sur un plan rigide

Résumé :

Ce test représente un calcul de contact d'un patin glissant sur un plan rigide. L'objectif de ce test est de permettre de valider de manière certaine le calcul du critère de Coulomb et la bonne transmission de la pression.

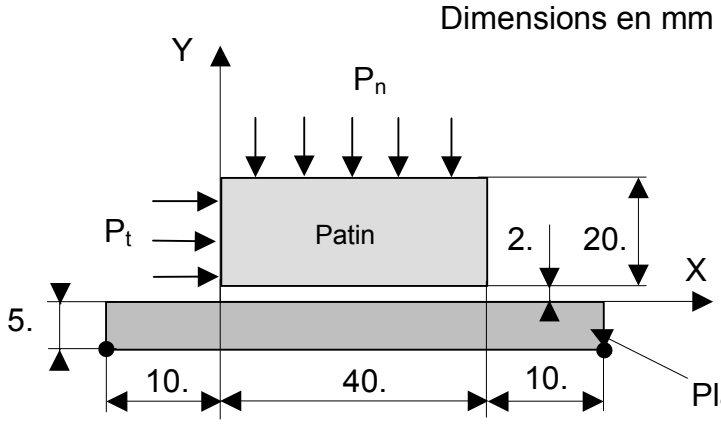
Les différentes modélisations de la zone de contact testées sont les suivantes :

- **Modélisation B** (2D) : contact nœud-maille avec méthode pénalisée et jeu défini par une fonction.
- **Modélisation C** (2D) : contact nœud-maille, méthode continue pour le contact et le frottement, jeu défini par une fonction.
- **Modélisation D** (2D) : contact nœud-maille, méthode pénalisée pour le contact et le frottement, jeu géométrique.
- **Modélisation E** (3D) : contact nœud-maille, méthode continue pour le contact et le frottement, jeu défini par une fonction.
- **Modélisation F** (3D) : contact nœud-maille, méthode pénalisée pour le contact et le frottement, jeu défini par une fonction.
- **Modélisation G** (3D) : contact nœud-maille, méthode pénalisée pour le contact et le frottement, jeu géométrique.
- **Modélisation H** (2D) : contact nœud-maille, méthode continue pour le contact et le frottement, jeu géométrique.
- **Modélisation I** (3D) : contact nœud-maille, méthode continue pour le contact et le frottement, jeu géométrique.
- **Modélisation J** (2D) : contact par éléments de joint, loi JOINT_MECA_FROT

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



Patin : épaisseur = 20.mm
largeur = 20.mm
Plan rigide : épaisseur = 5.mm
largeur = 60.mm
Jeu : 2.mm

Le patin est situé au milieu du plan rigide

1.2 Propriétés du matériau

Patin :

$E=2.1106\,N/mm^2$	Module d'young
$\nu=0$	Coefficient de poisson

Plan rigide par conditions cinématiques.

Zone de contact:

$\mu=0.3$	Coefficient de frottement

1.3 Conditions aux limites et chargements

Conditions aux limites :
- Tous les nœuds du plan rigide sont encastrés.

3 cas de chargement :
- Pression normale $P_n=300\mathrm{N}/mm^2$
- Pression normale $P_n=300\mathrm{N}/mm^2$ et pression tangentielle $P_t=178.2\,N/mm^2$
- Pression normale $P_n=300\mathrm{N}/mm^2$ et pression tangentielle $P_t=181.8\,N/mm^2$

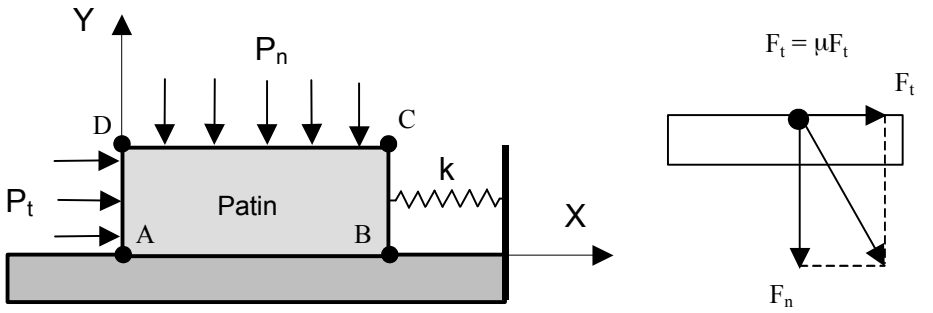
1.4 Conditions initiales

Aucune.

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



Hypothèse de calcul : On néglige la déformation du patin.

Chargement 1 – Pression normale $P_n : 300\mathrm{N}/mm^2$

On vérifie :
1.La bonne transmission des efforts normaux au niveau de la zone de contact : la pression normale au niveau de la zone de contact est égale à la pression appliquée $\left(P_n = P_n^{contact}\right)$
2.Que le déplacement vertical du patin au niveau de la zone de contact AB est égal au jeu.

