

# Catalogue des tests

15 mars 2018

## Table des matières

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Tests rapides</b>                                       | <b>2</b> |
| 1.1      | Test_R n°1 : 1D_constant                                   | 2        |
| 1.2      | Test_R n°2 : chargement_VOLUMIQUE_3D                       | 3        |
| 1.3      | Test_R n°3 : contact_axi_non_dynamique                     | 4        |
| 1.4      | Test_R n°4 : contact_basique_axi_deformable_solide         | 6        |
| 1.5      | Test_R n°5 : suppression-noeuds-non-references             | 7        |
| 1.6      | Test_R n°6 : fusion-noeuds-voisins                         | 8        |
| 1.7      | Test_R n°7 : fusion-elements-supperposes                   | 9        |
| 1.8      | Test_R n°8 : fusion-maillage                               | 10       |
| 1.9      | Test_R n°9 : dilatation_thermique_LOI_ADDITIVE_MELANGES    | 11       |
| 1.10     | Test_R n°10 : barre_PRANDTL_REUSS1D_traction               | 12       |
| 1.11     | Test_R n°11 : cube_ISOHYPERBULK3_compression_hydrostatique | 13       |
| 1.12     | Test_R n°12 : cube_MAXWELL3D_traction_relaxation           | 14       |
| 1.13     | Test_R n°13 : loi_3DCP_FAVIER_MAXWELL                      | 15       |
| 1.14     | Test_R n°14 : quadrangle_isohyper3dorgeas1_CP_traction     | 16       |
| 1.15     | Test_R n°15 : cube_MOONEY_RIVLIN_3D_traction               | 17       |
| 1.16     | Test_R n°16 : cube_MOONEY_RIVLIN_3D_cisaillement           | 18       |
| 1.17     | Test_R n°17 : dilatation_thermique_LOI_DES_MELANGES        | 18       |
| 1.18     | Test_R n°18 : fct3D_variables_locales                      | 20       |
| 1.19     | Test_R n°19 : LOI_VIA_UMAT_THERMO_DEPENDANTE               | 21       |
| 1.20     | Test_R n°20 : LOI_VIA_UMAT_1                               | 22       |
| 1.21     | Test_R n°21 : dilatation_thermique_LOI_ADDITIVE            | 23       |
| 1.22     | Test_R n°22 : plis_biellettes                              | 24       |
| 1.23     | Test_R n°23 : dilatation_thermique_LOI_ADDITIVE_MELANGES_2 | 25       |
| 1.24     | Test_R n°24 : HYPO_ELAS3D_LOI_CONTRAINTE_PLANES_traction   | 26       |
| 1.25     | Test_R n°25 : HYPO_ELAS3D_traction                         | 27       |
| 1.26     | Test_R n°26 : HYPO_ELAS2D_C_traction                       | 28       |
| 1.27     | Test_R n°27 : dilatation_thermique_LOI_ADDITIVE_MELANGES_3 | 30       |
| 1.28     | Test_R n°28 : cube_ISOHYPER3DFAVIER3_cisaillement          | 31       |
| 1.29     | Test_R n°29 : cube_ISOHYPER3DFAVIER3_traction              | 32       |
| 1.30     | Test_R n°30 : cube_isohyper3dorgeas1_traction              | 32       |
| 1.31     | Test_R n°31 : sortie_suite_point_info                      | 33       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 1.32     | Test_R n°32 : sortie_contrainte_individuelle_a_chaque_loi_a_t_1 . . . . . | 34        |
| 1.33     | Test_R n°33 : post_trait_defs-log-Almansi-Green_Lagrange . . . . .        | 35        |
| 1.34     | Test_R n°34 : non_dynamique_suite_point_info . . . . .                    | 36        |
| 1.35     | Test_R n°35 : traction_plane_CLL . . . . .                                | 37        |
| 1.36     | Test_R n°36 : cisaillement_CLL_periodique . . . . .                       | 38        |
| 1.37     | Test_R n°37 : traction_biaxiale_BLOCAGE_RELATIF_1 . . . . .               | 39        |
| 1.38     | Test_R n°38 : Fonc_scalcombinees_nD . . . . .                             | 40        |
| 1.39     | Test_R n°39 : fonction_nD . . . . .                                       | 41        |
| 1.40     | Test_R n°40 : zhai_dynamique_explicite . . . . .                          | 43        |
| 1.41     | Test_R n°41 : dynamique_explicite . . . . .                               | 46        |
| 1.42     | Test_R n°42 : dynamique_implicite . . . . .                               | 48        |
| 1.43     | Test_R n°43 : dynamique_relaxation_dynam . . . . .                        | 48        |
| 1.44     | Test_R n°44 : chung_lee_dynamique_explicite . . . . .                     | 49        |
| 1.45     | Test_R n°45 : dynamique_relaxation_dynam_visco . . . . .                  | 52        |
| 1.46     | Test_R n°46 : non_dynamique . . . . .                                     | 52        |
| 1.47     | Test_R n°47 : dynamique_implicite_HHT . . . . .                           | 53        |
| 1.48     | Test_R n°48 : post_trait_defs-log-Almansi-Green_Lagrange . . . . .        | 54        |
| <b>2</b> | <b>Tests longs</b>  | <b>56</b> |
| 2.1      | Test_L n°1 : tunnel_ISOELAS2D_C . . . . .                                 | 56        |
| 2.2      | Test_L n°2 : tunnel_ISOELAS_CP . . . . .                                  | 57        |
| 2.3      | Test_L n°3 : tunnel_isohyper3dorgeas1_CP . . . . .                        | 58        |
|          | <b>Index</b>  | <b>60</b> |

# 1 Tests rapides

## 1.1 Test\_R n°1 : 1D\_constant

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

PONCTUELLE

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_CHARGEMENT
  - ▷ Force\_ponctuelle
  - ▷ Test\_R\_1D\_constant

### 1.1.1 But du test

L'objectif est de tester la syntaxe de l'application d'une force ponctuelle

### 1.1.2 Description du calcul

 tude en traction simple d'une barre de section  $1\text{mm}^2$ , longueur 100mm  
encastée à gauche et soumise à un effort de traction à droite de 1N

Loi élastique linéaire de Hooke :  $E=100000\text{MPa}$ ,  $\nu = 0.25$

La dimension de l'espace est 1D, et on tient compte de la variation de section.

On fait un seul incrément de charge

### 1.1.3 Grandeurs de comparaison

Le déplacement à l'extrémité chargée.

### 1.1.4 Informations sur les fichiers facultatifs

du texte...

### 1.1.5 Comparaison avec des solutions analytiques

En petite def ce qui est le cas ici :  $\delta L / L = 1.e-5$  d'où  $\delta L = 1.e-3$  mm

### 1.1.6 Comparaison avec des codes de calcul

du texte...

## 1.2 Test\_R n°2 : chargement\_VOLUMIQUE\_3D

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

LOLRIEN3D, VOLUMIQUE, ATTRIBUT\_sur\_volume\_initial\_

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_CHARGEMENT
- ▷ VOLUMIQUE
- ▷ Test\_R\_chargement\_VOLUMIQUE\_3D

### 1.2.1 But du test

test du chargement VOLUMIQUE sous 2 versions :

- 1) ... VOLUMIQUE ...
- 2) ... VOLUMIQUE ... ATTRIBUT\_sur\_volume\_initial\_

dans le cas 1), le chargement dépend du volume final

dans le cas 2), le chargement est constant car basé sur le volume initial

### 1.2.2 Description du calcul

un cube unitaire subit une dilatation pure par déplacement imposé de 0.5mm selon les 3 directions. Son volume final est donc  $3.375\text{mm}^3$ .

Les déplacements des 8 noeuds sont tous déterminés par les conditions de blocage, ce qui permet d'utiliser une loi vide (LOLRIEN3D). En l'absence de comportement de matériau, seule le chargement volumique produit une force de réaction.

Le chargement volumique est orienté selon -Z et d'intensité 1. Dans le cas du chargement volumique classique (chargement basé sur volume final), la réaction totale selon Z sera de norme 3.375 N tandis que dans le cas de l'option "ATTRIBUT\_sur\_volume\_initial\_", la réaction totale restera à sa valeur initiale, soit 1 N.

### 1.2.3 Grandeurs de comparaison

référence de noeuds N\_bas :

- torseur de réaction

\*\*Remarque : la composante Rz sera égale à la moitié du chargement volumique total car N\_bas ne contient que la moitié des noeuds du maillage (donc 1.6875 N pour le calcul .CVisu1 et 0.5 N pour le calcul .CVisu2)

### 1.2.4 Informations sur les fichiers facultatifs

butts du script chargement\_VOLUMIQUE\_3D.pretrait2 :

- 1) activer l option "ATTRIBUT\_sur\_volume\_initial" avant le lancement du calcul .CVisu2
- 2) supprimer le fichier .PI créé suite au calcul .CVisu1 pour ne pas faire de RESTART lors du calcul .CVisu2

## 1.3 Test\_R n°3 : contact\_axi\_non\_dynamique

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)  
Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

axisymetrique, contact, ISOELAS, HYPO\_ELAS3D, comparaison Abaqus

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ CONTACT
- ▷ Test\_R\_contact\_axi\_non\_dynamique

### 1.3.1 But du test

test du contact dans le cas d un maillage axisymetrique (sur la base des travaux de these de Emilie Vieville 2014) :

""

```
TYPE_DE_CALCUL  
non_dynamique
```

```
para_contact  
CONTACT_TYPE 2  
""
```

### 1.3.2 Description du calcul

- simulation de la compression confinée d'un joint dans une chemise
- 2 maillages (joint :Bague14\_QC.her, chemise :chem\_fine\_QC.her)
- loi ISOELAS pour les 2 maillages
- maillage axisymétrique quadratique complet (9 points d'intégration)
- bien noter que le maillage chem\_fine\_QC.her a subi une rotation de -90 degrés (en particulier pour la position du point d'intégration 8 de l'élément 16)
- utilisation de référence de point d'intégration (G\_) dans les sorties maple
- précision de calcul égale à celle par défaut dans Abaqus :  
=> PRECISION 5e-3
- pour une comparaison avec Abaqus : voir rubrique "résultats Abaqus"

NB : Dans le cas d'Abaqus, il s'agit d'élément à 8 nœuds donc d'une interpolation quadratique incomplète.

