ZZZZ121 - Adaptation de maillage avec HOMARD

Résumé

Cette série de cas-tests valide informatiquement l'adaptation de maillage avec HOMARD. Sur un maillage simple, soit en 2D, soit en 3D, un calcul de mécanique statique ou de thermique est lancé, avec production d'un indicateur d'erreurs. A partir de là, un appel au logiciel HOMARD va entraîner une modification du maillage. Sur ce nouveau maillage, un nouveau calcul est activé, correspondant au même problème physique.

Ces cas-tests ne sont pas des exemples de l'intérêt de l'adaptation de maillage et n'ont aucune signification physique. Ils ne servent que de tests de non-régression de la fonctionnalité dans les diverses configurations possibles.

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

1 Généralités

1.1 Contexte

L'objectif est uniquement de tester la non-régression des futures évolutions de *Code_Aster* et HOMARD. Même si les cas-tests sont réalistes du point de vue physique pour bien représenter des études réelles, il ne faut pas attacher d'importance à la valeur des résultats.
En particulier, il ne faut rien en déduire quant à la performance du couple indicateur d'erreur/ adaptation de maillage.

Ces cas-tests valident le fonctionnement des deux macro-commandes MACR_INFO_MAIL et MACR_ADAP_MAIL qui pilotent l'ensemble du processus.

Plus précisément, les fonctionnalités testées sont les suivantes :

- lectures et écritures de maillage et de champs au format MED. Ce sont les commandes IMPR_RESU, LIRE_CHAMP et LIRE_MAILLAGE avec le mot-clé MED comme format,
- écriture du fichier de données pour HOMARD,
- lancement de la procédure gérant l'exécution de HOMARD. C'est la commande EXEC_LOGICIEL ; elle appelle un script avec un nombre variable d'arguments,
- pilotage de l'ensemble du processus par le python : macr_adap_mail_ops.py.

Le processus est a priori insensible à la modélisation envisagée. Les points importants qui occasionnent des traitements différents dans l'échange de données entre HOMARD et *Code_Aster* sont les types d'éléments, le pilotage de l'adaptation et la mise à jour de champs sur le nouveau maillage. Nous envisageons ainsi 4 modélisations qui se répartissent ainsi :

Modélisation	Dimension	Mise à jour de champs
A	2D, triangles	Non
C	2D, triangles	Oui
D	2D, quadrangles	Oui
E	3D, hexaèdres	Oui
F	3D, pentaèdres	Non

La non-régression est testée sur la valeur du champ de déplacement, de contrainte ou de température en un nœud libre. Le test a lieu pour plusieurs résolutions, celles avec les maillages issus de la première et d'au moins une autre adaptation. En effet, les transmissions de données et le pilotage de HOMARD ne sont pas les mêmes pour la première adaptation et les suivantes. Il faut donc tester au moins deux passages.

1.2 Matériau

Deux matériaux distincts sont utilisés. Cette différence permet de s'assurer que les sous-domaines sont bien reconstitués après l'adaptation du maillage.

Matériau 1 $E = 180\,000\ Pa$
$\nu = 0{,}3\ S.I.$
$\alpha = 1{,}5\,10^{-5}\ S.I.$
$\rho = 7\,700\ kg.m^{-3}$
$\lambda = 400\ W.K^{-1}.m^{-1}$
$\rho\, C_p = 1.\ S.I.$

Matériau 2 $E = 220\,000\mathrm{Pa}$

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

$$\nu = 0,33\ S.I.$$
$$\alpha = 1,6\,10^{-5}\ S.I.$$
$$\rho = 8\,300\ kg.m^{-3}$$
$$\lambda = 600\ W.K^{-1}.m^{-1}$$
$$\rho C_p = 1.\ S.I.$$

Dans chacun des cas des modélisations A et C, le matériau 1 est affecté à la moitié 1 et le matériau 2 est affecté à la moitié 2.

Pour le cas de la modélisation D, le domaine est homogène et est constitué du matériau 1.
Pour le cas de la modélisation E, le domaine est homogène et est constitué du matériau 2.

