ZZZZ395 - Vérification des opérateurs de réduction de modèle

Résumé :

L'objectif de ce test est de vérifier de manière élémentaire les opérateurs de réduction de modèle DEFI_BASE_REDUITE, DEFI_DOMAINE_REDUIT et REST_REDUIT_COMPLET.
On teste en thermique non-linéaire (opérateur THER_NON_LINE) et en mécanique non-linéaire (opérateur STAT_NON_LINE).

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

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

On considère un cube de coté $3\,mm$.

1.2 Propriétés du matériau

Le matériau est élasto-plastique avec écrouissage isotrope linéaire (VMIS_ISOT_LINE) dont les propriétés sont :

- Module d'élasticité : $E=210\,000\,MPa$
- Coefficient de Poisson : $\nu=0.3$
- Module linéaire d'écrouissage : $H=100\,MPa$
- Limite élastique : $\sigma_y=100\,MPa$
- La conductivité thermique : fonction de la température sur la figure 1.2-a
- La chaleur volumique : fonction de la température sur la figure

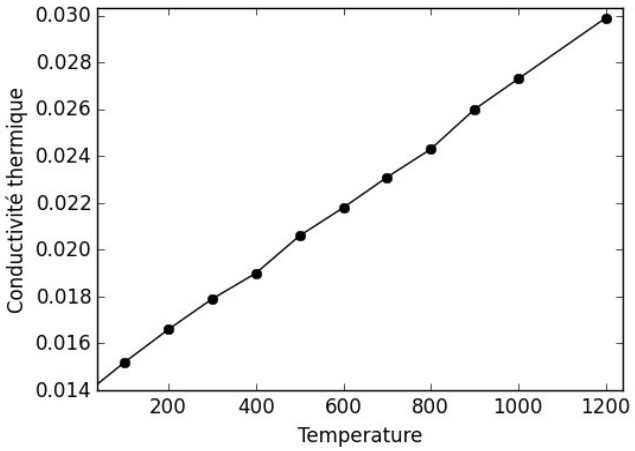


Figure 1.2-a: Conductivité thermique

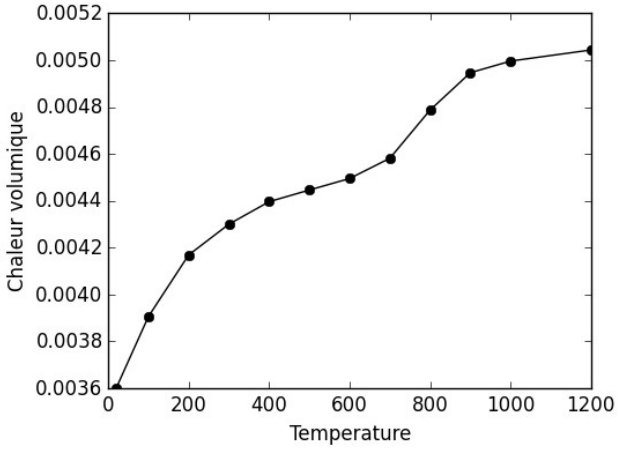


Figure 1.2-b: Chaleur volumique

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

1.3 Conditions aux limites et chargements

1.3.1 Calcul thermique

On impose une condition de rayonnement sur cinq faces du cube (voir figure 1.3.1-a) avec :

- constante de Boltzman : $5{,}67\times10^{-14}\,J\,.\,mm^{-2}\,.\,K^{4}$;
- émissivité : $0{,}75$
- température extérieure : $20\,°C$

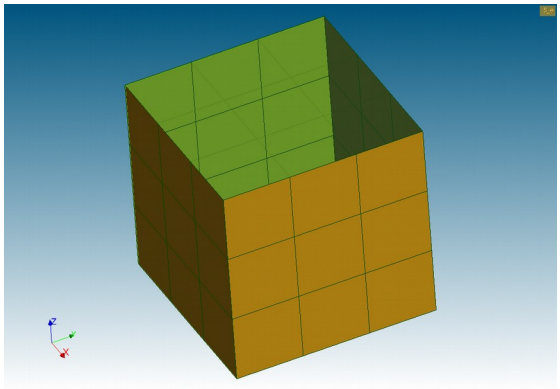


Figure 1.3.1-a: Surface pour la condition de rayonnement

Une condition d'échange sur la face du haut (voir figure 1.3.1-c) avec :