### 1.3.3 Grandeurs de comparaison

- joint :  
pour les nœuds 27 et 77 :
  - position : X1 X2
  - réactions : R\_X1 R\_X2
- pour le point d'intégration 6 de l'élément 14 :
  - déformation : def\_duale\_mises
  - contrainte : contrainte\_mises

- chemise :  
pour le nœud 75 :
  - position : X1 X2
  - réactions : R\_X1 R\_X2
- pour le point d'intégration 8 de l'élément 16 :
  - déformation : def\_duale\_mises
  - contrainte : contrainte\_mises

### 1.3.4 Informations sur les fichiers facultatifs

- Compression\_confinee.inp : mise en données Abaqus v6.10

### 1.3.5 Comparaison avec des codes de calcul

- \*\* comparaison avec Abaqus (fichier Compression\_confinee.inp)

(ci-dessous quelques résultats suite à un calcul fait le 24/02/2015 sur lo-lg2m-001 avec Abaqus v6.10)

joint :

noeud 83 (equivalent du noeud HZ++ 27) : X1= 16.99199867 X2= 21.51000023 R\_X1= 0  
R\_X2= -7505.22998047

noeud 49 (equivalent du noeud HZ++ 77) : X1= 22.99478912 X2= 17.75500679

point 6 element 14 : contrainte\_mises= 66.91905975

chemise :

noeud 801 (equivalent du noeud HZ++ 75) : X1= 22.98790932 X2= 15.74831772

point 4 element 171 (equivalent du point 8 element 16 HZ++) : contrainte\_mises= 160.24816895

GR : de manière à approcher au mieux la simulation dans Abaqus, au final une loi hypo-élastique est utilisée d'où par intégration on retrouve une approximation d'une loi élastique avec une mesure logarithmique cumulée.

NB : Lorsque le pas de temps est limité à 0.02s la différence avec Abaqus se réduit ce qui montre l'importance de la mesure de déformation, même pour des déformations faibles.

## 1.4 Test\_R n°4 : contact\_basique\_axi\_deformable\_solide

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

axisymetrique, contact rigide deformable, ISOELAS

Répertoire :

▷ Batterie

▷ FONCTION\_UNIQUE

▷ CONTACT

▷ Test\_R.contact\_basique\_axi\_deformable\_solide

### 1.4.1 But du test

L'objectif est de vérifier le bon fonctionnement d'un contact basique, en axisymétrique.

- on vérifie le déplacement

- on vérifie la force de réaction

- on vérifie que l'ensemble fonctionne et qu'il n'y a pas d'erreur dans le processus de calcul.

### 1.4.2 Description du calcul

Le maillage est constitué de deux éléments rectangulaires axisymétriques décrivant ainsi un barreau cylindrique avec un tube creux.

L'élément externe (le plus grand) est bloqué et l'élément interne est comprimé via un déplacement nul à la base suivant y et un déplacement imposé sur la partie haute. Cela conduit

à un contact d'où des réactions et une pénétration qui est gérée par la méthode de pénalisation utilisée ici pour le contact.

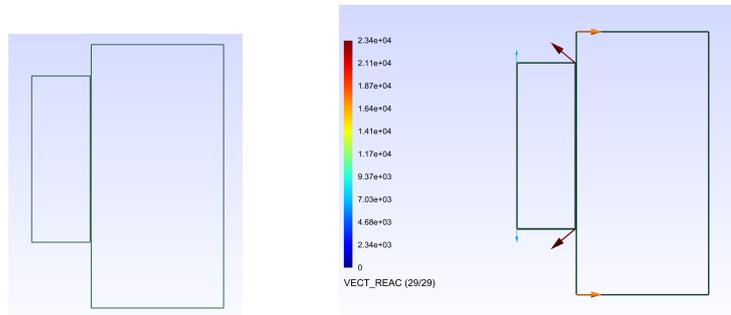


Figure 1 – À gauche le maillage constitué de 2 éléments et à droite les forces de réaction

On peut observer par exemple les forces de réaction via les grandeurs évoluées aux noeuds : VECT\_REAC.

### 1.4.3 Grandeurs de comparaison

- déplacements et réaction pour les noeuds en contact : noeuds 3 et 4 du maillage 1  
et pour les noeuds du solide rigide : noeuds 1 et 4 du maillage 2

## 1.5 Test\_R n°5 : suppression-noeuds-non-references

Auteur :

Erwan Kergourlay (erwan.kergourlay@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

utilitaires, suppression\_noeud\_non\_references

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ UTILITAIRES
- ▷ Test\_R\_suppression-noeuds-non-references

### 1.5.1 But du test

Test rapide de l'utilitaire de fusion de maillage  
””

TYPE\_DE\_CALCUL

utilitaires avec plus suppression\_noeud\_non\_references  
””

### 1.5.2 Description du calcul

Le calcul consiste à supprimer deux noeuds qui ont été ajoutés dans le fichier cube\_soude.her et qui ne sont attachés à aucune référence.

loi isoelas classique

Les fichiers initiaux pour le calcul sont cube\_soude.her et cube\_soude.lis

### 1.5.3 Grandeurs de comparaison

Comparaison du fichier cube\_soude\_nevez.her et cube\_soude\_nevez.lis avec les fichiers de références cube\_soude\_nevez.her.ref1 et cube\_soude\_nevez.lis.ref1  
version d'herezh 6.697

### 1.5.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Des fichiers temporaires sont créés pour la comparaison qui contiennent uniquement les données puis ils sont effacés à la fin de l'exécution du programme perl.

## 1.6 Test\_R n°6 : fusion-noeuds-voisins

### Auteur :

Erwan Kergourlay (erwan.kergourlay@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

NB : GR : modification du test janvier 2017 :

- remplacement des fichiers de référence : de nouvelles possibilités ont été introduites dans Herezh, la génération des nouvelles références est plus complète.

### Mots-clés :

utilitaires, fusion\_de\_noeuds

### Répertoire :

▷ Batterie

▷ FONCTION\_UNIQUE

▷ UTILITAIRES

▷ Test\_R\_fusion-noeuds-voisins

### 1.6.1 But du test

Test rapide de l'utilitaire de fusion de maillage  
””

TYPE\_DE\_CALCUL

utilitaires avec plus fusion\_de\_noeuds  
””

### 1.6.2 Description du calcul

Fusion de deux cubes 1x1x1 en 3D avec 8 éléments chacun (Hexaèdres quadratiques 27 pti)  
Les deux cubes sont l'un à côté de l'autre et le calcul consiste à fusionner les noeuds entre-eux  
loi isoelas classique  
Les fichiers initiaux pour le calcul sont cube\_soude.her et cube\_soude.lis

### 1.6.3 Grandeurs de comparaison

Comparaison des fichiers cube\_soude\_nevez.her et cube\_soude\_nevez.lis avec les fichiers de  
références cube\_soude\_nevez.her.ref1 et cube\_soude\_nevez.lis.ref1  
version d'herezh 6.6785

### 1.6.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Des fichiers temporaires sont créés pour la comparaison qui contiennent uniquement les  
données puis ils sont effacés à la fin de l'exécution du programme perl.

## 1.7 Test\_R n°7 : fusion-elements-supperposes

### Auteur :

Erwan Kergourlay (erwan.kergourlay@univ-ubs.fr)  
Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

utilitaires, fusion\_elements

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ UTILITAIRES
- ▷ Test\_R\_fusion-elements-supperposes

### 1.7.1 But du test

Test rapide de l'utilitaire de fusion des elements supperposes  
””

TYPE\_DE\_CALCUL  
utilitaires avec plus fusion\_elements  
””

### 1.7.2 Description du calcul

Fusion de deux cubes 1x1x1 en 3D avec 8 éléments chacun (Hexaèdres quadratiques 27 pti)  
Les cubes ont exactement la même position X,Y,Z  
loi isoelas classique  
Les fichiers initiaux pour le calcul sont cube\_soude.her et cube\_soude.lis

### 1.7.3 Grandeurs de comparaison

Comparaison des fichiers cube\_soude\_nevez.her et cube\_soude\_nevez.lis avec les fichiers de références cube\_soude\_nevez.her\_ref1 et cube\_soude\_nevez.lis\_ref1  
version d'herezh 6.697  
NB : GR : mise à jour des fichiers de référence compte tenu de la création de nouvelles références par Herezh : version > 6.829

### 1.7.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Des fichiers temporaires sont créés pour la comparaison qui contiennent uniquement les données puis ils sont effacés à la fin de l'exécution du programme perl.

## 1.8 Test\_R n°8 : fusion-maillage

Auteur :

Erwan Kergourlay (erwan.kergourlay@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

utilitaires, fusion\_maillages

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ UTILITAIRES
- ▷ Test\_R\_fusion-maillage

### 1.8.1 But du test

Test rapide de l'utilitaire de fusion de maillage  
””

TYPE\_DE\_CALCUL  
utilitaires avec plus fusion\_maillages  
””

### 1.8.2 Description du calcul

Fusion de deux cubes 1x1x1 en 3D avec 8 éléments chacun (Hexaèdres quadratiques 27 pti)  
loi isoelas classique  
Les fichiers initiaux pour le calcul sont cube1-1-1-1.her et cube2-1-1-1.her

### 1.8.3 Grandeurs de comparaison

Comparaison des fichiers cube\_soude.her et cube\_soude.lis avec les fichiers de références  
cube\_soude.her\_ref1 et cube\_soude.lis\_ref1  
version d'herezh 6.697

### 1.8.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Des fichiers temporaires sont créés pour la comparaison qui contiennent uniquement les données puis ils sont effacés à la fin de l'exécution du programme perl.

## 1.9 Test\_R n°9 : dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE\_MELANGES

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, contrainte\_individuelle\_a\_t\_sans\_proportion,  
LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA, LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA, ISOELAS, TEMP, tempe-  
rature, dilatation\_thermique

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R.dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE\_MELANGES

### 1.9.1 But du test

test de la combinaison "dilatation\_thermique + LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA +  
LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA" avec une loi des mélanges gouvernée par la température

### 1.9.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). La température initialement à 20°C évolue linéairement en fonction du temps pour atteindre 5°C à la fin du calcul.