Pour le cas F, le volume est subdivisé en 4 colonnes identifiées *A*, *B*, *C* ou *D.* Ces colonnes sont coupées en deux parties, identifiées 0 ou 1. On applique le matériau correspondant aux valeurs suivantes :

Matériau	Module d'Young (Pa)	Coefficient de Poisson
A0	300000	0,3
A1	200000	0,3
B0	500000	0,33
B1	560000	0,33
CD	100000	0,31

1.3 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Ces cas-tests sont des cas-tests de non régression. La solution de référence est celle obtenue avec un calcul *Code_Aster*.

1.4 Références bibliographique

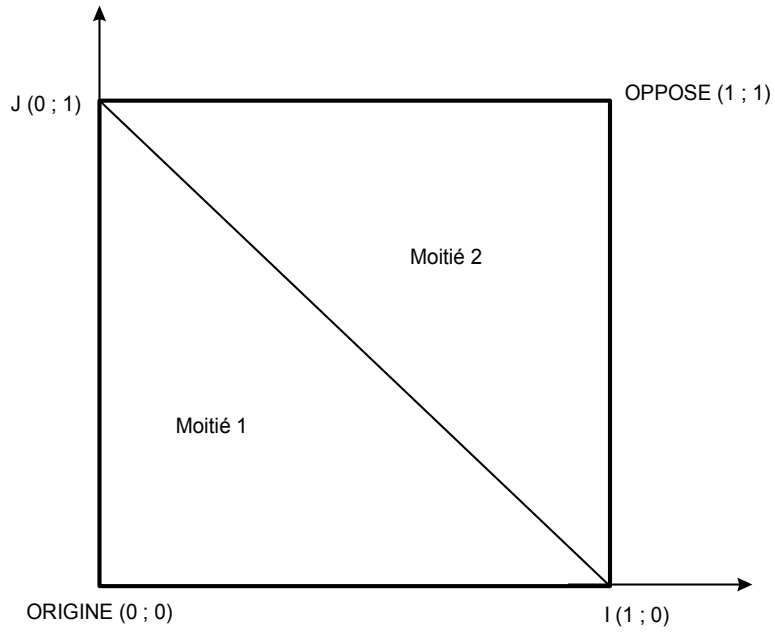
Voir le document [V3.04.111] pour la solution analytique de la modélisation D.

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

2 Modélisation A

2.1 Géométrie

Ce cas bidimensionnel est un carré de côté unité.
Il est divisé en deux parties selon la diagonale d'équation $x + y = 1$.



2.2 Conditions aux limites et changements

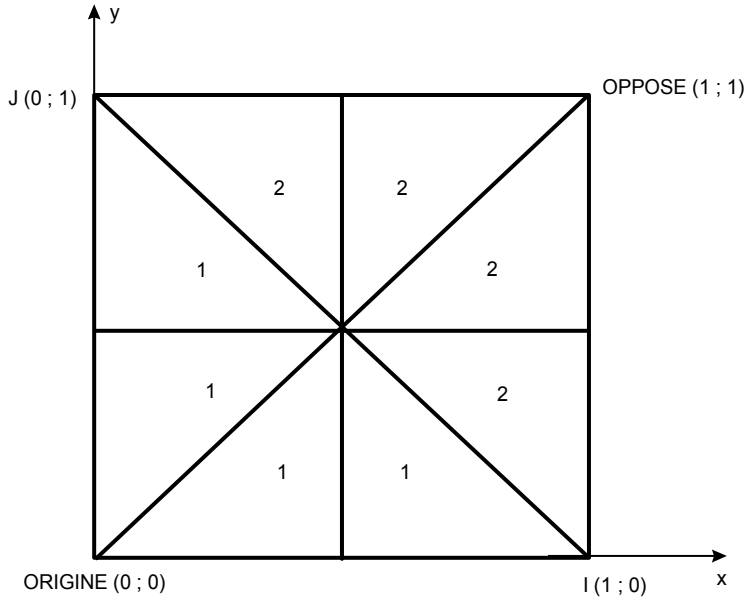
La pièce est bloquée en translation sur la face gauche :
Segment BORD_GAU : DNOR = 0
Elle est bloquée en rotation autour de l'origine : DY = 0

On applique une pression sur le bord supérieur.
Segment BORD_SUP : PRES = 1000.