Chargement 2 – Pression normale $P_n : 300\mathrm{N}/mm^2$ **et pression tangentielle** $P_t = 178.2\mathrm{N}/mm^2$

C'est une situation d'adhérence. On vérifie que les nœuds du patin situés dans la zone de glissement (AB) ne se déplacent pas tangentiellement : $P_t = \dfrac{\mu P_n S_{CD}}{S_{AD}} 0.99$

Chargement 3 – Pression normale $P_n : 300\mathrm{N}/mm^2$ **et pression tangentielle** $P_t = 181.8\mathrm{N}/mm^2$

C'est une situation de glissement. On vérifie que les nœuds du patin situés dans la zone de glissement (AB) se déplacent de $9\mathrm{mm}$ suivant X : $P_t = \dfrac{\mu P_n S_{CD}}{S_{AD}} 1.01$

Détermination de la raideur k du ressort : on veut déterminer la raideur du ressort en fonction du déplacement souhaité. Au moment du glissement, la force dans le ressort est de :

$F_r = F_t - \mu \quad F_n = 0{,}01\,\mu\, F_n$ avec ($F_t = 181.8 \times 20$, $F_n = 300 \times 40$)

$F_r = K\, U_t$	:	force dans le ressort
$F_t = P_t \times S_{AD}$	:	force tangentielle
$F_n = P_n \times S_{CD}$	:	force normale
U_t	:	déplacement tangentiel
S_{AD}	:	surface
S_{DC}	:	surface

Pour un déplacement de $9.mm$ la rigidité k du ressort doit-être de $0.01\,\mu\, F_n / 9 = 4\,N/mm$

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

2.2 Résultats de référence

- **Chargement 1 (Pression normale P_n) :** $P_n^{contact} = 300 N/mm^2$
- **Chargement 2 (** $P_n : 300 \mathrm{N}/mm^2$ **et** $P_t = 178.2 \mathrm{N}/mm^2$ **) :** on vérifie qu'il existe au moins un nœud de la surface de contact qui ne glisse pas. On test qu'au moins un des nœuds situés sur la face opposée à l'application du chargement latéral ne glisse pas.
- **Chargement 3 (** $P_n : 300 \mathrm{N}/mm^2$ **et** $P_t = 181.8/mm^2$ **) :** on vérifie que tous les nœuds de la surface de contact glissent. On teste que tous les nœuds situés sur la face opposée à l'application du chargement latéral glissent.

2.3 Incertitudes sur la solution

Inférieures à 0,1%

2.4 Références bibliographiques

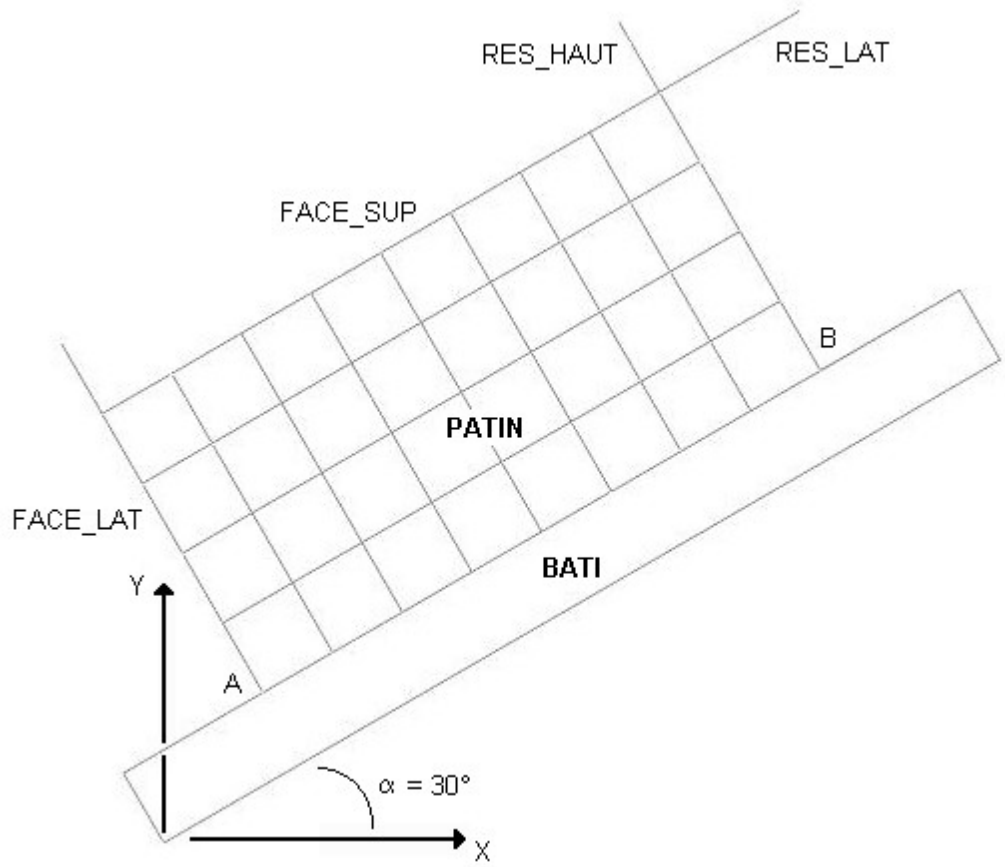
Sans objet

3 Modélisation B

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation D_PLAN avec des éléments QUAD4 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode pénalisée a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par une fonction à l'aide du mot clé « DIST_2 ».

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :
RES_LAT : $k = 2\,N/mm$
RES_HAUT : $k = 0{,}005\,N/mm$

Conditions aux limites :
Extrémité libre des ressorts : $DX = DY = 0$.
Bâti : $DX = DY = 0$.