Loi de comportement :

- loi additive en contrainte constituée d'une loi ISOLEAS + un mélange de 2 lois élastiques ISOELAS  
(la partie mélange est pilotée par la température)
- dilatation thermique

### 1.9.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d intégration 1 de l élément 1 :

- contrainte totale : SIG11
- contribution loi 1 (ISOELAS) : toutes les composantes
- contribution loi 2 (MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 (loi 1 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 4 (loi 2 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 sans proportion : toutes les composantes
- contribution loi 4 sans proportion : toutes les composantes
- déformations : EPS11, EPS22, EPS33
- volume du point d intégration : VOLUME\_PTI

au noeud 8 :

- positions : X1, X2, X3
- température : TEMP

remarque : seuls les positions permettent de rendre compte de la dilatation thermique (car les déformations EPS11, etc... ne représentent que la partie mécanique du tenseur des déformations)

## 1.10 Test\_R n°10 : barre\_PRANDTL\_REUSS1D\_traction

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

traction uniaxiale, 1D, PRANDTL\_REUSS1D

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
    - ▷ Test\_R\_barre\_PRANDTL\_REUSS1D\_traction

### 1.10.1 But du test

test simple de la loi PRANDTL\_REUSS1D en traction uniaxiale (calcul 1D) :  
””

PRANDTL\_REUSS1D

””

### 1.10.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur une barre (1 element POUT BIE1)  
la loi de comportement s inspire d un modele identifie pour un aluminium A6016 A  
avec une loi d ecrouissage de Hocket-Sherby (voir fichier loi\_ecrouissage.courbe)

### 1.10.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :  
- deformation : EPS11  
- contrainte : SIG11

## 1.11 Test\_R n°11 : cube\_ISOHYPERBULK3\_compression\_hydrostatique

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, sollicitation sphérique, compression hydrostatique, ISOHYPERBULK3

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_cube\_ISOHYPERBULK3\_compression\_hydrostatique

### 1.11.1 But du test

test simple de la loi ISOHYPERBULK3 en compression hydrostatique :  
””

ISOHYPERBULK3

””

### 1.11.2 Description du calcul

compression hydrostatique sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
on considere un huitieme du cube par symetrie  
Une symétrie est imposee sur les faces X=0, Y=0, Z=0  
Les faces X=1, Y=1 et Z=1 subissent un deplacement negatif normal a leur surface

### 1.11.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- deformations : Spherique\_eps
  - contrainte : Spherique\_sig

et egalement : VOLUME\_ELEMENT

## 1.12 Test\_R n°12 : cube\_MAXWELL3D\_traction\_relaxation

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, relaxation de contrainte, viscoélasticité, MAXWELL3D

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
    - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
      - ▷ MAXWELL3D
        - ▷ Test\_R\_cube\_MAXWELL3D\_traction\_relaxation

### 1.12.1 But du test

test simple de la loi MAXWELL3D en relaxation de contrainte (traction uniaxiale suivie d un maintien) :

””

MAXWELL3D

””

### 1.12.2 Description du calcul

calcul de relaxation de contrainte sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

le chargement comporte 2 phases :

phase 1 entre  $t=[0 :0.5]$  : traction uniaxiale suivant X

phase 2 entre  $t=[0.5 :1]$  : maintien de la deformation

### 1.12.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33
  - contrainte : SIG11

\*\*remarque concernant les sorties :

il y a une sortie pour chaque increment, pour le cas ou on souhaite visualiser l evolution au cours du calcul (mais la comparaison des .maple se fait uniquement pour la derniere ligne du .maple)

### 1.13 Test\_R n°13 : loi\_3DCP\_FAVIER\_MAXWELL

Auteur :

Julien Troufflard (julien.troufflard@free.fr)

Mots-clés :

non\_dynamique, tube, membrane, LINEIQUE, PRESSION, ISOHYPER3DFAVIER3, MAXWELL3D, LOI\_CONTRAINTES\_PLANES

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
    - ▷ CP\_venant\_du\_3D
    - ▷ Test\_R\_loi\_3DCP\_FAVIER\_MAXWELL

#### 1.13.1 But du test

test d une loi de comportement 3D contrainte plane visco-hyperelastique sur un cas de tube membrane soumis a une pression interne et une contrainte de traction (chargement suivi d un fluage)

””

LOI\_CONTRAINTES\_PLANES

””

#### 1.13.2 Description du calcul

Un quart de tube membrane est soumis au chargement suivant :

- 1) entre t=0 et 1s : application (selon une rampe lineaire) d une pression de gonflage 25 mbars et d une contrainte de traction d environ 1 Mpa (via une force lineique)
- 2) entre t=1 et 2s : maintien constant de la pression et de la force lineique (fluage)

Les dimensions et maillage du tube sont :

- type d elements : QUADRANGLE LINEAIRE
- longueur = 100mm (10 elements dans la longueur)
- rayon = 50mm (12 elements dans le quart de perimetre)
- epaisseur = 0.05mm
- generatrice du tube selon l axe x

La loi de comportement est une loi 3D additive de favier (ISOHYPER3DFAVIER3) +

maxwell (MAXWELL3D) encapsulee dans une loi contraintes planes.

### 1.13.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 3 de l element 11 (point d integration le plus proche de  $x=z=0, y=50\text{mm}$ ) :

- deformations : EPS11 EPS22

- contrainte : SIG11 SIG22

rq : SIG11 donne la contrainte de traction

SIG22 donne la contrainte ortho-radiale

- contrainte et deformation de Mises

### 1.13.4 Informations sur les fichiers facultatifs

le script loi\_3DCP\_FAVIER\_MAXWELL.pretrait2 permet de changer le TEMPSFIN avant de faire le calcul .CVisu2.

## 1.14 Test\_R n°14 : quadrangle\_isohyper3dorgeas1\_CP\_traction

Auteur :

Bertille Claude (bertille.claude@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

quadrangle, isohyper3dorgeas1, contraintes planes

Répertoire :

▷ Batterie

▷ FONCTION\_UNIQUE

▷ LOLDE\_COMPORTEMENT

▷ CP\_venant\_du\_3D

▷ Test\_R-quadrangle\_isohyper3dorgeas1\_CP\_traction

### 1.14.1 But du test

Ce programme teste la loi de comportement isotrope hyperélastique ISOHYPER3DORGEAS1 sur une membrane carrée en traction simple en utilisant une condition de contrainte plane appliquée à la loi 3D.

### 1.14.2 Description du calcul

Le calcul est de type statique.

La loi de comportement testée est la loi ISOHYPER3DORGEAS1 (loi 3D).

Les paramètres définissant cette loi sont des paramètres ajustés sur ses essais réalisés sur des

membranes :

$K= 624$ ;  $Q_0s= 2$ ;  $\mu_01=30$ ;  $\mu_02= 14.6$ ;  $\mu_03= 90$ ;  $\alpha_01= 1e-3$ ;  $\alpha_02= 1e-3$ ;  $Q_0e= 0.12$

Nous lui associons la loi LOI\_CONTRAINTES\_PLANES afin de faire le calcul en 2D prenant en compte

l'hypothèse des contraintes planes (par la méthode de Newton).

La structure étudiée est une membrane carrée de dimensions  $100*100 \text{ mm}^2$ , discrétisée avec un seul élément de type membrane (interpolation linéaire).

L'essai simulé est un essai de traction simple dans la direction 11.

### 1.14.3 Grandeurs de comparaison

SIG11 SIG22 SIG12  
EPS11 EPS22 EPS12

## 1.15 Test\_R n°15 : cube\_MOONEY\_RIVLIN\_3D\_traction

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, MOONEY\_RIVLIN\_3D

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ MOONEY\_RIVLIN\_3D
- ▷ Test\_R\_cube\_MOONEY\_RIVLIN\_3D\_traction

### 1.15.1 But du test

test simple de la loi MOONEY\_RIVLIN\_3D en traction uniaxiale :  
””

MOONEY\_RIVLIN\_3D  
””

### 1.15.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube  $1x1x1$  (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

### 1.15.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33
  - contrainte : SIG11

## 1.16 Test\_R n°16 : cube\_MOONEY\_RIVLIN\_3D\_cisaillement

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, cisaillement simple, MOONEY\_RIVLIN\_3D

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
    - ▷ MOONEY\_RIVLIN\_3D
      - ▷ Test\_R\_cube\_MOONEY\_RIVLIN\_3D\_cisaillement

### 1.16.1 But du test

test simple de la loi MOONEY\_RIVLIN\_3D en cisaillement simple :  
””  
MOONEY\_RIVLIN\_3D  
””

### 1.16.2 Description du calcul

cisaillement simple dans le plan XY (suivant X) sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- deformations planes par blocage de la direction Z pour tous les noeuds

### 1.16.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- deformation : EPS12
  - contrainte : SIG12

## 1.17 Test\_R n°17 : dilatation\_thermique\_LOI\_DES\_MELANGES

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, contrainte\_individuelle\_a\_t\_sans\_proportion,  
LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA, ISOELAS, TEMP, temperature, dilatation thermique,  
dilatation\_thermique

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_dilatation\_thermique\_LOI\_DES\_MELANGES

## **1.17.1 But du test**

test de la combinaison "dilatation\_thermique + LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA" avec une loi des mélanges gouvernée par la température

## **1.17.2 Description du calcul**

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). La température initialement à 20°C évolue linéairement en fonction du temps pour atteindre 5°C à la fin du calcul

Loi de comportement :

- loi des mélanges en contrainte : 2 lois élastiques ISOELAS
- dilatation thermique

## **1.17.3 Grandeurs de comparaison**

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- contrainte totale : SIG11
- contribution loi 1 : toutes les composantes
- contribution loi 2 : toutes les composantes
- contribution loi 1 (sans proportion) : toutes les composantes
- contribution loi 2 (sans proportion) : toutes les composantes
- déformations : EPS11, EPS22, EPS33
- volume du point d intégration : VOLUME\_PTI

au noeud 8 :

- positions : X1, X2, X3
- température : TEMP

remarque : seuls les positions permettent de rendre compte de la dilatation thermique (car les deformations EPS11, etc... ne representent que la partie mecanique du tenseur des deformations)

## 1.18 Test\_R n°18 : fct3D\_variables\_locales

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t,      contrainte\_individuelle\_a\_t\_sans\_proportion,  
LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA,      avec\_fonction\_de\_ponderation\_,      les\_grandeur\_ponderation=,  
def\_duale\_mises\_maxi,      def\_duale\_mises,      ISOHYPERBULK\_GENE,  
avec\_ponder\_grandeur\_locale\_,      PRESSION\_HYST\_T,      PRESSION\_HYST\_REF,  
PRESSION\_HYST\_REF\_M1,      HYSTERESIS\_BULK,      les\_Fonctions\_nD,  
FONCTION\_EXPRESSION\_LITTERALE\_nD

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_fct3D\_variables\_locales

### 1.18.1 But du test

Test d'une loi additive pondérée par des grandeurs calculées localement par une loi membre ici il s'agit de la pression d'hystérésis à t, de la dernière pression d'hystérésis de référence, et enfin de la pression précédente de référence cf. le fichier elastomere\_joint.loi

Dans ce test on se sert d'une fonction littérale nD à 3 variables

### 1.18.2 Description du calcul

Le test est issu d'un exemple de calcul fourni par Émilie Vieville dans le cadre de sa thèse de doctorat.