- Coefficient d'échange : $1{,}0\,W\,.\,mm^{-2}\,.\,K^{-1}$
- Température extérieure: fonction du temps sur la figure 1.3.1-b

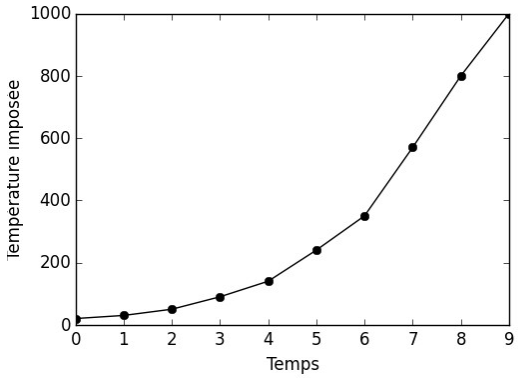


Figure 1.3.1-b: Température extérieure

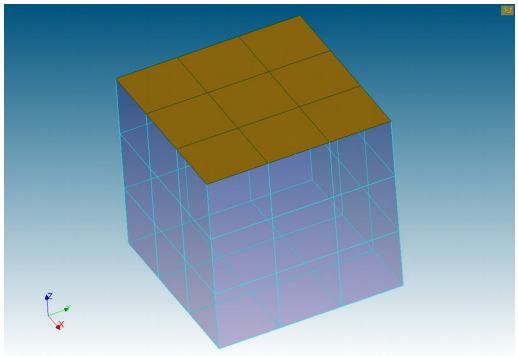


Figure 1.3.1-c: Surface pour la condition d'échange

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

Une condition d'échange sur les autres faces (voir figure 1.3.1-a) avec :

- Coefficient d'échange : $1{,}5\times 10^{-5} W.mm^{-2}.K^{-1}$
- Température extérieure: $20\,°C$

1.3.2 Calcul mécanique

Sur la surface inférieure (voir figure 1.3.2-a), on impose DX=DY=DZ=0.
Sur cinq faces du cube (voir figure 1.3.1-a), on impose une pression $p=1000\,MPa$

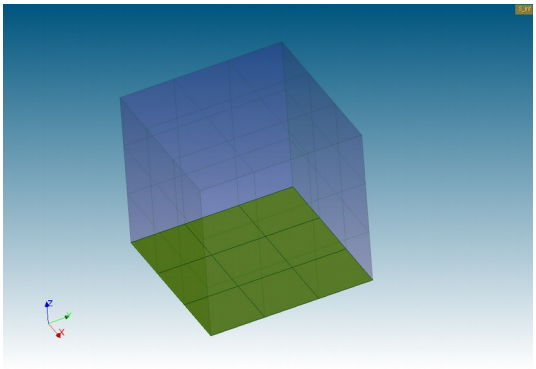


Figure 1.3.2-a: Surface pour encastrement

1.4 Conditions initiales

Néant.

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

2 Solution de référence

2.1 Méthode de calcul

Les résultats de référence sont soient des valeurs de non-régression (valeurs des modes empiriques, coefficients de réduction) soit des valeurs (déplacements, températures, contraintes et flux) calculées sur un modèle ***complet***.
On teste également les coordonnées réduites. On rappelle que les modes empiriques $\Psi_m(x)$ sont tels que:

$$u(x,t) \approx \sum_{m=1}^{nbmode} \Psi_m(x) \times a_m(t) \quad (1)$$

Pour un champ $u(x,t)$ donné (température, déplacement, flux thermique ou contrainte) avec a_m les coordonnées réduites.