3.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53
Nombre et types de mailles : 33 QUAD4 , 32 SEG2

4 Résultats de la modélisation B

4.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	0 N	ANALYTIQUE	ABSOLU – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

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

DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,564E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2,7 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,624E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

4.2 Remarque

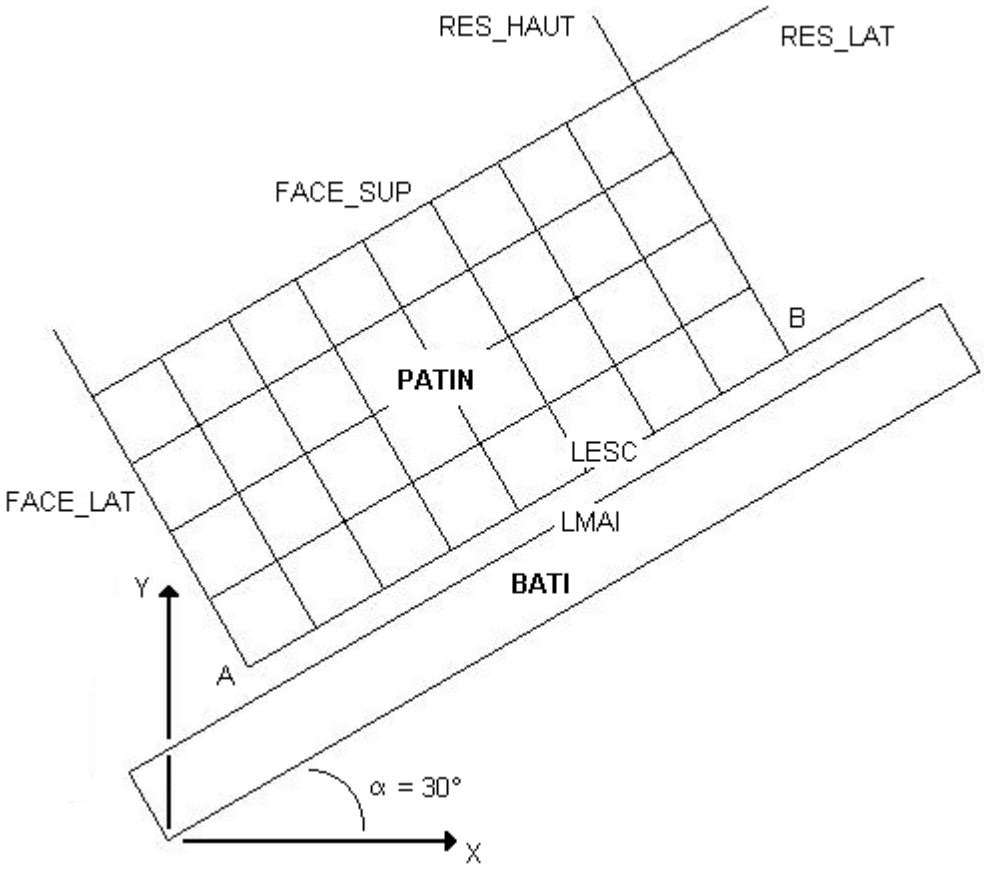
Le jeu est défini dans ce cas par une fonction. Il n'y a aucune différence avec le modèle D où le jeu est défini de manière géométrique.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation D_PLAN avec des éléments QUAD4 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode continue a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par une fonction à l'aide du mot clé « DIST_2 ».

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_LAT : $k = 2\,N/mm$

RES_HAUT : $k = 0{,}005\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX = DY = 0$.

Bâti : $DX = DY = 0$.

5.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53

Nombre et types de mailles : 33 QUAD4, 32 SEG2

6 Résultats de la modélisation C

6.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	0 N	ANALYTIQUE	ABSOLU – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

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

DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,564E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 6 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,624E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

6.2 Remarque

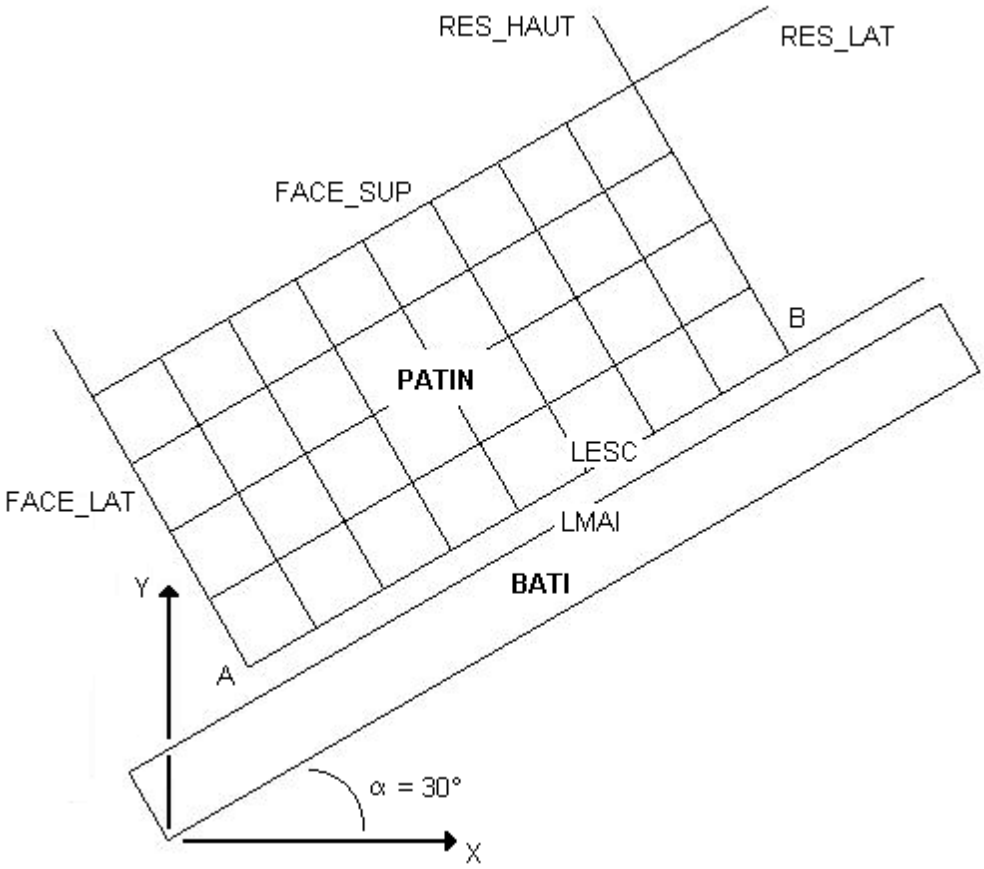
Le jeu est défini dans ce cas par une fonction. Il n'y a aucune différence avec le modèle H où le jeu est défini de manière géométrique.

