ZZZZ164 - Validation des mots clés DEFORME, TRANSLATION, ROTATION, MODI_BASE et ECHELLE de la commande MODI_MAILLAGE

Résumé :

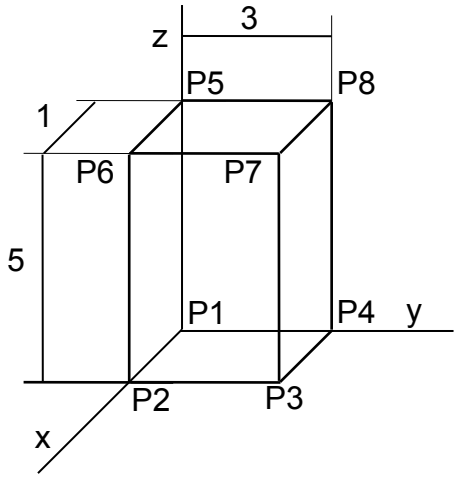
Ce test valide les mots clés TRANSLATION, ROTATION, MODI_BASE et ECHELLE de MODI_MAILLAGE. Dans ce but, on va imposer à deux maillages, l'un 3D et l'autre 2D deux combinaisons de ces mots clés. La première est composée d'une translation, de deux rotations quelconques et d'une mise à l'échelle. On va donc tester les deux possibilités de définition de l'axe de rotation : soit par deux points, soit par un point et la direction. La seconde combinera un changement de base et une mise à l'échelle. On aura donc testé ainsi tous les cas de figures autorisés par ces mots clés.

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

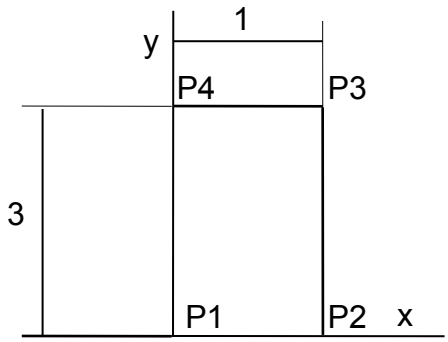
1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Le problème est 3D, il s'agit d'un parallélépipède rectangle :



On va mailler ce volume avec un élément massif de type HEXA8.
Une modélisation 2D en est déduite, maillée avec un élément massif QUAD4 :



1.2 Propriétés du matériau

N'a pas lieu d'être ici.

1.3 Conditions aux limites et chargements

Non définis.

1.4 Conditions initiales

Non définies.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

La solution de référence est analytique.
Soit $\boldsymbol{M}(x, y, z)$ un point de l'espace, on lui impose une translation $\boldsymbol{T}$ de vecteur (tx, ty, tz), et une rotation R d'angle α (en radians) dont l'axe passe par $\boldsymbol{P}(px, py, pz)$ et a pour direction $\boldsymbol{D}(dx, dy, dz)$.
Alors $\boldsymbol{M}$ devient $\boldsymbol{M_T}$ après la translation : $\boldsymbol{M_T}(x+tx, y+ty, z+tz)$.
$\boldsymbol{M_T}$ devient $\boldsymbol{M_{TR}}$ après la rotation :

$$\boldsymbol{M_{TR}} = \boldsymbol{P} + \cos\alpha \cdot \boldsymbol{PM_T} + (1-\cos\alpha)\cdot(\boldsymbol{PM_T}\cdot\boldsymbol{D})\cdot\boldsymbol{D} + \sin\alpha\cdot(\boldsymbol{D}\wedge\boldsymbol{PM_T})$$
avec $\boldsymbol{M_T} = \boldsymbol{M} + \boldsymbol{T}$

La mise à l'échelle d'un facteur ech, donne :

$$M_{TRE} = ech \cdot M_{TR}$$

La fonctionnalité de changement de base attend en entrée la donnée par l'utilisateur de deux vecteurs orthogonaux en 3D (un seul vecteur en 2D). On vient compléter ces données afin de générer une base orthogonale directe, en 3D ou en 2D. Des tests sont effectués afin de vérifier si les données d'entrée permettront de définir une base orthogonale directe. Une normalisation des vecteurs de la base est ensuite effectuée.
En 3D, on attend donc la donnée de $\boldsymbol{U}$ et $\boldsymbol{V}$, les deux premiers vecteurs de la nouvelle base :

$$\boldsymbol{W}(x, y, z) = \boldsymbol{U}(x, y, z) \wedge \boldsymbol{V}(x, y, z)$$
$\Rightarrow \boldsymbol{B} = (\boldsymbol{U}, \boldsymbol{V}, \boldsymbol{W})$: matrice formée par les vecteurs de base
$$\boldsymbol{M}(\boldsymbol{U}, \boldsymbol{V}, \boldsymbol{W}) = \boldsymbol{B}^{\boldsymbol{T}}\, \boldsymbol{M}(x, y, z)$$

En 2D, on génère le second vecteur de la base par rotation de 90° du vecteur saisi par l'utilisateur.
Ce changement de base peut être combiné avec une mise à l'échelle et une translation, par exemple.
La programmation de ces transformations se fait différemment en 3D et en 2D, de manière à optimiser chacun de ces deux cas.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

On va contrôler les nouvelles coordonnées des point $P1$, $P7$ et $P8$ en 3D ($P1$, $P3$ et $P4$ en 2D).

2.3 Incertitudes sur la solution

Les incertitudes viennent de la précision numérique dans *Code_Aster* (dépendance de la plate-forme) et dans le calcul de la solution analytique de référence. On peut donc envisager un critère de précision relatif de l'ordre de $1.E-13$ dans les tests.