2.2 Grandeurs et résultats de référence

Pour la thermique, les résultats sur le modèle ***complet*** :

Lieu	Instant	Température (TEMP)
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=1s$	$29{,}9053048593\,°C$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=4s$	$139{,}462715634\,°C$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=7s$	$567{,}08693147\,°C$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	$999{,}349943608\,°C$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=1s$	$29{,}90499961\,°C$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=4s$	$139{,}458066818\,°C$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=7s$	$567{,}040457129\,°C$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10s$	$999{,}12502482\,°C$

Pour la mécanique, les résultats sur le modèle ***complet*** :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10s$	DX	$-0{,}208992921588\,mm$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10s$	DY	$-0{,}208992921588\,mm$
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10s$	DZ	$0{,}547254495773\,mm$

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	SIXX	$-2739{,}13961277\,MPa$
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	SIYY	$-2737{,}51235419\,MPa$

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

Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2612,22311229\,MPa$
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIXX	$13992,3974341\,MPa$
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIYY	$13992,3974341\,MPa$
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIZZ	$14047,6477194\,MPa$
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIXX	$13300,4780377\,MPa$
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIYY	$13300,3220671\,MPa$
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIZZ	$13368,1442621\,MPa$

2.3 Incertitudes sur la solution

L'erreur sur la solution dépend du degré de réduction (nombre de modes empiriques et taille du domaine réduit).

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 3D en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création des modes empiriques en thermique. On prend pour la base primale et la base duale TOLE_SVD = 1.E-3.

3.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

3.3 Grandeurs testées et résultats

On teste quelques valeurs de la base primale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A - TEMP - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - TEMP - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - TEMP - Mode 3	NON_REGRESSION

On teste quelques valeurs de la base duale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A - FLUX_NOEU/FLUX - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - FLUX_NOEU/FLUY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - FLUX_NOEU/FLUX - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - FLUX_NOEU/FLUY - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - FLUX_NOEU/FLUX - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - FLUX_NOEU/FLUY - Mode 3	NON_REGRESSION

On teste les valeurs des coordonnées réduites (table COOR_REDUIT) a_m^T calculées lors de l'extraction des modes empiriques. Pour la base primale (température) :

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^T_{m=1,t=10s}$	$t=10s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=1,t=4s}$	$t=4s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=10s}$	$t=10s$	3	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=4s}$	$t=4s$	3	NON_REGRESSION

Pour la base duale (flux thermique Φ) :

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

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^{\Phi}_{m=1,t=10s}$	$t=10s$	1	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=1,t=4s}$	$t=4s$	1	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=4,t=10s}$	$t=10s$	4	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=4,t=4s}$	$t=4s$	4	NON_REGRESSION

3.4 Remarques

On ne peut rien dire dans l'absolu sur la précision de ces valeurs car on teste des valeurs de non-régression, mais les deux bases produites (en température et en flux) seront testées dans les autres modélisations pour comparer par rapport au calcul complet.

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 en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création du domaine réduit (RID).
On utilise les bases produites dans la modélisation A.

4.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

4.3 Grandeurs testées et résultats

On vérifie que les mailles et les groupes sont bien créés par l'opérateur DEFI_DOMAINE_REDUIT.
Création d'un groupe de mailles nommé 'RID' pour le RID (mot-clef NOM_DOMAINE) et d'un groupe de nœuds 'INF' (mot-clef NOM_INTERFACE) pour l'interface entre le RID et le reste du domaine.

Identification	Type de référence
N ombre de GROUP_MA	NON_REGRESSION
Nombre de GROUP_ NO	NON_REGRESSION
Nombre de nœuds dans le groupe INF	NON_REGRESSION
Nombre de mailles dans le groupe RID	NON_REGRESSION

4.4 Remarques

On ne peut rien dire dans l'absolu sur la précision de ces valeurs car on teste des valeurs de non-régression, mais le domaine réduit sera testé dans d'autres modélisations.

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 3D en thermique non-linéaire avec réduction de modèle.
Cette modélisation teste la précision des modes empiriques obtenus dans la modélisation A
On utilise donc les bases produites dans la modélisation A.