7 Modélisation D

7.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation D_PLAN avec des éléments QUAD4 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode pénalisée pour le contact et le frottement a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par les coordonnées géométriques du maillage.

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_LAT : $k = 2\,N/mm$

RES_HAUT : $k = 0{,}005\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX = DY = 0$.

Bâti : $DX = DY = 0$.

7.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53

Nombre et types de mailles : 33 QUAD4, 32 SEG2

8 Résultats de la modélisation D

8.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	0 N	ANALYTIQUE	ABSOLU – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

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

DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,564E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 6 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,624E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

8.2 Remarque

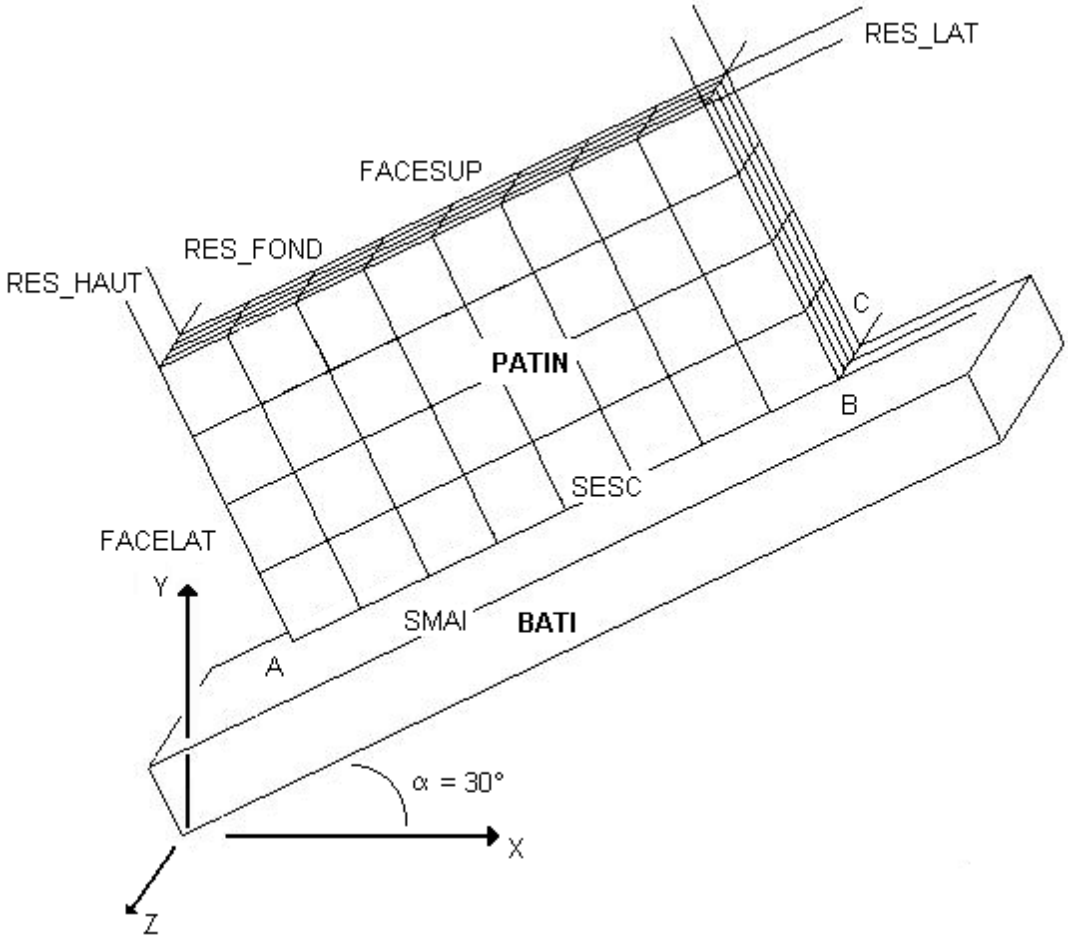
Le jeu est défini dans ce cas de manière géométrique. On a la possibilité de le définir via les mots clés DIST_1 et DIST_2. Après vérification, ce second cas ne change rien au résultat.

9 Modélisation E

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation 3D avec des éléments HEXA8 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode continue pour le contact le frottement a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par une fonction à l'aide du mot clé « DIST_2 ».

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_LAT : $k=1\,N/mm$
RES_FOND : $k=1\,N/mm$
RES_HAUT : $k=20\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX=DY=DZ=0$.
Bâti : $DX=DY=DZ=0$.