On considère un tube creux de section rectangulaire soumis à sur la face supérieure à un déplacement de compression.

Le tube est modélisé par un seul élément quadrangulaire axisymétrique. Les 3 autres faces sont bloquées perpendiculairement à la matière.

La loi de comportement est une combinaison additive d'hyperélasticité et d'hystérésis sphérique et déviatorique.

La description de la loi est complexe.

### 1.18.3 Grandeurs de comparaison

Principalement :

- réaction due au déplacement
- au premier point d'intégration : contrainte, déformation, globales et locales,

pondération et pressions

## 1.19 Test\_R n°19 : LOI\_VIA\_UMAT\_THERMO\_DEPENDANTE

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)  
Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, statique, non\_dynamique, LOI\_VIA\_UMAT, thermo de-  
pendance

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ LOI\_VIA\_UMAT
- ▷ Test\_R\_LOI\_VIA\_UMAT\_THERMO\_DEPENDANTE

### 1.19.1 But du test

test simple d une loi de comportement externe LOI\_VIA\_UMAT dans le cas  
d un dialogue Herezh-Herezh en prenant en compte une thermo dependance :  
””

```
MAT_UMAT LOI_VIA_UMAT  
nom_de_la_loi= acier categorie= CAT_THERMO_MECANIQUE dim_loi= 3  
fin_loi_Umat  
””
```

### 1.19.2 Description du calcul

mise en donnees :  
traction uniaxiale suivant Z sur un cube de coté 10 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi hyper elastique HART\_SMITH3D, avec les trois coefficients = une fonction de la  
temperature

NB : il est possible d'utiliser la loi en interne : cf. le fichier .info

### 1.19.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :  
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33  
- contrainte : SIG11

### 1.19.4 Informations sur les fichiers facultatifs

idem Test\_R\_LOI\_VIA\_UMAT\_1

## 1.20 Test\_R n°20 : LOI\_VIA\_UMAT\_1

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, statique, non\_dynamique, LOI\_VIA\_UMAT

### Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
    - ▷ LOI\_VIA\_UMAT
    - ▷ Test\_R\_LOI\_VIA\_UMAT\_1

### 1.20.1 But du test

test simple d une loi de comportement externe LOI\_VIA\_UMAT dans le cas d un dialogue Herezh-Herezh :

””

```
MAT_UMAT LOI_VIA_UMAT
nom_de_la_loi= acier categorie= CAT_MECANIQUE dim_loi= 3
fin_loi_Umat
””
```

### 1.20.2 Description du calcul

mise en donnees identique au test :

Batterie/FONCTION\_UNIQUE/TYPE\_DE\_CALCUL/Test\_R\_non\_dynamique

c est-a-dire :

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

- loi elastique ISOELAS

La difference est que la loi ISOELAS est obtenue par un dialogue Herezh-Herezh sous la forme d une loi externe

### 1.20.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 EPS33

- contrainte : SIG11

#### 1.20.4 Informations sur les fichiers facultatifs

le script LOI\_VIA\_UMAT\_1.pretrait1 lance le calcul Umat\_Hz.info (loi externe) et le script LOI\_VIA\_UMAT\_1.posttrait1 se charge de tuer ce processus avant de finir le test (car ce processus ne s'arrête pas tout seul).

### 1.21 Test\_R n°21 : dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA, ISOELAS, TEMP, temperature, dilatation\_thermique, dilatation\_thermique

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE

#### 1.21.1 But du test

test de la combinaison "dilatation\_thermique + LOI\_ADDITIVE"

#### 1.21.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). La température initialement à 20°C évolue linéairement en fonction du temps pour atteindre 0°C à la fin du calcul

Loi de comportement :

- loi additive en contrainte : 2 lois élastiques ISOELAS
- dilatation thermique

#### 1.21.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d'intégration 1 de l'élément 1 :

- contrainte totale : SIG11
- contribution loi 1 : toutes les composantes
- contribution loi 2 : toutes les composantes
- déformations : EPS11, EPS22, EPS33

- volume du point d'intégration : VOLUME\_PTI

au noeud 8 :

- positions : X1, X2, X3
- température : TEMP

remarque : seuls les positions permettent de rendre compte de la dilatation thermique (car les déformations EPS11, etc... ne représentent que la partie mécanique du tenseur des déformations)

## 1.22 Test\_R n°22 : plis\_biellettes

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

1D, LOI\_CRITERE, PLISSEMENT\_BIEL, TYPE\_DE\_CRITERE\_

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
    - ▷ Loi\_Critere
    - ▷ Test\_R\_plis\_biellettes

### 1.22.1 But du test

tester le fonctionnement de la loi critère en 1D, sur des bielles

### 1.22.2 Description du calcul

On considère une barre de 10 éléments, 100mm de long et d'une section de 1, dont les extrémités sont encastées et dont le noeud milieu est soumis à une charge de 1N. La moitié des éléments sont en compression tandis que l'autre moitié est en traction. L'algorithme de calcul est la relaxation dynamique.

### 1.22.3 Grandeurs de comparaison

La contrainte pour le premier élément et la contrainte pour le dernier élément.

#### 1.22.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Dans le répertoire il y a également le test avec une barre à 3 noeuds et dans le .info, sous forme commentée, il y a la résolution en implicite car dans ce cas il n'y a pas d'instabilité.

#### 1.22.5 Comparaison avec des solutions analytiques

On bloque la variation de section donc on doit avoir :

$$\sigma^{11} = F/S_0 = 1/1 = 1MPa$$

### 1.23 Test\_R n°23 : dilatation thermique LOI\_ADDITIVE\_MELANGES\_2

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, contrainte\_individuelle\_a\_t\_sans\_proportion, LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA, LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA, ISOELAS, TEMP, temperature, dilatation thermique, dilatation thermique

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE\_MELANGES\_2

#### 1.23.1 But du test

idem test dilatation thermique LOI\_ADDITIVE\_MELANGES avec cette fois 2 lois des mélanges imbriquées

Gérard Rio → fonctionne à partir de la version 6.777 (pas avant)

#### 1.23.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). La température initialement à 20°C évolue linéairement en fonction du temps pour atteindre 5°C à la fin du calcul.

Loi de comportement :

- loi additive en contrainte constituée d'une loi ISOLEAS + 3 lois de mélanges imbriquées  
⇒ ISOELAS+MELANGE[ISOELAS-MELANGE[ISOELAS-ISOELAS]]  
(la partie mélange est pilotée par la température)
- dilatation thermique

### 1.23.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- contrainte totale : SIG11
- contribution loi 1 (ISOELAS) : toutes les composantes
- contribution loi 2 (MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 (loi 1 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 4 (loi 2 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 sans proportion : toutes les composantes
- contribution loi 4 sans proportion : toutes les composantes
- déformations : EPS11, EPS22, EPS33
- volume du point d intégration : VOLUME\_PTI

au noeud 8 :

- positions : X1, X2, X3
- température : TEMP

remarque : seuls les positions permettent de rendre compte de la dilatation thermique (car les deformations EPS11, etc... ne representent que la partie mecanique du tenseur des deformations)

### 1.24 Test\_R n°24 :

#### **HYPO\_ELAS3D\_LOI\_CONTRAINTES\_PLANES\_traction**

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

plaque unitaire, traction uniaxiale, HYPO\_ELAS3D, LOI\_CONTRAINTES\_PLANES, NEWTON\_LOCAL, déformation logarithmique

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
    - ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
      - ▷ HYPO\_ELAS
        - ▷ Test\_R\_HYPO\_ELAS3D\_LOI\_CONTRAINTES\_PLANES\_traction

#### 1.24.1 But du test

```
%*****
%***** ATTENTION : pour l instant, le fichier .maple.ref1 est celui généré par le
%***** cas test Test_R_HYPO_ELAS2D_C_traction en attendant la correction du problème
%*****
% gérard rio -> mise à jour et correction le 12 septembre 2016
test simple de la loi HYPO_ELAS3D en contraintes planes (LOI_CONTRAINTES_PLANES)
```

en traction uniaxiale :

””

LOI\_CONTRAINTES\_PLANES ...

...

HYPO\_ELAS3D

””

### 1.24.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur une plaque 1x1x0.01 (1 element QUADRANGLE LINEAIRE). La loi de comportement est en contraintes planes à partir d'une loi 3D (LOI\_CONTRAINTES\_PLANES).

Les paramètres de la loi HYPO\_ELAS3D ont été calculés de manière à avoir une loi d'élasticité :

$$E = 10000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

La loi HYPO\_ELAS3D est calculée par intégration du tenseur vitesse de déformation. Par conséquent, la mesure de déformation associée à cette loi est la déformation logarithmique cumulée. Les paramètres  $E$ ,  $\nu$  ci-dessus sont donc cohérents avec une courbe de traction "déformation log. 11 - contrainte Cauchy" pour le module  $E$  et avec une courbe "déformation log. 11 - déformation log. 22 (ou 33)" pour le coefficient de Poisson  $\nu$ .