5.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

5.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des températures obtenues avec un modèle réduit par rapport à celles obtenues dans le modèle complet (§2.2) :

Lieu	Instant	VALE_REFE (TEMP)	PRECISION
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=1s$	$29{,}9053048593\,°C$	6.0E-5
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=4s$	$139{,}462715634\,°C$	2.0E-5
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=7s$	$567{,}08693147\,°C$	7.0E-6
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	$999{,}349943608\,°C$	6.0E-6

5.4 Remarques

On voit que la base produite dans la modélisation A permet d'obtenir des très bons résultats (erreur inférieure à 0,01%) par rapport au calcul complet.

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 3D en thermique non-linéaire avec hyper-réduction de modèle. Cette modélisation teste la précision des modes empiriques obtenus dans la modélisation A sur le domaine réduit créé dans la modélisation B.
On utilise donc les bases produites dans la modélisation A et le domaine réduit créé dans la modélisation B. On teste également l'opérateur de reconstruction REST_REDUIT_COMPLET par gappy-POD.

6.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

6.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des températures obtenues avec un modèle hyper-réduit par rapport à celles obtenues dans le modèle complet (§2.2) :

Lieu	Instant	VALE_REFE (TEMP)	PRECISION
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=1s$	$29{,}9053048593\,°C$	5.0E-5
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=4s$	$139{,}462715634\,°C$	1.5E-5
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=7s$	$567{,}08693147\,°C$	5.0E-6
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10s$	$999{,}349943608\,°C$	5.0E-6

Le nœud B n'appartient pas au domaine réduit RID. On ne peut donc accéder à sa valeur à l'issue du calcul thermique hyper-réduit. On utilise l'opérateur REST_REDUIT_COMPLET :

Lieu	Instant	VALE_REFE (TEMP)	PRECISION
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10s$	$999{,}12502482\,°C$	0,3 %

6.4 Remarques

On voit que la base produite dans la modélisation A sur le domaine réduit de la modélisation B permet d'obtenir des très bons résultats (erreur inférieure à 0,01%) par rapport au calcul complet. Mais ils sont forcément légèrement moins bons que dans le cas simplement réduit (modélisation C).
De plus, l'opérateur de reconstruction REST_REDUIT_COMPLET donne également une bonne solution à 0.3 % près sur la température évaluée à l'extérieur du RID.

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 3D en mécanique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création des modes empiriques en mécanique. On prend pour la base primale et la base duale TOLE_SVD = 1.E-3.

7.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

7.3 Grandeurs testées et résultats

On teste quelques valeurs de la base primale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A - DEPL/DX - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DZ - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DX - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DY - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DZ - Mode 2	NON_REGRESSION

On teste quelques valeurs de la base primale obtenus par la méthode POD_INCR avec TOLE = 1.E-10. On obtient les mêmes modes que précédemment :

Identification	Type de référence
Point A - DEPL/DX - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DZ - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DX - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DY - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - DEPL/DZ - Mode 2	NON_REGRESSION

On teste quelques valeurs de la base duale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A - SIEF_NOEU/SIXX - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_ NOEU/ SIYY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_ NOEU/ SIZZ - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_ NOEU/ SIXY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_ NOEU/ SIXZ - Mode 1	NON_REGRESSION

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

Point A - SIEF_NOEU/SIYZ - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIXX - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIYY - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIZZ - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIXY - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIXZ - Mode 3	NON_REGRESSION
Point A - SIEF_NOEU/SIYZ - Mode 3	NON_REGRESSION

7.4 Remarques

On ne peut rien dire dans l'absolu sur la précision de ces valeurs car on teste des valeurs de non-régression, mais les deux bases produites (en déplacement et en contraintes) seront testées dans les autres modélisations pour comparer par rapport au calcul complet.

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 en mécanique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création du domaine réduit (RID).
On utilise les bases produites dans la modélisation E.

8.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

8.3 Grandeurs testées et résultats

On vérifie que les mailles et les groupes sont bien créés par l'opérateur DEFI_DOMAINE_REDUIT.
Création d'un groupe de mailles nommé 'RID' pour le RID (mot-clef NOM_DOMAINE) et d'un groupe de nœuds 'INF' (mot-clef NOM_INTERFACE) pour l'interface entre le RID et le reste du domaine.