Les autres bords sont à contrainte nulle.

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

2.3 Caractéristiques du maillage



La structure est maillée en « drapeau britannique », avec des éléments TRIA6. Les bords sont maillés en SEG3. On note sur le croquis le numéro de sous-domaine attribué à chaque triangle.

2.4 Résultats de référence

Le déplacement est testé sur le nœud opposé à l'origine.

	Après adaptation 4	Après adaptation 5
DX	5,1236224 10^{-3}	5,1284749 10^{-3}
DY	–2,7452157 10^{-2}	–3,1219320 10^{-2}

2.5 Remarques

On peut constater que les grandeurs globales (masses, centre de gravité, …) sont bien conservées par le processus d'adaptation.

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

3 Modélisation C

3.1 Géométrie

Elle est identique à la modélisation A.

3.2 Conditions aux limites et chargement

Pour le problème mécanique :

Les conditions aux limites et les chargements sont les mêmes que ceux de la modélisation A.

Pour le problème thermique :

La température est imposée à l'origine : `TEMP = 200.`

On applique un échange convectif avec l'extérieur sur le bord droit.
Segment `BORD_DRO` : `COEFF_H = 500. TEMP_EXT = 310.`

Une source volumique est appliquée :
```
MOITIE1 : SOUR = 18 000
MOITIE2 : SOUR = 22 000
```

Les autres bords sont à flux nul.

3.3 Conditions initiales

Le calcul thermo-mécanique est transitoire, avec adaptation de maillage tous les 2 pas de temps. Le tout premier calcul thermique est initialisé par un calcul stationnaire. Les calculs thermiques suivants sont initialisés par le champ de température obtenu au calcul précédent et mis à jour sur le nouveau maillage.

3.4 Résultats de référence

	Après adaptation 1	Après adaptation 2	Après adaptation 3	Après adaptation 4
TEMP	3,02571345 10^{2}	3,03305718 10^{2}	3,0303801408 10^{2}	3,0887294988051 10^{2}
DX	1,24150129 10^{-2}	1,23762443 10^{-2}		
DY	– 2,54077755 10^{-2}	– 2,56470180 10^{-2}		

3.5 Remarques

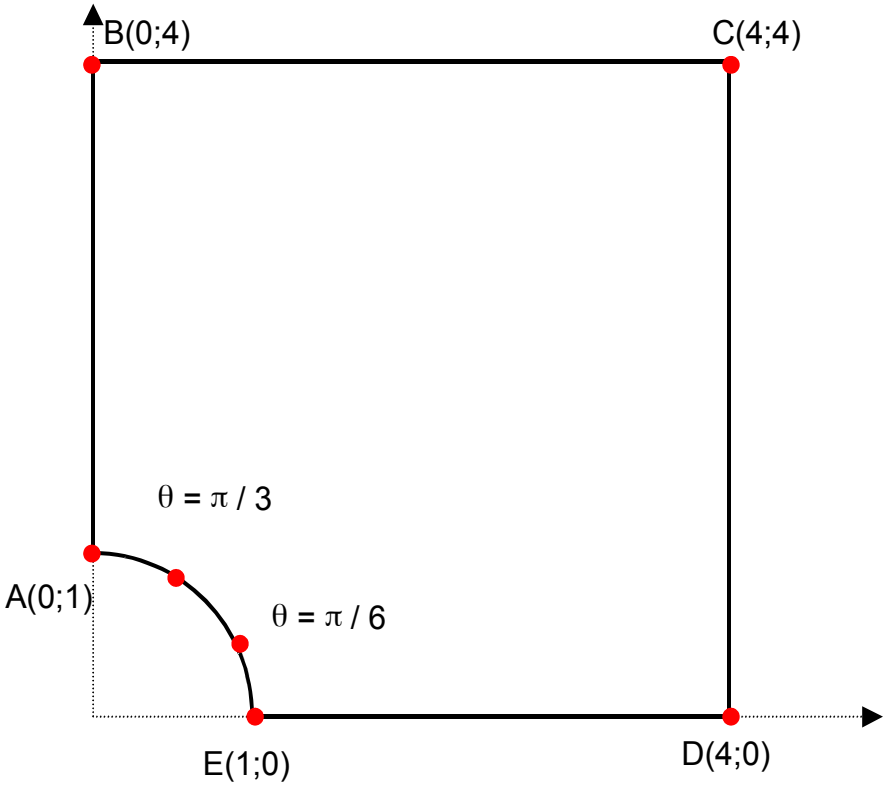
Dans cette série d'adaptations, on produit en même temps les maillages de degré 1 et de degré 2 nécessaires au calcul thermique et mécanique.
L'adaptation est pilotée par des indicateurs d'erreur, des zones géométriques ou par le saut de déplacement.