2.4 Références bibliographiques

Sans usage.

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

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

On se place dans un cadre 3D massif. On va imposer successivement :

- une translation de vecteur $(2.5;3.9;-12.3)$,
- une rotation d'angle 33 degrés et d'axe passant par les points $(10;0.5;3.8)$ et $(0;10;0)$,
- une deuxième rotation d'angle -161 degrés et d'axe passant par $(-3.;0.5;3.8)$ et de direction $(0;1;0)$,
- une mise à l'échelle d'un facteur 5.

On teste ainsi tous les cas de figure autorisés par la syntaxe des mots clés TRANSLATION, ROTATION et ECHELLE.

Ensuite, on repart du maillage initial et on lui impose successivement :

- un changement de base de vecteurs $(1.23;0.23;0)$ et $(-2.3;12.3;0)$,
- une mise à l'échelle d'un facteur 5.

On teste ensemble ainsi les mots clés MODI_BASE et ECHELLE.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte un seul élément de type HEXA8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

Pour la première partie, avec TRANSLATION, ROTATION et ECHELLE :

Points observés	Coordonnées	Référence
P1	*X*	5.2501368890123E+00
	Y	–2.1551486020681E+00
	Z	7.8600118786924E+01
P7	*X*	–1.3714414455621E+01
	Y	1.9199906921638E+01
	Z	7.0898989267417E+01
P8	*X*	–9.9168576521849E+00
	Y	2.0297577804345E+01
	Z	6.7837342495183E+01

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

Pour la deuxième partie, avec MODI_BASE et ECHELLE :

Points observés	Coordonnées	Référence
$P2$	X	4.9148126952461E+00
	Y	–9.1903001618423E-01
	Z	0.0000000000000E+00
$P7$	X	7.6719027437988E+00
	Y	1.3825408069554E+01
	Z	2.5000000000000E+01
$P8$	X	2.7570900485527E+00
	Y	1.4744438085738E+01
	Z	2.5000000000000E+01

4 Modélisation B

On se place dans un cadre 2D. On va imposer successivement :

- une translation de vecteur $(2.5;3.9)$,
- une rotation d'angle 33 degrés et d'axe passant par le point $(10.;0.5)$,
- une deuxième rotation d'angle -161 degrés et d'axe passant par le point $(-3;0.5)$,
- une mise à l'échelle d'un facteur 5.

On teste ainsi tous les cas de figure autorisés par la syntaxe des mots clés TRANSLATION, ROTATION et ECHELLE.

Ensuite, on repart du maillage initial et on lui impose successivement :

- un changement de repère de vecteurs $(1.23;0.23)$,
- une mise à l'échelle d'un facteur 5.

On teste ainsi ensemble les mots clés MODI_BASE et ECHELLE.

4.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte un seul élément de type QUAD4.

4.2 Grandeurs testées et résultats

Pour la première partie, avec TRANSLATION, ROTATION et ECHELLE :

Points observés	Coordonnées	Référence
$P1$	X	–3.9975219277929E+01
	Y	4.2222814000070E-01
$P3$	X	–3.1233365350457E+01
	Y	–1.2752747757918E+01
$P4$	X	–2.8155057973828E+01
	Y	–8.8126939898842E+00

Pour la deuxième partie, avec MODI_BASE et ECHELLE :

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

Points observés	Coordonnées	Référence
$P1$	X	0.0000000000000E+00
	Y	0.0000000000000E+00
$P3$	X	7.6719027437988E+00
	Y	1.3825408069554E+01
$P4$	X	2.7570900485527E+00
	Y	1.4744438085738E+01

5 Modélisation C

On teste ici les changements 3D sur un maillage 2D . En repartant toujours du maillage initial, on va imposer séparément :

- une déformation avec un champ (1, 2, 3) appliqué à tous les nœuds
- une translation de vecteur (1, 2, 3)
- une rotation de 45 degrés selon l'axe X (rotation hors plan)
- un changement de base de vecteurs $(1;0;0)$, $(0;1;1)$ et leur orthogonal
- une symétrie par rapport au plan constitué par le point (0,0,0) et les vecteur $(1;0;0)$, $(0;1;1)$

On teste ainsi un déplacement tridimensionnel pour un maillage initialement bidimensionnel.

5.1 Caractéristiques du maillage

Le maillage comporte un seul élément de type QUAD4.

5.2 Grandeurs testées et résultats

Avec une déformation du type 'TRAN' selon le vecteur (1, 2, 3)

DEFORME=_F(OPTION='TRAN'...)

Points observés	Coordonnées	Référence
$P1$	X	1
	Y	2
	Z	3

Avec une translation selon le vecteur (1, 2, 3)

Points observés	Coordonnées	Référence
$P1$	X	1
	Y	2
	Z	3

Avec une rotation de 45 degrés selon l'axe X (rotation hors plan)

Points observés	Coordonnées	Référence
$P3$	X	1

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

	Y	2.1213203436
	Z	2.1213203436

Avec un changement de base de vecteurs $(1;0;0)$, $(-0;1;1)$

Points observés	Coordonnées	Référence
$P3$	X	1
	Y	2.1213203436
	Z	-2.1213203436

Avec une symétrie par rapport au plan constitué par le point (0,0,0) et les vecteur $(1;0;0)$, $(0;1;1)$

Points observés	Coordonnées	Référence
$P3$	X	1
	Y	0
	Z	3

6 Synthèse des résultats

Les résultats numériques pour la translation, la rotation, le changement de repère et la mise à l'échelle du maillage sont identiques aux résultats analytiques de référence, en 3D ou 2D, à la précision numérique près.

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