Identification	Type de référence
Nombre de GROUP_MA	NON_REGRESSION
Nombre de GROUP_ NO	NON_REGRESSION
Nombre de nœuds dans le groupe INF	NON_REGRESSION
Nombre de mailles dans le groupe RID	NON_REGRESSION

8.4 Remarques

On ne peut rien dire dans l'absolu sur la précision de ces valeurs car on teste des valeurs de non-régression, mais le domaine réduit sera testé dans d'autres modélisations.

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 en mécanique non-linéaire avec réduction de modèle.
Cette modélisation teste la précision des modes empiriques obtenus dans la modélisation E.
On utilise donc les bases produites dans la modélisation E.

9.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

9.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des déplacements obtenus avec un modèle réduit par rapport à celles obtenues dans le modèle complet (§2.2) :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$	<1,0E-6 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$	<1,0E-6 %

Et les contraintes :

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIXX	$-2739{,}13961277\,MPa$	0,2 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIYY	$-2737{,}51235419\,MPa$	0,2 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2612{,}22311229\,MPa$	0,2 %

On teste les valeurs des coordonnées réduites (table COOR_REDUIT) a^u_m calculées lors de du calcul réduit dans STAT_NON_LINE. Pour la base primale (déplacements) :

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^u_{m=1,t=1\,s}$	$t=1\,s$	1	NON_REGRESSION
$a^u_{m=2,t=10\,s}$	$t=10\,s$	2	NON_REGRESSION

On teste également PREDICTION='EXTRAPOLE' :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$	<1,0E-6 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$	<1,0E-6 %

On teste les valeurs des coordonnées réduites (table COOR_REDUIT) a^u_m calculées lors de du calcul réduit dans STAT_NON_LINE. Pour la base primale (déplacements) :

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

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^u_{m=1,t=1s}$	$t=1s$	1	NON_REGRESSION
$a^u_{m=2,t=10s}$	$t=10s$	2	NON_REGRESSION

9.4 Remarques

On voit que la base produite dans la modélisation E permet d'obtenir des très bons résultats (erreur inférieure à 0,2%) par rapport au calcul complet sauf pour les trois dernières contraintes. Mais pour ces dernières, ce n'est pas significatif car les contraintes sont très faibles.

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 3D en mécanique non-linéaire avec hyper-réduction de modèle. Cette modélisation teste la précision des modes empiriques obtenus dans la modélisation E sur le domaine réduit créé dans la modélisation F.
On utilise donc les bases produites dans la modélisation D et le domaine réduit créé dans la modélisation F. On teste également l'opérateur de reconstruction REST_REDUIT_COMPLET par gappy-POD.

10.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

10.3 Grandeurs testées et résultats

On teste la valeur des déplacements obtenus avec un modèle hyper-réduit par rapport à celles obtenues dans le modèle complet (§2.2) :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$	0,0035
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$ 0,0015	0,0025

Et les contraintes :

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIXX	$-2739{,}13961277\,MPa$	0,34 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIYY	$-2737{,}51235419\,MPa$	0,36 %
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2612{,}22311229\,MPa$	0,37 %

10.4 Remarques

On voit que la base produite dans la modélisation E sur le domaine réduit de la modélisation F permet d'obtenir des très bons résultats par rapport au calcul complet. Mais ils sont forcément légèrement moins bons que dans le cas simplement réduit (modélisation G).
Par contre, tout comme dans la modélisation G, l'erreur reste importante sur les trois dernières contraintes, mais ce n'est pas significatif (faible valeur des contraintes).

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 3D en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création des modes empiriques ***linéiques*** en thermique. On prend 3 modes maximum pour la base primale et TOLE_SVD = 1.E-3 pour la base duale.