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

4 Modélisation D

4.1 Géométrie

Ce cas est une copie du cas-test SSLV111.



4.2 Conditions aux limites et chargement

Pour représenter les symétries, la pièce est bloquée en translation normale sur les bords de coupure :
Bord vertical gauche *AB* (groupe *GMP4*) : *DX = 0*
Bord horizontal inférieur *ED* (groupe *GMP1*) : *DY = 0*

Chargement mécanique :

Bord vertical droit CD (groupe $GMP2$) : tractions $\begin{cases} F_x = \sigma_{xx}(x=4.) \\ F_y = \sigma_{xy}(x=4.) \end{cases}$

Bord horizontal supérieur BC (groupe $GMP3$) : tractions $\begin{cases} F_x = \sigma_{xy}(x=4.) \\ F_y = \sigma_{yy}(x=4.) \end{cases}$

Ces contraintes sont calculées par la solution analytique, décrite dans le document [V3.04.111].

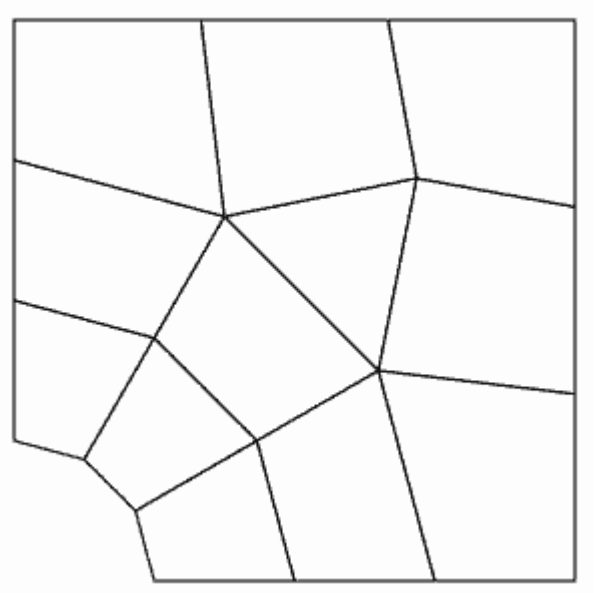
Le dernier bord, AE (groupe $GMP5$), est à contrainte nulle.

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

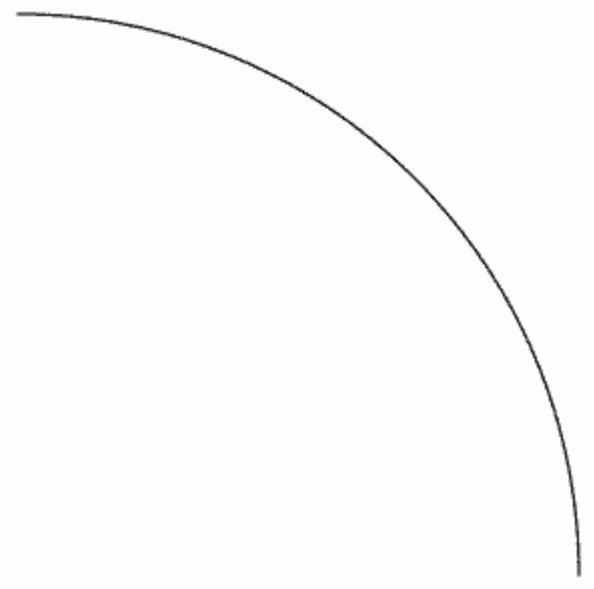
4.3 Caractéristiques du maillage

Le domaine est maillé avec 11 quadrangles QUAD4 et 1 triangle TRIA3.