En grandeurs de sortie Herezh++, on a les relations :

$$E = \text{SIG11}/\text{logarithmique11}$$

$$\nu = -\text{logarithmique22}/\text{logarithmique11} = -\ln(\text{EPAISSEUR\_MOY\_FINALE}/0.01)/\text{logarithmique11}$$

(remarque : épaisseur initiale = 0.01)

### 1.24.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 logarithmique11 logarithmique22

- epaisseur finale : EPAISSEUR\_MOY\_FINALE

- contrainte : SIG11

## 1.25 Test\_R n°25 : HYPO\_ELAS3D\_traction

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, HYPO\_ELAS3D, déformation logarithmique

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
  - ▷ HYPO\_ELAS
  - ▷ Test\_R\_HYPO\_ELAS3D\_traction

### 1.25.1 But du test

test simple de la loi HYPO\_ELAS3D en traction uniaxiale :  
””

HYPO\_ELAS3D  
””

### 1.25.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

Les paramètres de la loi HYPO\_ELAS3D ont été calculés de manière à avoir une loi d'élasticité :

$$E = 10000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

La loi HYPO\_ELAS3D est calculée par intégration du tenseur vitesse de déformation. Par conséquent, la mesure de déformation associée à cette loi est la déformation logarithmique cumulée. Les paramètres  $E$ ,  $\nu$  ci-dessus sont donc cohérents avec une courbe de traction "déformation log. 11 - contrainte Cauchy" pour le module  $E$  et avec une courbe "déformation log. 11 - déformation log. 22 (ou 33)" pour le coefficient de Poisson  $\nu$ .

En grandeurs de sortie Herezh++, on a les relations :

$$E = \text{SIG11}/\text{logarithmique11}$$

$$\nu = -\text{logarithmique22}/\text{logarithmique11} = -\text{logarithmique33}/\text{logarithmique11}$$

### 1.25.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 EPS33 logarithmique11 logarithmique22 logarithmique33

- contrainte : SIG11

## 1.26 Test\_R n°26 : HYPO\_ELAS2D\_C\_traction

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

plaque unitaire, traction uniaxiale, HYPO\_ELAS2D\_C, déformation logarithmique

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ HYPO\_ELAS
- ▷ Test\_R\_HYPO\_ELAS2D\_C\_traction

### 1.26.1 But du test

test simple de la loi HYPO\_ELAS2D\_C en traction uniaxiale :

””

HYPO\_ELAS2D\_C

””

### 1.26.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur une plaque 1x1x0.01 (1 element QUADRANGLE LINEAIRE).

Les paramètres de la loi HYPO\_ELAS2D\_C ont été calculés de manière à avoir une loi d'élasticité :

$$E = 10000 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3$$

La loi HYPO\_ELAS2D\_C est calculée par intégration du tenseur vitesse de déformation. Par conséquent, la mesure de déformation associée à cette loi est la déformation logarithmique cumulée. Les paramètres  $E$ ,  $\nu$  ci-dessus sont donc cohérents avec une courbe de traction "déformation log. 11 - contrainte Cauchy" pour le module  $E$  et avec une courbe "déformation log. 11 - déformation log. 22 (ou 33)" pour le coefficient de Poisson  $\nu$ .

En grandeurs de sortie Herezh++, on a les relations :

$$E = \text{SIG11}/\text{logarithmique11}$$

$$\nu = -\text{logarithmique22}/\text{logarithmique11} = -\ln(\text{EPAISSEUR\_MOY\_FINALE}/0.01)/\text{logarithmique11}$$

(remarque : épaisseur initiale = 0.01)

### 1.26.3 Grandeurs de comparaison

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 logarithmique11 logarithmique22

- epaisseur finale : EPAISSEUR\_MOY\_FINALE

- contrainte : SIG11

## 1.27 Test\_R n°27 : dilatation thermique LOI\_ADDITIVE\_MELANGES\_3

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, contrainte\_individuelle\_a\_t\_sans\_proportion, LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA, LOI\_DES\_MELANGES\_EN\_SIGMA, ISOELAS, TEMP, temperature, dilatation thermique, dilatation thermique

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ Test\_R\_dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE\_MELANGES\_3

### 1.27.1 But du test

idem test dilatation\_thermique\_LOI\_ADDITIVE\_MELANGES avec cette fois 3 lois des mélanges imbriquées

Gérard Rio → fonctionne à partir de la version 6.777 (pas avant)

### 1.27.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). La température initialement à 20°C évolue linéairement en fonction du temps pour atteindre 5°C à la fin du calcul.

Loi de comportement :

- loi additive en contrainte constituée d'une loi ISOLEAS + 3 lois de mélanges imbriquées  
⇒ ISOELAS+MELANGE[ISOELAS-MELANGE[ISOELAS-MELANGE[ISOELAS-ISOELAS]]]
- (la partie mélange est pilotée par la température)
- dilatation thermique

### 1.27.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- contrainte totale : SIG11
- contribution loi 1 (ISOELAS) : toutes les composantes
- contribution loi 2 (MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 (loi 1 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 4 (loi 2 du MELANGE) : toutes les composantes
- contribution loi 3 sans proportion : toutes les composantes
- contribution loi 4 sans proportion : toutes les composantes

- déformations : EPS11, EPS22, EPS33
- volume du point d intégration : VOLUME\_PTI

au noeud 8 :

- positions : X1, X2, X3
- température : TEMP

remarque : seuls les positions permettent de rendre compte de la dilatation thermique (car les deformations EPS11, etc... ne representent que la partie mecanique du tenseur des deformations)

## **1.28 Test\_R n°28 : cube\_ISOHYPER3DFAVIER3\_cisaillement**

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, cisaillement simple, ISOHYPER3DFAVIER3

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
  - ▷ ISOHYPER3DFAVIER3
  - ▷ Test\_R\_cube\_ISOHYPER3DFAVIER3\_cisaillement

### **1.28.1 But du test**

test simple de la loi ISOHYPER3DFAVIER3 en cisaillement simple :

””

ISOHYPER3DFAVIER3

””

### **1.28.2 Description du calcul**

cisaillement simple dans le plan XY (suivant X) sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

- deformations planes par blocage de la direction Z pour tous les noeuds

### **1.28.3 Grandeurs de comparaison**

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformation : EPS12
- contrainte : SIG12

## 1.29 Test\_R n°29 : cube\_ISOHYPER3DFAVIER3\_traction

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, ISOHYPER3DFAVIER3

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ ISOHYPER3DFAVIER3
- ▷ Test\_R\_cube\_ISOHYPER3DFAVIER3\_traction

### 1.29.1 But du test

test simple de la loi ISOHYPER3DFAVIER3 en traction uniaxiale :  
””

ISOHYPER3DFAVIER3

””

### 1.29.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)

### 1.29.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33
  - contrainte : SIG11

## 1.30 Test\_R n°30 : cube\_isohyperd3dorgeas1\_traction

### Auteur :

Bertille Claude (bertille.claude@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

cube, traction uniaxiale, isohyper3dorgeas1

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ Orgeas
- ▷ Test\_R\_cube\_isohyperd3dorgeas1\_traction

### 1.30.1 But du test

Ce programme teste la loi de comportement isotrope hyperélastique ISOHYPER3DORGEAS1 sur un cube en traction uniaxiale.

### 1.30.2 Description du calcul

Le calcul est de type statique.

La loi de comportement testée est la loi ISOHYPER3DORGEAS1 (loi 3D).

Les paramètres définissant cette loi ont été ajustés sur des essais réalisés sur des membranes :  
K= 624; Q0s= 0.4; mu01= 44; mu02= 0.6; mu03= 44; alpha01= 1e-3; alpha02= 1e-3; Q0e= 0.01

La structure étudiée est un cube de dimensions 100\*100\*100 mm<sup>3</sup>, discrétisé avec un seul élément de type volumique (interpolation linéaire, 8noeuds)

L'essai simulé est un essai de traction uniaxiale dans la direction 11.

### 1.30.3 Grandeurs de comparaison

SIG11 SIG22 SIG33 SIG12 SIG23 SIG13  
EPS11 EPS22 EPS33 EPS12 EPS23 EPS13

## 1.31 Test\_R n°31 : sortie\_suite\_point\_info

#### Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)  
Frank Petitjean (frank.petitjean@rttime.fr)  
Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

#### Mots-clés :

\_suite\_point\_info\_, FREQUENCE\_SORTIE\_FIL\_DU\_CALCUL,  
CAL\_VOL\_TOTAL\_ENTRE\_SURFACE\_ET\_PLANS\_REF

#### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ SORTIES
- ▷ Test\_R.sortie.suite\_point\_info

### 1.31.1 But du test

Vérification du fonctionnement des sorties dans le cas d'une continuation de calcul (\_suite\_point\_info\_)

Gérard Rio → fonctionne à partir de la version 6.777 (pas avant)

### 1.31.2 Description du calcul

Le maillage est une tranche de sphère de rayon 10m. Tous les noeuds sont bloqués selon UX, UY et UZ (aucun calcul mécanique). On calcule le volume inclus dans cette tranche de sphère (mot-clé para\_calculs\_geometriques). Le premier calcul (temps=1) est suivi de deux \_suite\_point\_info\_ (temps=2 et temps=3) avec à chaque fois 2 incréments.

Test implanté suite à la modif Herezh en réponse à la demande #115 sur le site d'Herezh :

<http://kleger.univ-ubs.fr/Herezh/issues/115> (voir ce lien pour plus d'infos)

### 1.31.3 Grandeurs de comparaison

Diverses grandeurs globales (notamment les volumes par rapport aux plans xy, xz et yz) chargement extérieur sur les noeuds 1 23 44 (pression\_ext)

## 1.32 Test\_R n°32 : sortie\_contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t\_1

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t, LOI\_ADDITIVE\_EN\_SIGMA, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ SORTIES
- ▷ Test\_R\_sortie\_contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t\_1

### 1.32.1 But du test

test de la sortie maple de la grandeur "contrainte\_individuelle\_a\_chaque\_loi\_a\_t"

### 1.32.2 Description du calcul

- traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi additive en contrainte : 2 lois elastiques ISOELAS

### 1.32.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- contrainte totale : SIG11
  - contribution loi 1 : toutes les composantes
  - contribution loi 2 : toutes les composantes

## 1.33 Test\_R n°33 : post\_trait\_defis-log-Almansi-Green\_Lagrange

### Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

Green-Lagrange11, Almansi11, logarithmique11

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ SORTIES
- ▷ Test\_R\_post\_trait\_defis-log-Almansi-Green\_Lagrange

### 1.33.1 But du test

Test de sortie de résultats concernant le calcul des différentes déformations suivantes, accessibles en post-traitement :

- déformation d'Almansi
- déformation de Green-Lagrange
- déformation logarithmique

### 1.33.2 Description du calcul

 tude 1D de la traction d'une barre maill e en 2 éléments.