11.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

11.3 Grandeurs testées et résultats

On teste quelques valeurs de la base primale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont faits au signe près) :

Identification	Type de référence
Point $(0,0,3)$ - TEMP - Mode 1	NON_REGRESSION
Point $(0,0,3)$ - TEMP - Mode 2	NON_REGRESSION
Point $(0,0,3)$ - TEMP - Mode 3	NON_REGRESSION

On teste quelques valeurs de la base duale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point $(0,0,3)$ - FLUX_NOEU/FLUY - Mode 1	NON_REGRESSION
Point $(0,0,3)$ - FLUX_NOEU/FLUY - Mode 2	NON_REGRESSION
Point $(0,0,3)$ - FLUX_NOEU/FLUX - Mode 3	NON_REGRESSION

11.4 Remarques

On ne peut rien dire dans l'absolu sur la précision de ces valeurs car on teste des valeurs de non-régression.

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 en mécanique non-linéaire avec hyper-réduction de modèle. Cette modélisation teste la précision des modes empiriques obtenus dans la modélisation E sur le domaine réduit créé dans la modélisation F.
On utilise donc les bases produites dans la modélisation D et le domaine réduit créé dans la modélisation F. Cette modélisation teste la manière de reconstruire les champs sur le domaine complet

12.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

12.3 Grandeurs testées et résultats

12.3.1 Valeurs dans le RID

On teste la valeur des déplacements obtenus avec un modèle hyper-réduit par rapport à celles obtenues dans le modèle complet (§2.2) :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$	0,0035
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$ 0,0015	0,0025

Et les contraintes :

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIXX	$13300{,}4780377\,MPa$	0,20 %
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIYY	$13300{,}3220671\,MPa$	0,20 %
Nœud D en $(3,1,0)$	$t=10\,s$	SIZZ	$13368{,}1442621\,MPa$	0,20 %

12.3.2 Valeurs hors du RID

Les valeurs hors du RID ne peuvent être obtenues directement du calcul hyper-réduit avec STAT_NON_LINE. Il est nécessaire de reconstruire les champs. On teste la reconstruction des champs « à la main » en récupérant les coordonnées réduites et en appliquant la formule (1) avec CREA_CHAMP :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DX	$-0{,}208992921588\,mm$	0,0015
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DY	$-0{,}208992921588\,mm$	0,003
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}547254495773\,mm$	0,0025

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIXX	$13300{,}4780377\,MPa$	0,7 %
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIYY	$13300{,}3220671\,MPa$	0,7 %
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIZZ	$13368{,}1442621\,MPa$	9,7 %

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

On teste la reconstruction des champs par gappy-POD en utilisant l'opérateur REST_REDUIT_COMPLET :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DX	$-0{,}208992921588\,mm$	0,0015
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DY	$-0{,}208992921588\,mm$	0,003
Nœud B en $(3,3,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}547254495773\,mm$	0,002

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIXX	$13300{,}4780377\,MPa$	0,002
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIYY	$13300{,}3220671\,MPa$	0,002
Nœud C en $(0,0,0)$	$t=10\,s$	SIZZ	$13368{,}1442621\,MPa$	0,002

On teste également PREDICTION='EXTRAPOLE' :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}0696319525128\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DY	$0{,}199062276741\,mm$	0,0015
Nœud A en $(1,0,3)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}529606351907\,mm$	0,033

12.4 Remarques

La reconstruction des champs, en particulier en dehors du RID donnent des excellents résultats en termes de précision.

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

13 Modélisation K

13.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création des modes empiriques en thermique par POD incrémentale. On prend des paramètres de manière à retrouver les mêmes modes que dans la modélisation A.

13.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

13.3 Grandeurs testées et résultats

On teste quelques valeurs de la base primale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A – TEMP – Mode 1	NON_REGRESSION
Point A – TEMP – Mode 2	NON_REGRESSION
Point A – TEMP – Mode 3	NON_REGRESSION

On teste quelques valeurs de la base duale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A – FLUX_NOEU/FLUX – Mode 1	NON_REGRESSION
Point A – FLUX_NOEU/FLUY – Mode 1	NON_REGRESSION
Point A – FLUX_NOEU/FLUX – Mode 2	NON_REGRESSION
Point A – FLUX_NOEU/FLUY – Mode 2	NON_REGRESSION
Point A – FLUX_NOEU/FLUX – Mode 3	NON_REGRESSION
Point A – FLUX_NOEU/FLUY – Mode 3	NON_REGRESSION