9.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 269
Nombre et type de mailles : 129 HEXA8, 103 QUAD4

10 Résultats de la modélisation E

10.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	2,0784E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%

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

Force tangentielle de contact	-1,2000E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,722E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,8173E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 3 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,71486E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,82977E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

10.2 Remarques

- Le jeu est défini dans ce cas par une fonction, les résultats sont identiques à ceux trouvés dans la modélisation I.
- Les pressions normale et tangentielle au niveau de la zone de contact sont vérifiées en testant la force globale de contact dans le sens normal et tangentiel :

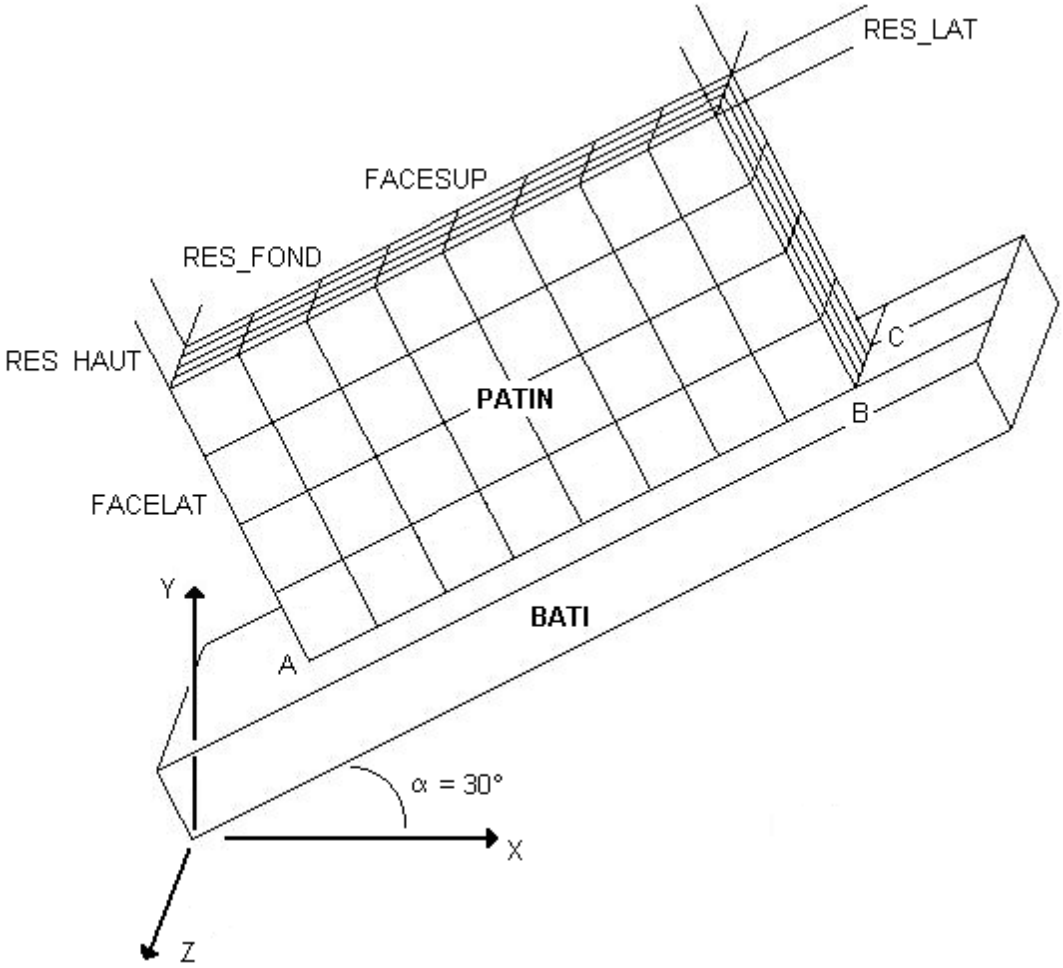
$$F_n^{CTAC} = p_n S_{DC} = 300\text{x}40\text{x}20 = 24000\text{N}$$
$$F_t^{CTAC} = p_t S_{AD} = 178.2\text{x}20\text{x}20 = 71280\text{N} \text{ (Chargement 2)}$$
$$F_t^{CTAC} = p_t S_{AD} = 181.8\text{x}20\text{x}20 = 72720\text{N} \text{ (Chargement 3)}$$

11 Modélisation F

11.1 Caractéristiques de la modélisation

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

Une modélisation 3D avec des éléments HEXA8 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode pénalisée pour le contact et le frottement a été mise en œuvre.



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par la fonction à l'aide du mot clé « DIST_2 ».

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_HAUT : $k=1\ N/mm$
RES_FOND : $k=1\ N/mm$
RES_LAT : $k=20\ N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX=DY=DZ=0$.
Bâti : $DX=DY=DZ=0$.

11.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 269
Nombre et type de mailles : 129 HEXA8, 103 QUAD4

12 Résultats de la modélisation F

12.1 Valeurs testées

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

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	2,0784E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	-1,2000E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,722E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,8173E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 6 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,71486E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,82977E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