Les bords du domaine sont maillés en segments SEG2.



L'arc de cercle de la frontière courbe est maillé avec 300 SEG2. Puisqu'ils sont rectilignes, les autres bords ne sont pas représentés.



4.4 Résultats de référence

La référence est établie sur la valeur du champ de contraintes sur les deux nœuds placés sur l'arc interne, aux angles 30 et 60 degrés. Le test est fait en non régression après la première et après la deuxième adaptation. On compare à la solution analytique après la troisième adaptation.

	Nœud 30 degrés	Nœud 60 degrés

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

Adaptation 1	0,8364656	1,5763891
Adaptation 2	0,50491074	1,5891275
Adaptation 3	0,50830985	1,8640630

On teste également sur le nœud à 30 degrés, la projection du champ de déplacement entre la 1ère et la 2ème adaptation : $Ux = 7{,}733\,10^{-6}$

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

5 Modélisation E

5.1 Géométrie

Il s'agit d'un parallélépipède découpé en 9 hexaèdres.

5.2 Conditions aux limites et chargement

La face $x=0$ est encastrée .

On appuie, vers l'intérieur, sur la face $x=6$.

On est en présence de gravité.

Remarque :

La gravite est inclinée par rapport aux axes pour casser la symétrie du problème. Cela permet d'assurer un extremum unique pour l'indicateur d'erreur et donc une sélection identique de la maille à raffiner, quelle que soit la machine d'exécution .

5.3 Caractéristiques du maillage

Le domaine est maillé avec 9 hexaèdres HEXA8.

Les bords du domaine sont maillés en quadrangles QUAD4.

Nombre de groupes de nœuds : 2
B : $NO4(6.,0.,0.)$
A : $NO32(6.,6.,2.)$

Nombre de groupes de mailles : 5
X_0 : les quadrangles de la face x=0
X_MAX : les quadrangles de la face x=6
Z_MI_MA : les quadrangles de la face inférieure, z=0, et de la face supérieure, z=2
Y_MI_MA : les quadrangles de la face avant, y=0, et de la face arrière, y=6
$VOLUME$: les hexaèdres du volume

5.4 Résultats de référence

Sur le résultat du calcul :

	Après adaptation 2
DZ	-17.3329132
ERREST	51818.753

Sur le champ de déplacement interpolé à la seconde adaptation ; les deux nœuds sont créés au centre des hexaèdres coupés. Cela permet de s'affranchir d'éventuels changements de numérotation des nœuds dans HOMARD et de pérenniser le cas-test.

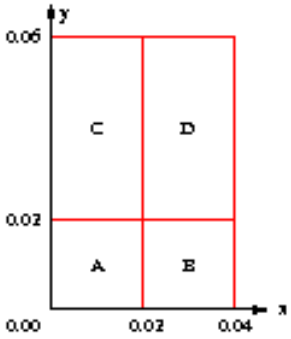
	Valeurs interpolées
DX	6.036338
DZ	-14.0615426

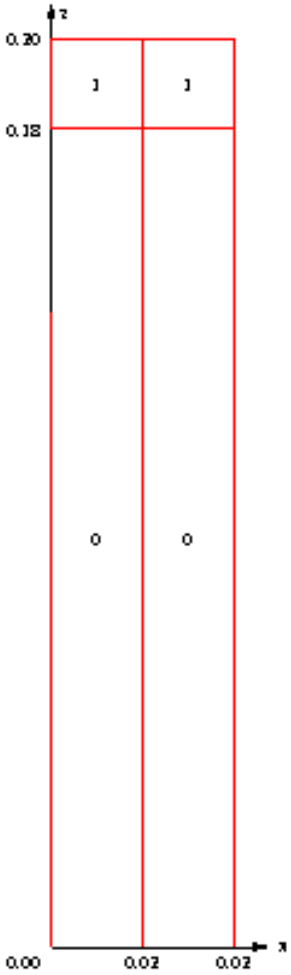
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

6 Modélisation F

6.1 Géométrie

Le domaine est un parallélépipède, subdivisé en 4 colonnes identifiées *A*, *B*, *C* ou D selon l'axe Oz. Ces colonnes sont coupées en deux parties selon un plan perpendiculaire à l'axe Oz, identifiées 0 ou 1.