### 1.33.3 Grandeurs de comparaison

Les 3 déformations que l'on peut calculer. La loi de comportement est Hooke 1D de module 10000 MPa Longueur :  $L = 400\text{mm}$ , force :  $F_{centre} = 1000\text{N}$ ,  $F_{bout} = 2000\text{N}$ , section :  $3\text{mm}^2$   
Dans ce calcul, on impose une section constante d'où une contrainte qui est exactement :

$\sigma = F/section$  La déformation utilisée pour le calcul est celle d'Almansi. D'où sur la première barre :  $\sigma = 3000/3 = 1000MPa$  D'où  $\epsilon_A = 0.1 = 10\%$  Sur la seconde barre :  $\sigma = 2000/3MPa$  D'où  $\epsilon_A = 0.2/3 = 0.0666 = 6.66\%$

À partir de ces grandeurs, sachant que l'élongation vaut :  $\lambda = 1./\sqrt{(1. - 2.\epsilon_A)}$ , on en déduit :  
- la déformation logarithmique :  $\epsilon_L = \log(\lambda)$  - la déformation de Green-Lagrange :  $\epsilon_G = 0.5(\lambda\lambda - 1.)$  D'où pour le premier tronçon :  $\epsilon_L = 0.11157$  et  $\epsilon_G = 0.125$  et pour le deuxième tronçon :  $\epsilon_L = 0.071550$  et  $\epsilon_G = 0.076923$  On retrouve ces différentes valeurs dans le fichier .maple

### 1.34 Test\_R n°34 : non\_dynamique\_suite\_point\_info

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

\_suite\_point\_info\_, non\_dynamique, traction uniaxiale, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ SORTIES
- ▷ Test\_R\_non\_dynamique\_suite\_point\_info

#### 1.34.1 But du test

Vérification du nombre et de la liste des incréments calculés (INCREMENT DE CHARGE) dans le cas d'une continuation de calcul (\_suite\_point\_info\_)

Gérard Rio → fonctionne é partir de la version 6.777 (pas avant)

#### 1.34.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE). Loi ISOELAS

Le calcul se fait en 2 étapes :

- 1) premier calcul entre le temps 0 et 1 (traction UX de 0.01)
- 2) poursuite du calcul (\_suite\_point\_info\_) jusqu'a un temps de 2 (traction UX de 0.02). Le déplacement imposé est piloté par une courbe de charge.

#### 1.34.3 Grandeurs de comparaison

- pour le point d integration 1 de l element 1 :
- contrainte : SIG11
- déformations : EPS11, EPS22, EPS33

### 1.34.4 Informations sur les fichiers facultatifs

Le script `non_dynamique_suite_point_info.verif1` lit le fichier de redirection de l'affichage produit par Herezh. Il renvoie OK si il trouve un affichage de 20 incréments de calcul (INCREMENT DE CHARGE) et que ces incréments sont numérotés dans l'ordre de 1 à 20.

## 1.35 Test\_R n°35 : traction\_plane\_CLL

Auteur :

Frank Petitjean (frank.petitjean@rttime.fr)

Mots-clés :

`non_dynamique`, `ISOELAS2D_C`, `condition_limite_lineaire_`, `def_auto_coef_planOuDroite`, `def_auto_coef_planOuDroite`

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ CONDITIONS\_LIMITES
- ▷ Test\_R\_traction\_plane\_CLL

### 1.35.1 But du test

L'objectif est de tester les conditions limites linéaires de type positionnement sur une droite et de type condition limite linéaire générale

””

`condition_limite_lineaire_`

””

### 1.35.2 Description du calcul

Traction uniaxiale suivant  $x$  sur une plaque  $100 \times 100 \text{ mm}^2$  discrétisée en  $10 \times 10$  éléments quadrangle. Le calcul est en 2D (dimension 2). Les conditions limites empêchent le déplacement selon  $y$  ce qui permet de modéliser une traction plane.

L'idée de ce test est de réaliser les conditions de déplacement nul sur les 3 cotés nord, ouest et sud au moyen de conditions limites linéaires plutôt que par des conditions de déplacement limites classiques. Pour cela la première option est bien adaptée, puisqu'elle concerne une condition linéaire entre des degrés de liberté de position ou de déplacement d'un même noeud, correspondant à un positionnement sur un plan en 3D ou une droite en 2D.

La limite avec cette option est qu'il n'est pas possible d'affecter à un même noeud deux conditions linéaires différentes, même s'il elles concernent des degrés de liberté différents. Le noeud commun aux cotés nord et ouest (référence `N_NO`), et celui commun aux cotés ouest et sud (référence `N_SO`) sont donc exclus. Pour ces deux noeuds il faut donc utiliser une CLL classique (option 2). Pour cette raison ces deux noeuds ont été sortis des listes respectives

N\_N et N\_S. Sans cette précaution Herezh s'interrompt avec un message d'erreur.

### 1.35.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud de coordonnées (100,100) (référence N\_NE) :  
- déplacements X et Y

## 1.36 Test\_R n°36 : cisaillement\_CLL\_periodique

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cisaillement simple, périodique, CLL, condition\_limite\_lineaire\_, porosité

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ CONDITIONS\_LIMITES
- ▷ Test\_R\_cisaillement\_CLL\_periodique

### 1.36.1 But du test

test des relations linéaires entre degré de liberté dans un contexte de conditions limites périodiques

””

condition\_limite\_lineaire\_

””

### 1.36.2 Description du calcul

cisaillement simple périodique en déplacement sur une plaque 30x30x0.6mm. Les noeuds du bas ( $Y=-15\text{mm}$ ) sont bloqués suivant X, les noeuds du haut ( $Y=15\text{mm}$ ) ont un déplacement imposé de 4 mm suivant X.

Le maillage est une grille 6x6 en éléments PENTAEDRE LINEAIRE. La porosité est introduite en affectant une loi élastique de très faible module ( $E=0.1\text{ MPa}$ ) pour certains éléments (16.666% de porosité au total). Le reste des éléments ont une loi élastique quelconque ( $E=10000\text{ MPa}$ ,  $\nu=0.4$ )

La périodicité du motif est obtenue via des relations linéaires entre les déplacements des noeuds aux frontières e la plaque (voir fichier CLL\_periodique.cl)

La déformée pour un déplacement suivant X de 4 mm est montrée ci-dessous :

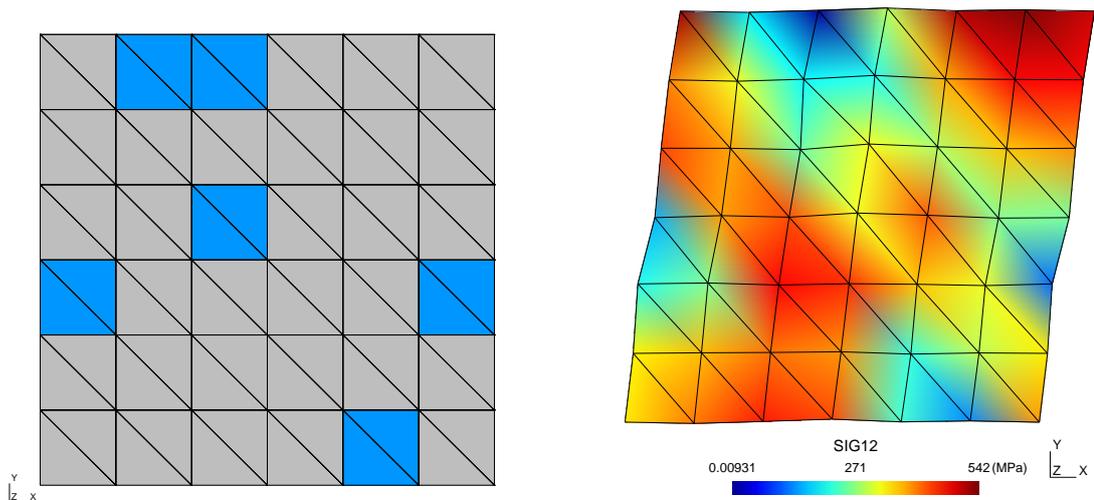


Figure 2 – (à gauche) maillage initial avec affichage en bleu de la porosité, (à droite) champ de contrainte de cisaillement sur la déformée

### 1.36.3 Grandeurs de comparaison

- 1) pour les 2 points d'intégration d'un élément proche d'un vide (référence E\_30) :
  - déformation : EP12
  - contrainte : SIG12

- 2) torseur de réaction des nœuds sur lequel on impose un déplacement suivant X (référence N\_dpiUX)

- 3) position finale (X1 X2 X3) d'un nœud du bord (référence N\_38)

## 1.37 Test\_R n°37 : traction\_biaxiale\_BLOCAGE\_RELATIF\_1

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

Traction biaxiale, BLOCAGE\_RELATIF\_, TEMPS\_MINI

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ CONDITIONS\_LIMITES
- ▷ Test\_R\_traction\_biaxiale\_BLOCAGE\_RELATIF\_1

### 1.37.1 But du test

Vérification du fonctionnement de la combinaison BLOCAGE\_RELATIF\_ + TEMPS\_MINI dans une condition de déplacement imposé

### 1.37.2 Description du calcul

Calcul de traction biaxiale sur un cube unitaire.

La gestion du chargement se fait via des courbes de charge :

1) Entre le temps 0 et 1, c est de la traction uniaxiale classique selon X car la condition sur UY de la face Y=1 est inactive jusqu au temps 1 inclus (TEMPS\_MINI= 1).

2) Entre le temps 1 et 2, la courbe dpl\_UX permet de figer la face X=1 dans sa position actuelle (X=1.02). La condition sur la face Y=1 devient active, c'est-à-dire un déplacement UY=0.02 (piloté par la courbe dpl\_UY\_relatif) depuis la position atteinte au temps 1 (BLOCAGE\_RELATIF\_).