12.2 Remarque

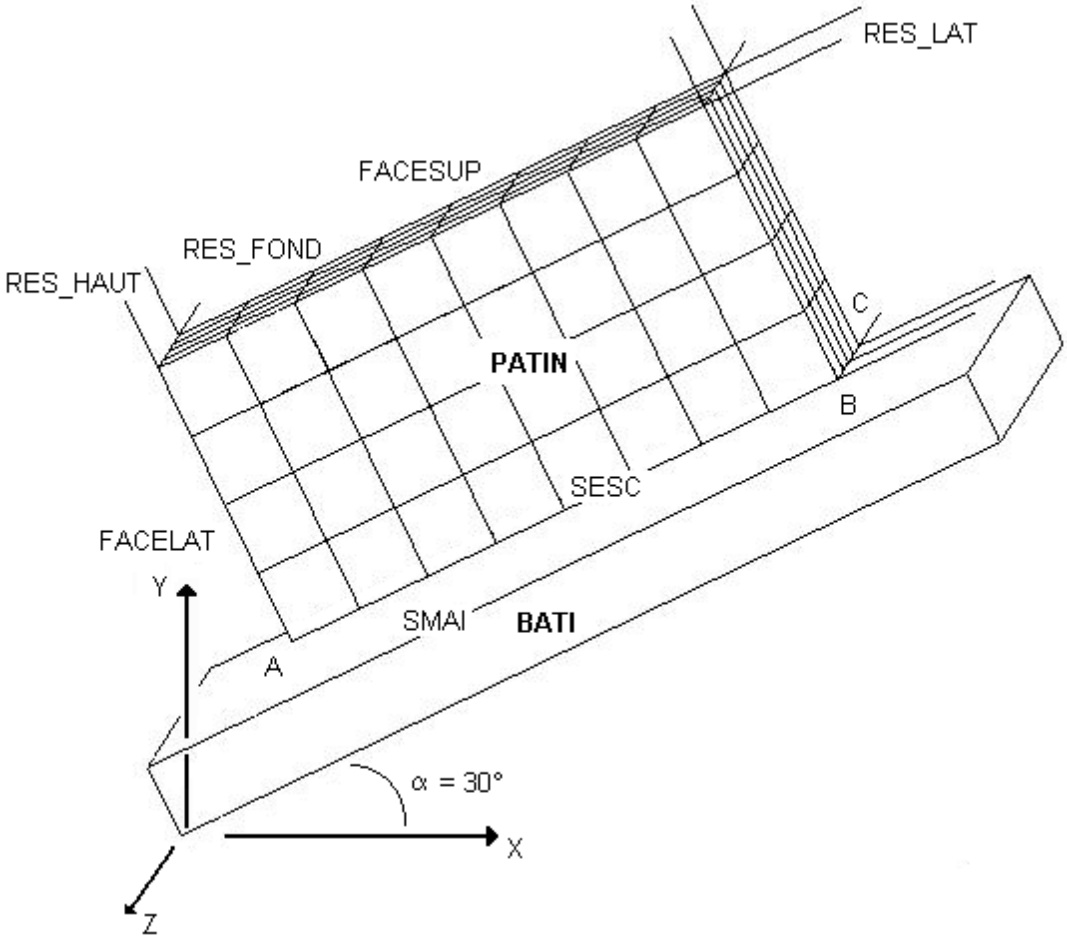
Dans cette modélisation, le jeu est défini à l'aide d'une fonction, les résultats sont identiques à ceux trouvés dans la modélisation précédente.

13 Modélisation G

13.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation 3D avec des éléments HEXA8 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode pénalisée pour le contact et le frottement a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par les coordonnées géométriques du maillage.

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_HAUT : $k=1\,N/mm$
RES_FOND : $k=1\,N/mm$
RES_LAT : $k=20\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX=DY=DZ=0$.
Bâti : $DX=DY=DZ=0$.

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

13.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 269
Nombre et type de mailles : 129 HEXA8, 103 QUAD4

14 Résultats de la modélisation G

14.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	2,0784E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	-1,2000E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,722E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,8173E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 3 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,71486E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,82977E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

14.2 Remarque

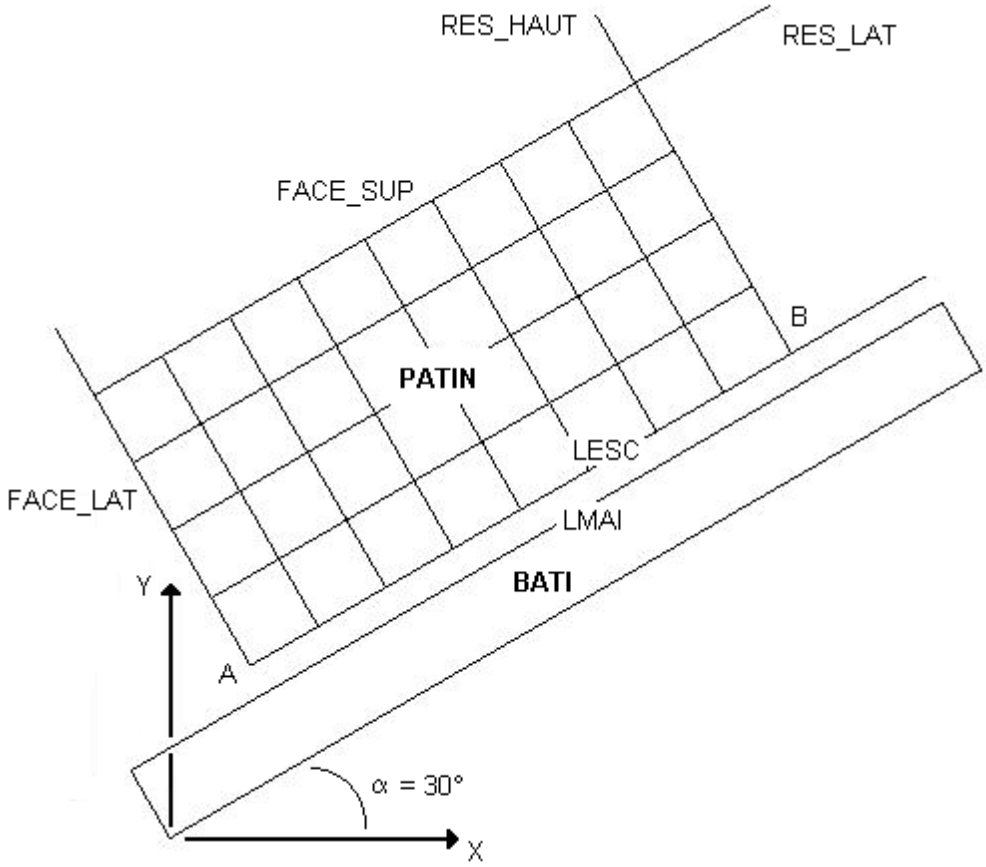
Le jeu est défini dans ce cas de manière géométrique. Les résultats sont moins bons que ceux obtenus avec la pénalisation seulement sur le frottement. De plus, cette méthode est plus longue.