On teste les valeurs des coordonnées réduites (table COOR_REDUIT) a_m^T calculées lors de l'extraction des modes empiriques. Pour la base primale (température) :

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^T_{m=1,t=10s}$	$t=10s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=1,t=4s}$	$t=4s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=10s}$	$t=10s$	3	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=4s}$	$t=4s$	3	NON_REGRESSION

Pour la base duale (flux thermique Φ) :

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

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^{\Phi}_{m=1,t=10s}$	$t=10s$	1	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=1,t=4s}$	$t=4s$	1	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=4,t=10s}$	$t=10s$	4	NON_REGRESSION
$a^{\Phi}_{m=4,t=4s}$	$t=4s$	4	NON_REGRESSION

13.4 Remarques

Les modes calculés sont strictement identiques entre POD et POD incrémentale.

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

14 Modélisation L

14.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste la création des modes empiriques en thermique par POD incrémentale en mode reprise. On prend des paramètres de manière à retrouver les mêmes modes que dans la modélisation A. C'est à dire qu'on réalise l'enchaînement suivant :

- Calcul d'une première base empirique sur un calcul de thermique non-linéaire avec les mêmes hypothèses que la modélisation K ;
- Enrichissement de cette base par un calcul de POD incrémentale sur le ***même*** calcul de thermique non-linéaire.

Cet enchaînement permet de retrouver exactement les mêmes modes que les modélisations K et L.

14.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

14.3 Grandeurs testées et résultats

On teste quelques valeurs de la base primale (comme il s'agit de modes empiriques, les tests sont fait au signe près) :

Identification	Type de référence
Point A - TEMP - Mode 1	NON_REGRESSION
Point A - TEMP - Mode 2	NON_REGRESSION
Point A - TEMP - Mode 3	NON_REGRESSION

On teste les valeurs des coordonnées réduites (table COOR_REDUIT) a_m^T calculées lors de l'extraction des modes empiriques. Pour la base primale (température) :

Identification	Instant	Mode	Type de référence
$a^T_{m=1,t=10s}$	$t=10s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=1,t=4s}$	$t=4s$	1	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=10s}$	$t=10s$	3	NON_REGRESSION
$a^T_{m=3,t=4s}$	$t=4s$	3	NON_REGRESSION

14.4 Remarques

Les modes calculés sont strictement identiques entre POD (modélisation A), POD incrémentale (modélisation K) et POD incrémentale en mode reprise (modélisation L).

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

15 Modélisation M

15.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D en thermique non-linéaire.
Cette modélisation teste divers mots-clefs dans DEFI_DOMAINE_REDUIT. Ce test est purement informatique.

15.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 27 éléments de type HEXA8.

15.3 Grandeurs testées et résultats

On vérifie que les mailles et les groupes sont bien créés par l'opérateur DEFI_DOMAINE_REDUIT.
Création d'un groupe de mailles nommé 'RID' pour le RID (mot-clef NOM_DOMAINE) et d'un groupe de nœuds 'INF' (mot-clef NOM_INTERFACE) pour l'interface entre le RID et le reste du domaine.

Identification	Type de référence
Nombre de GROUP_MA	NON_REGRESSION
Nombre de GROUP_ NO	NON_REGRESSION
Nombre de nœuds dans le groupe INF	NON_REGRESSION
Nombre de mailles dans le groupe RID	NON_REGRESSION

15.3.1 Test de NB_COUCHE_SUPPL

En prenant NB_COUCHE_SUPPL=4, le RID devient le domaine entier.

15.3.2 Test de CORR_COMPLET

Tests de non-régression informatique.

15.3.3 Test de DOMAINE_INCLUS

Tests de non-régression informatique.

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

16 Modélisation N

16.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D en mécanique non-linéaire avec hyper-réduction de modèle et correction par éléments finis (option CORR_COMPLET).

16.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 216 éléments de type HEXA8.