### 1.37.3 Grandeurs de comparaison

les positions finales du noeud 8 : X1, X2, X3

contraintes au point d intégration 1 : SIG11, SIG22, SIG33

## 1.38 Test\_R n°38 : Fonc\_scal\_combinees\_nD

Auteur :

Gerard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

FONC\_SCAL\_COMBINEES\_ND, COURBE\_EXPRESSION\_LITTERALE\_1D,  
FONCTION\_COURBE1D, temps\_courant

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ FONCTIONS\_ET\_COURBES
- ▷ Test\_R.Fonc\_scal\_combinees\_nD

### 1.38.1 But du test

Test de bon fonctionnement : vérification du fonctionnement d'une fonction utilisateur complexe correspond à un ensemble de fonctions de base combinées dans une expression analytique globale de type FONC\_SCAL\_COMBINEES\_ND.

TYPE\_DE\_CALCUL

non\_dynamique

### 1.38.2 Description du calcul

Le calcul s'effectue ici en 1D. Le maillage est constitué d'une seule barre dont une extrémité est bloquée et l'autre chargée.

Le chargement s'effectue à l'aide d'une fonction nD de type "FONC\_SCAL\_COMBINEES\_ND" dépendante du temps courant.

La fonction combinée correspond à :  $fct = \text{temps\_courant} * f_1 + \exp(-\text{temps\_courant}) * f_2 + 0.5 * f_3$

où :

$f_1(\text{temps\_courant})$  = une courbe poly-linéaire simple (une droite)

$f_2(\text{temps\_courant})$  = une FONCTION\_COURBE1D qui correspond à :  $f(x) = (\sin(1.5708 * x))$

$f_3(\text{temps\_courant})$  = une FONCTION\_COURBE1D qui correspond à :  $f(x) = (\sin(1.5708 * x))^4$

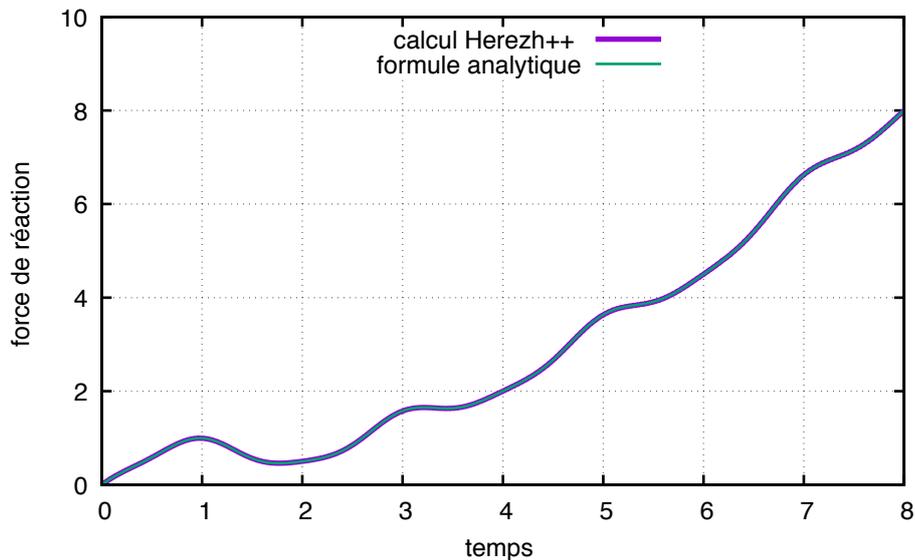


Figure 3 – Évolution de la réaction au noeud bloqué c'est-à-dire - le chargement, en fonction du temps. On compare le résultat calculé par Herezh avec la solution théorique calculée par une expression analytique

### 1.38.3 Grandeurs de comparaison

On vérifie le déplacement du noeud chargé pour un incrément arbitraire, ainsi que la contrainte, la déformation et la réaction.

## 1.39 Test\_R n°39 : fonction\_nD

Auteur :

Gerard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

COURBE\_EXPRESSION\_LITTERALE\_1D, FONCTION\_COURBE1D, temps\_courant

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ FONCTIONS\_ET\_COURBES
- ▷ Test\_R\_fonction\_nD

### 1.39.1 But du test

Test de bon fonctionnement : vérification du fonctionnement des fonctions utilisateurs :

- COURBE\_EXPRESSION\_LITTERALE\_1D

- FONCTION\_COURBE1D

””

TYPE\_DE\_CALCUL

non\_dynamique

””

### 1.39.2 Description du calcul

Le calcul s’effectue ici en 1D. Le maillage est constitué d’une seule barre dont une extrémité est bloquée et l’autre chargée.

Le chargement s’effectue de la manière suivante :

- de t=0 à 2s on impose un déplacement suivant une courbe analytique 1D  
”COURBE\_EXPRESSION\_LITTERALE\_1D”

- de t=2 à 4s on impose une force via une fonction nD qui utilise en interne une courbe poly-linéaires.

La fonction nD dépend de la variable globale ”temps\_courant”.

- de t=4 à 6s on impose une force via une fonction nD qui utilise en interne une courbe 1D analytique.

La fonction nD dépend de la variable globale ”temps\_courant”.

- de t=6 à 8s on impose une force via une fonction nD qui utilise une courbe 1D déjà définie par ailleurs.

La fonction nD dépend de la variable globale ”temps\_courant”.

Au cours de ce test on montre également l’utilisation d’un chargement via une fonction nD qui dépend uniquement de variables globales : ici le temps courant.

On montre également l’utilisation de plusieurs chargements, chacun sur un intervalle de temps contigu à d’autre.

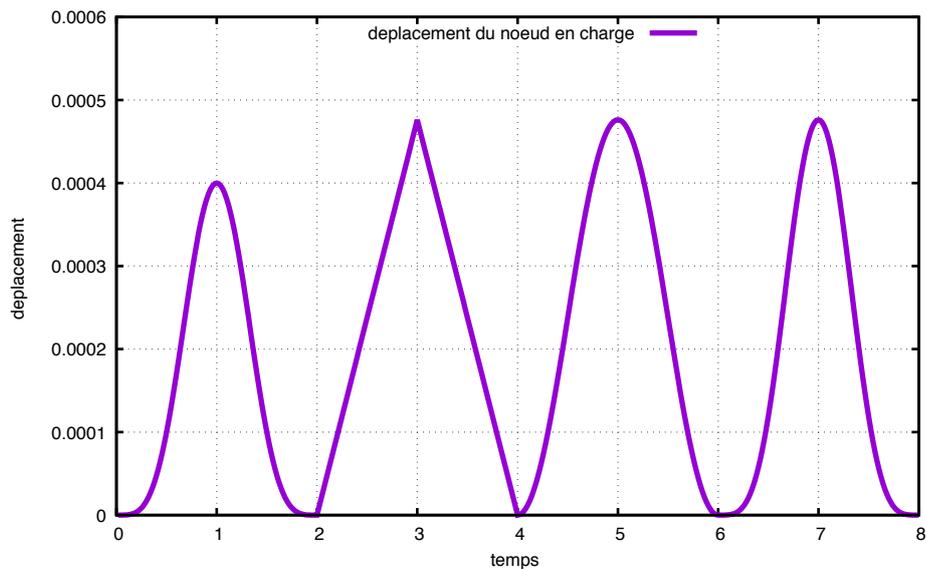


Figure 4 – Évolution du noeud chargé en fonction du temps

### 1.39.3 Grandeurs de comparaison

On vérifie le déplacement du noeud chargé pour différents incréments.

## 1.40 Test\_R n°40 : zhai\_dynamique\_explicite

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

NB : GR : modification du test janvier 2017 :

- remplacement du maple.ref1 complet : les données initiales étaient fausses
- inclusion de commentaires, ref, figures dans le Readme

Mots-clés :

traction uniaxiale, dynamique explicite zhai, Zhai, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
  - ▷ Test\_R\_zhai\_dynamique\_explicite

### 1.40.1 But du test

test simple du mode de calcul : dynamique explicite Zhai  
 ""

TYPE\_DE\_CALCUL  
 dynamique\_explicite\_zhai

PARA\_TYPE\_DE\_CALCUL

phi\_minus= 0.5 grand\_phi= 0.16667 gamma= 0.5 beta= 0.16667

””

L'algorithme proposé par Zhai (cf. ref qui suit) est un schéma d'avancement temporel de type prédiction-correction, qui permet d'atténuer les hautes fréquences numériques qui apparaissent

pendant le calcul. Au final, ce schéma demande environ 2 fois plus de temps cpu qu'un calcul classique DFC de plus le rayon de stabilité est en général plus faible.

Par exemple avec les paramètres de ce test, le pas de temps critique est environ de 5% plus faible qu'en DFC. Par contre l'amortissement est efficace et on n'observe pas d'over-shoot au début de l'application des efforts contrairement aux schémas d' Chung Lee et Tchamwa.

W.-M. ZHAI. Two simple fast integration methods for large-scale dynamic problems in engineering.

International Journal for Numerical Methods in Engineering,

39(24) :4199 4214, December 1996.