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

15 Modélisation H

15.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation D_PLAN avec des éléments QUAD4 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode continue pour le contact et le frottement a été mise en œuvre.



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par les coordonnées géométriques du maillage.

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_LAT : $k=2\,N/mm$

RES_HAUT : $k=0{,}005\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX=DY=0$.

Bâti : $DX=DY=0$.

15.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 53

Nombre et types de mailles : 33 QUAD4, 32 SEG2

16 Résultats de la modélisation H

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

16.1 Valeurs testées

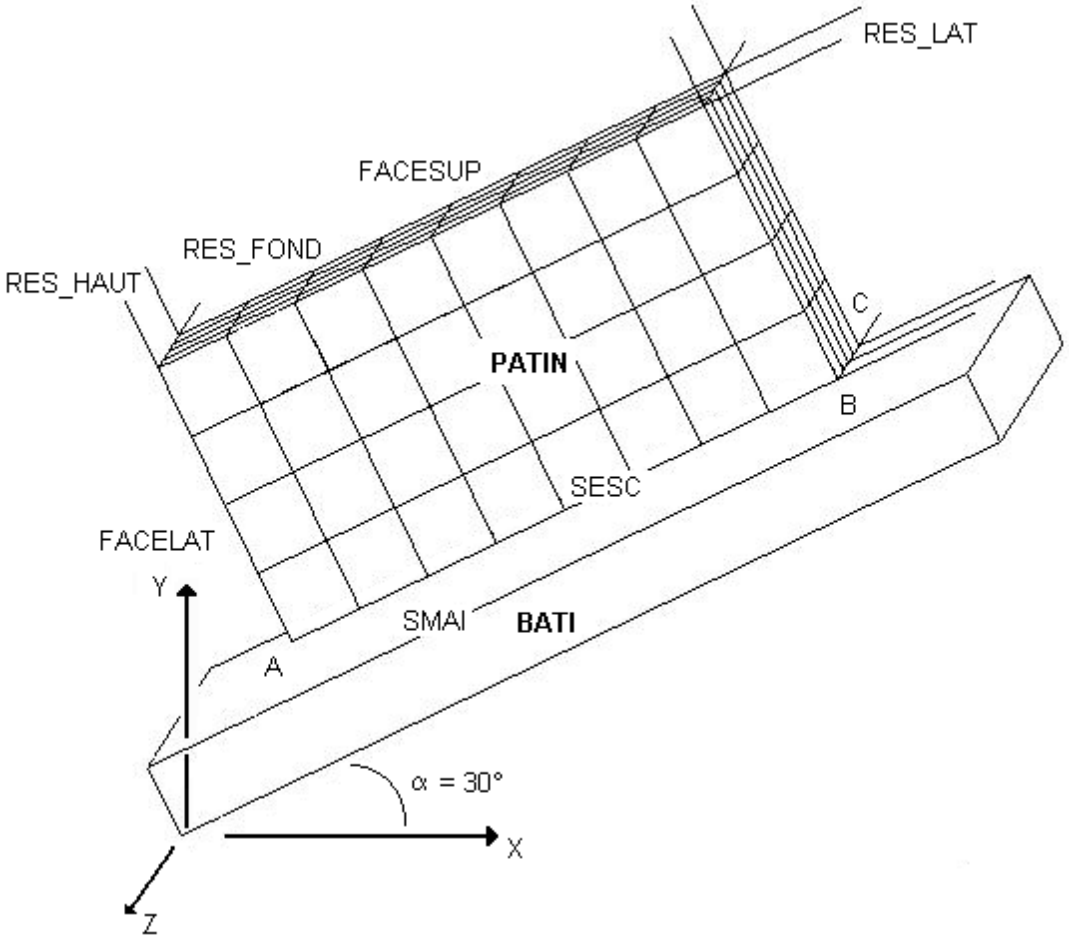
Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	0 N	ANALYTIQUE	ABSOLU – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,564E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 6 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–3,624E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,787 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

17 Modélisation I

17.1 Caractéristiques de la modélisation

Une modélisation 3D avec des éléments HEXA 8 testant les fonctionnalités de contact nœud-maille avec frottement traité avec la méthode continue pour le contact et le frottement a été mise en œuvre.

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



Le jeu entre le patin et le bâti est défini par les coordonnées géométriques du maillage.

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :

RES_HAUT : $k=1\,N/mm$
RES_FOND : $k=1\,N/mm$
RES_LAT : $k=20\,N/mm$

Conditions aux limites :

Extrémité libre des ressorts : $DX=DY=DZ=0$.

Bâti : $DX=DY=DZ=0$.