16.3 Grandeurs testées et résultats

16.3.1 Avec CORR_COMPLET

On teste la valeur des déplacements obtenus avec un modèle hyper-réduit (avec correction) par rapport à celles obtenues dans le modèle complet :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud en $(0.5,3,2.5)$	$t=10\,s$	DX	$0{,}497612858925\,mm$	0,0055
Nœud en $(0.5,3,2.5)$	$t=10\,s$	DY	$-0{,}736173981172\,mm$	0,0055
Nœud en $(0.5,3,2.5)$	$t=10\,s$	DZ	$1{,}5401647755\,mm$	0,0055
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DX	$-0{,}412778695928\,mm$	0,005
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DY	$-0{,}149415897318\,mm$	0,007
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}306532333698\,mm$	0,006

Et les contraintes :

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud en $(2.5,0,2.5)$	$t=10\,s$	SIXX	$-2526.26537982\,MPa$	0,0022
Nœud en $(2.5,0,2.5)$	$t=10\,s$	SIYY	$-2524.79824979\,MPa$	0,0021
Nœud en $(2.5,0,2.5)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2327.65322131\,MPa$	0,0043
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIXX	$-2607.04528612\,MPa$	0,0015
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIYY	$-2606.7177583\,MPa$	0,0013
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2455.1448814\,MPa$	0,0013

16.3.2 Sans CORR_COMPLET

On teste la valeur des déplacements obtenus avec un modèle hyper-réduit (sans correction) par rapport à celles obtenues dans le modèle complet :

Lieu	Instant	Composante	Déplacement (DEPL)	Précision
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DX	$-0{,}412778695928\,mm$	0,005
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DY	$-0{,}149415897318\,mm$	0,007
Nœud en $(3,2,1)$	$t=10\,s$	DZ	$0{,}306532333698\,mm$	0,006

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

Et les contraintes :

Lieu	Instant	Composante	Contrainte (SIEF_NOEU)	Précision
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIXX	$-2607.04528612\,MPa$	0,0015
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIYY	$-2606.7177583\,MPa$	0,0014
Nœud en $(1.5,2.5,1)$	$t=10\,s$	SIZZ	$-2455.1448814\,MPa$	0,0014

16.4 Remarques

On voit que le calcul avec CORR_COMPLET est un peu meilleur sur l'évaluation des contraintes, mais ça reste non-significatif sur les déplacements.

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

17 Modélisation O

17.1 Caractéristiques de la modélisation

On utilise une modélisation 3D en thermique non-linéaire avec hyper-réduction de modèle et correction par éléments finis (option CORR_COMPLET).

17.2 Caractéristiques du maillage

Le maillage contient 216 éléments de type HEXA8.

17.3 Grandeurs testées et résultats

17.3.1 Avec CORR_COMPLET

On teste la valeur des températures obtenues avec un modèle hyper-réduit (avec correction) par rapport à celles obtenues dans le modèle complet :

Lieu	Instant	Composante	Température	Précision
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=1s$	TEMP	29.9070478306	0.007%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=4s$	TEMP	139.467784038	0.002%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=7s$	TEMP	567.145887211	0.0004%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=10s$	TEMP	999.500384048	0.0006%
Nœud en $(3,0.5,0.5)$	$t=1s$	TEMP	22.6152896917	0.45%
Nœud en $(3,0.5,0.5)$	$t=4s$	TEMP	90.756408026	0.05%
Nœud en $(3,0.5,0.5)$	$t=7s$	TEMP	380.605752326	0.007%
Nœud en $(3,0.5,0.5)$	$t=10s$	TEMP	931.460613403	0.015%

17.3.2 Sans CORR_COMPLET

On teste la valeur des températures obtenues avec un modèle hyper-réduit (sans correction) par rapport à celles obtenues dans le modèle complet :

Lieu	Instant	Composante	Température	Précision
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=1s$	TEMP	29.9070478306	0.007%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=4s$	TEMP	139.467784038	0.0025%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=7s$	TEMP	567.145887211	0.0009%
Nœud en $(1.5,1.5,3)$	$t=10s$	TEMP	999.500384048	0.00075%

17.4 Remarques

On voit que le calcul avec CORR_COMPLET est un peu meilleur sur l'évaluation des températures.

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