6.2 Conditions aux limites et chargement

La pièce est bloquée en translation dans les trois directions x, y et z sur la trace de la colonne *B* sur la base *Z=0* (groupe *CL1*). Une pression est exercée sur la trace de la colonne *C*, du côté 1, sur le plan *Y=0.06* (groupe *CL2*).

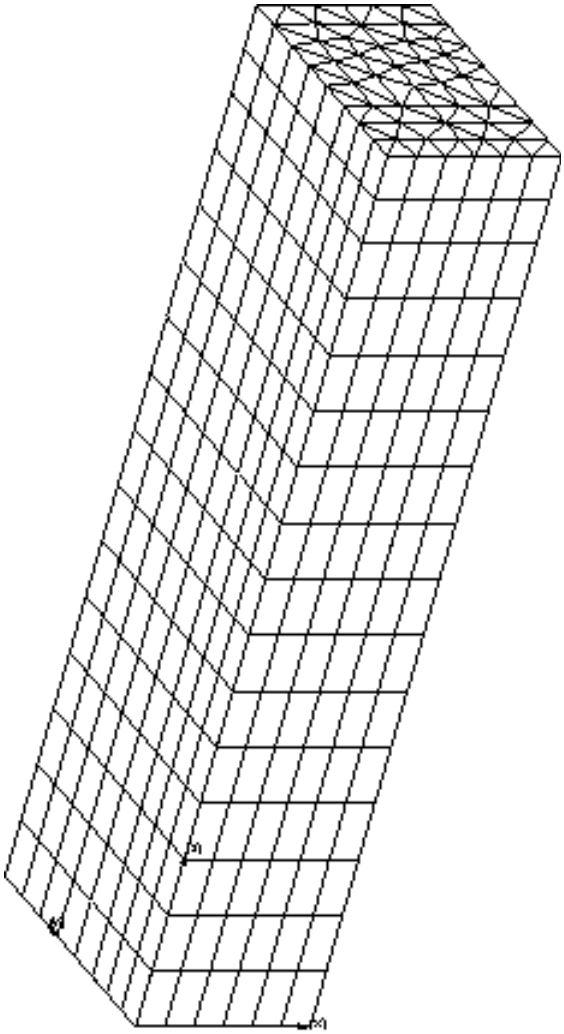
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Les autres bords sont à contrainte nulle.

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

6.3 Caractéristiques du maillage

Le domaine est maillé en extrusion à partir d'une base maillée en triangles. Cela produit 1408 pentaèdres PENTA15. Les bords du domaine sont maillés en faces QUAD8 et TRIA6.



6.4 Résultats de référence

La référence est établie sur la valeur de la composante *DX* du champ de déplacement sur un nœud au centre d'une des faces externes. Le test est fait en non régression après la dernière adaptation.

	Après dernière adaptation
DX	0.0633925584439

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

7 Synthèse des résultats

Ce cas-test ayant pour simple objectif le contrôle de la non régression, aucune remarque n'est à faire sur la valeur des résultats. La référence est celle du calcul *Code_Aster* au jour de la première restitution et doit être retrouvée par la suite.

En examinant les fichiers commande, on notera que les chargements doivent se faire sur des entités à la dimension appropriée.

- un nœud pour un chargement ponctuel ; par exemple un déplacement imposé sur un coin,
- un segment pour un chargement linéique ; par exemple, une pression répartie en 2D,
- un triangle pour un chargement surfacique ; par exemple, une force en 3D.

Par ailleurs, on notera que ces chargements doivent être exprimés sur des groupes de nœuds ou de mailles et non pas sur les nœuds ou et les mailles. En effet après adaptation du maillage, les groupes sont reconstitués. La commande de chargement est donc la même, quel que soit le maillage.

En respectant ces deux règles sur les chargements, l'adaptation de maillage est possible.

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