17.2 Caractéristiques du maillage

Nombre de nœuds : 269
Nombre et type de mailles : 129 HEXA8, 103 QUAD4

18 Résultats de la modélisation I

18.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance

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

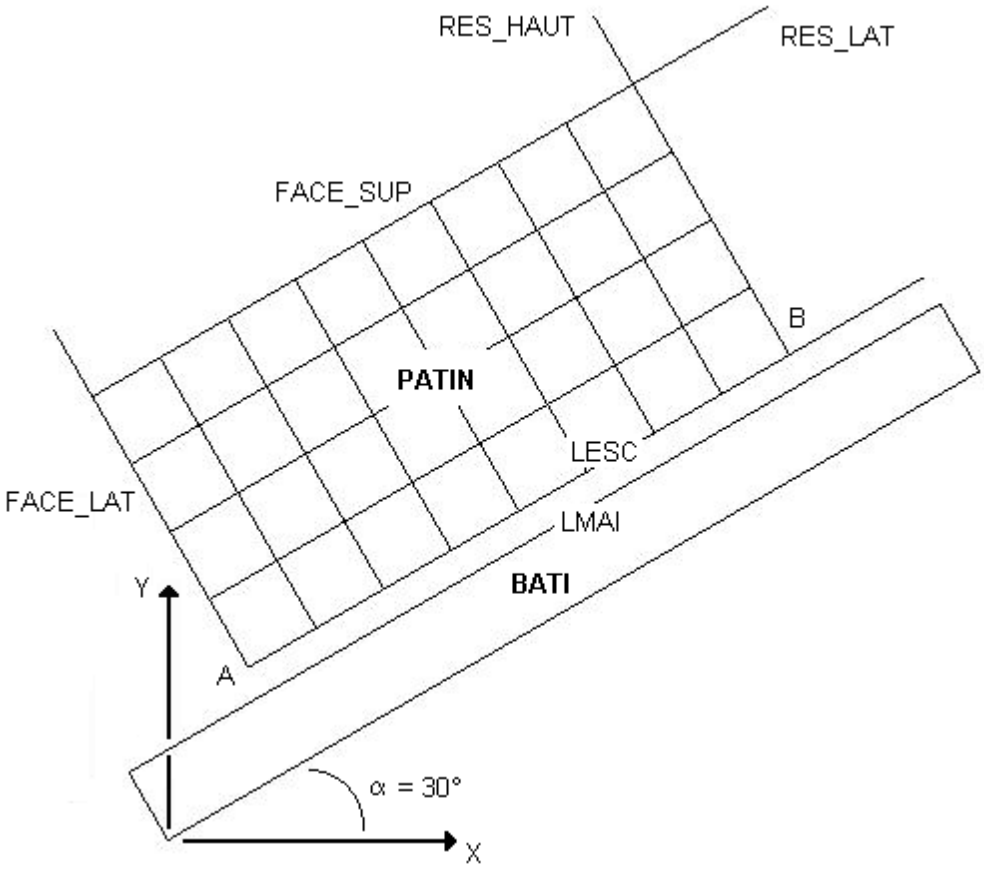
Chargement 1			
Force normale de contact	2,0784E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	-1,2000E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,722E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,8173E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 2, 3 0%
DY (point A)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	1,000 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	–1,732 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,71486E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
Force tangentielle de contact	–1,82977E+05 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 5,00%
DX (point A)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point C)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point C)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point D)	8,794 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point D)	2,768 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%

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

19 Modélisation J

19.1 Caractéristiques de la modélisation

Une simulation en déformations plaines est effectuée: une modélisation avec des éléments QUAD4 en D_PLA N pour les mailles du PATIN et BATI et D_PLA N_JOINT pour le joint FISS. On teste les fonctionnalités de contact pénalisé en compression avec frottement traité via une loi de comportement JOIN_MECA_FROT.



Le jeu entre le patin et le bâti n'est défini que pour la visualisation du contact, elle n'influence pas les résultats physique (particularité de modélisation de joint). Le paramètre de régularisation de la loi est choisit de sorte à n'influencer pas (moins que 0.01%) le replacement final de patin en glissemnt.

K_N : $K_n = 10^5\, N/mm^3$ paramètre de pénalisation en compression et en glissement

Pour éviter les mouvements de corps rigide, le patin est maintenu par des ressorts de rigidité faible :
RES_LAT : $k = 2\, N/mm$
RES_HAUT : $k = 0{,}005\, N/mm$

Conditions aux limites :
Extrémité libre des ressorts : $DX = DY = 0$.
Bâti : $DX = DY = 0$.

19.2 Caractéristiques du maillage

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

Nombre de nœuds : 134
Nombre et types de mailles : 96 QUAD4, 68 SEG2

20 Résultats de la modélisation J

20.1 Valeurs testées

Identification	Référence	Type	Tolérance
Chargement 1			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
Force tangentielle de contact	0 N	ANALYTIQUE	ABSOLU – 5,00%
DX (point A)	1,5E-3 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	–2.598E-3 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	1,5E-3 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	–2.598E-3 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
Chargement 2			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
Force tangentielle de contact	–3,564E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DX (point A)	0.0234 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	0.0122 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	4.032E-03 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	-4.747 mm	NON_REGRESSION	RELATIF – 1,00%
Chargement 3			
Force normale de contact	1,200E+04 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
Force tangentielle de contact	–3,624E+03 N	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DX (point A)	2.598 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DY (point A)	1.5 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DX (point B)	2.598 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%
DY (point B)	1.5 mm	ANALYTIQUE	RELATIF – 1,00%

Les valeurs analytiques pour le chargement 1 sont obtenues en utilisant le fait que le joint est élastique grâce au paramètre de pénalisation. C'est cette valeur qu'on projette dans le repère globale.

$$D_{norm} = P_{norm} / K_n = 300/10^5 = 3 \cdot 10^{-3} \ ; \ DX = D_{norm} \cos(\pi/6) ; DY = D_{norm} \sin(\pi/6)$$

21 Synthèse des résultats

Quelles que soit la modélisation (2D ou 3D) et la méthode de traitement du contact-frottement, les résultats obtenus sont satisfaisants. Ils sont très proches des résultats analytiques.

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