### **1.40.2 Description du calcul**

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi elastique ISOELAS

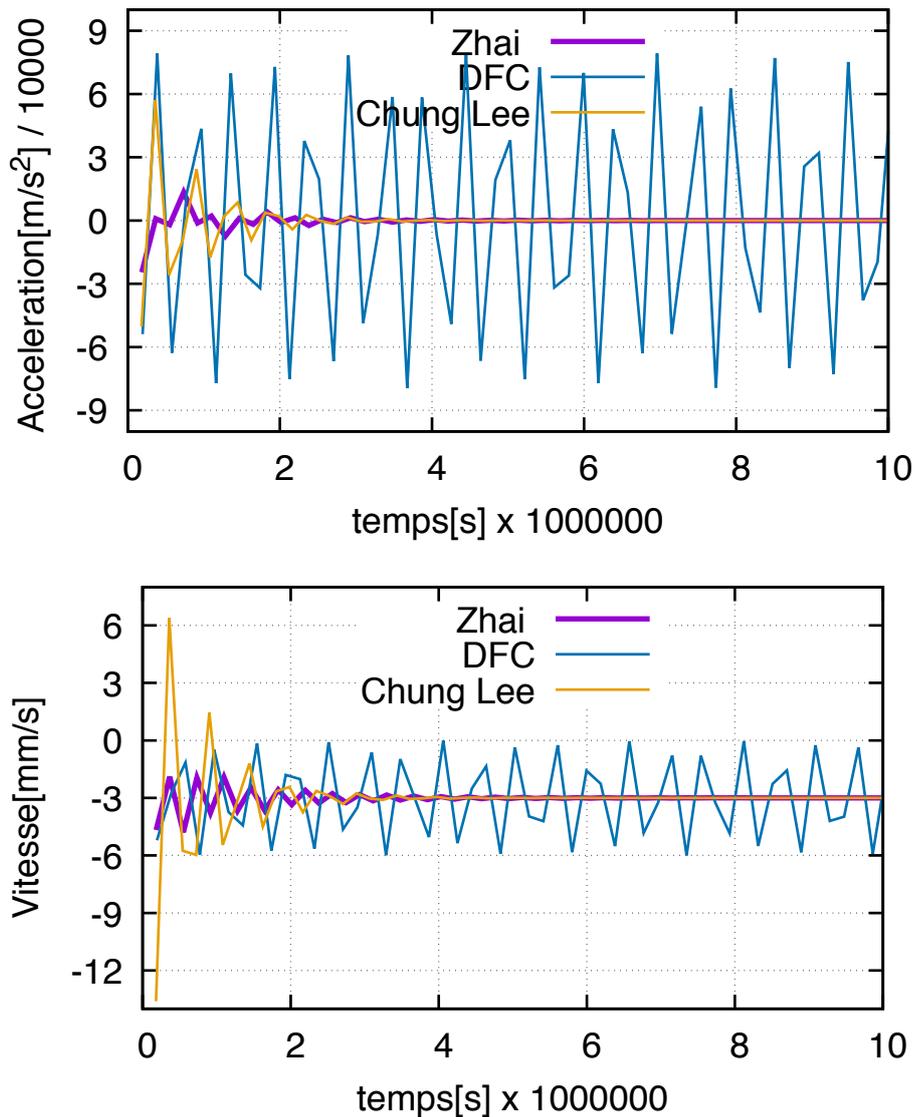


Figure 5 – La première figure montre l'évolution de l'accélération gamma2 du noeud 8 en début de chargement c'est-à-dire juste après le changement de vitesse et d'accélération. On observe bien que le schéma conduit à un amortissement très rapide des oscillations numériques, qui demeurent présentes dans le cas du schéma classique DFC. La figure 2 montre le même type d'évolution pour la vitesse. En comparaison avec Chung Lee, on observe un amortissement assez semblable. Par contre pour Zhai, il n'y a pas d'over-shoot en début d'application du déplacement imposé.

### 1.40.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud 8 :

- vitesse : V2
- acceleration : GAMMA2

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 EPS33

- contrainte : SIG11

## 1.41 Test\_R n°41 : dynamique\_explicite

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

NB : GR : modification du test janvier 2017 :

- remplacement du maple.ref1 complet : les données initiales étaient fausses
- inclusion de commentaires, figures dans le Readme

### Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, dynamique explicite, ISOELAS

### Répertoire :

- ▷ Batterie
  - ▷ FONCTION\_UNIQUE
  - ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
  - ▷ Test\_R\_dynamique\_explicite

### 1.41.1 But du test

test simple du mode de calcul : dynamique explicite (DFC)  
””

```
TYPE_DE_CALCUL
dynamique_explicite
””
```

L'objectif est ici d'observer le fonctionnement de l'algorithme classique DFC. On observe le déplacement, vitesse, accélération transversalement au sens imposé. Ces mouvements dépendent donc ici du coefficient de poisson, c-a-d -0.3 ce qui se passe dans le sens imposé.

Remarques : On observe l'apparition de fréquences dites numériques. Pour supprimer ou atténuer ces fréquences numériques on pourra utiliser :

- 1) soit des schémas numériques adaptés, type :
  - en explicite Tchamwa et Chung lee,
  - en implicite HHT,
- 2) ou une loi de comportement modifiée par l'ajout d'un bulk viscosity.

(cf. documentations théoriques et utilisateur d'herezh)

### 1.41.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi elastique ISOELAS

- chargement suivant une vitesse constante (une rampe de déplacement)

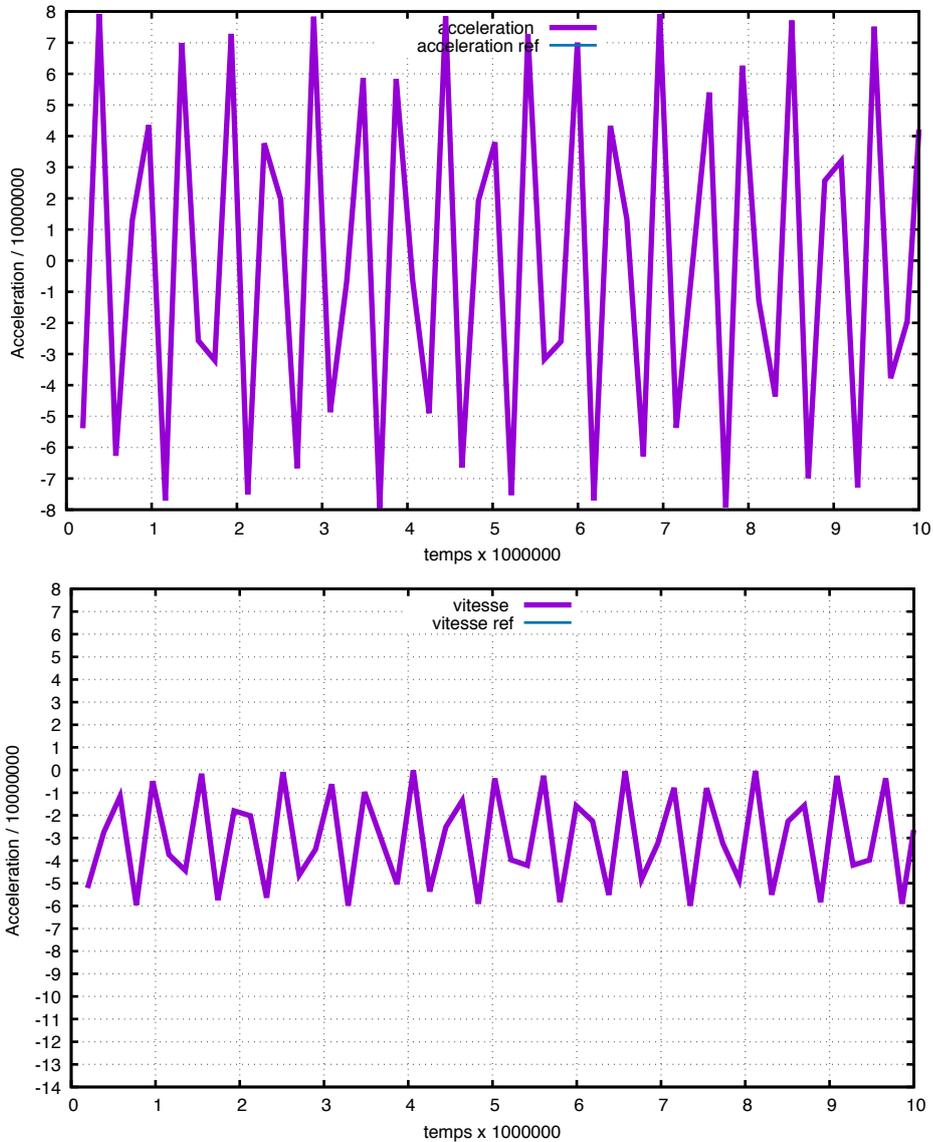


Figure 6 – La première figure montre l'évolution de l'accélération gamma2 du noeud 8. On observe que globalement on a bien une vitesse transversale globalement = -0.3 la vitesse imposée. On observe également des oscillations numériques, ce qui est classique en DFC.. La figure 2 montre le même type d'évolution pour la vitesse

### 1.41.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud 8 :

- vitesse : V2
- acceleration : GAMMA2

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 EPS33

- contrainte : SIG11

## 1.42 Test\_R n°42 : dynamique\_implicite

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, dynamique implicite, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_dynamique\_implicite

### 1.42.1 But du test

test simple du mode de calcul : dynamique implicite (Newmark)

””

TYPE\_DE\_CALCUL

dynamique\_implicite

””

### 1.42.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi elastique ISOELAS

### 1.42.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud 8 :  
- vitesse : V2  
- acceleration : GAMMA2

pour le point d integration 1 de l element 1 :  
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33  
- contrainte : SIG11

## 1.43 Test\_R n°43 : dynamique\_relaxation\_dynam

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

coussin circulaire, membrane, traction uniaxiale, ISOELAS2D\_C, relaxation dynamique, amortissement cinétique

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_dynamique\_relaxation\_dynam

### 1.43.1 But du test

test simple du mode de calcul : statique explicite (relaxation dynamique avec amortissement cinétique)

””

TYPE\_DE\_CALCUL

dynamique\_relaxation\_dynam

””

### 1.43.2 Description du calcul

- simulation du gonflage d un coussin circulaire de rayon 100mm
- gonflage dans la direction Z
- modélisation d un quart de cercle par symétrie
- comportement de membrane élastique (TRIANGLE LINEAIRE + ISOELAS2D\_C)

### 1.43.3 Grandeurs de comparaison

- pour le noeud du set N\_centre :
- coordonnée : X3

## 1.44 Test\_R n°44 : chung\_lee\_dynamique\_explicite

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

NB : GR : modification du test janvier 2017 :

- remplacement du maple.ref1 complet : les données initiales étaient fausses
- inclusion de commentaires, ref, figures dans le Readme

Mots-clés :

traction uniaxiale, dynamique explicite chung-lee, Chung-Lee, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_chung\_lee\_dynamique\_explicite

#### 1.44.1 But du test

test simple du mode de calcul : dynamique explicite Chung-Lee  
””

TYPE\_DE\_CALCUL  
dynamique\_explicite\_chung\_lee

PARA\_TYPE\_DE\_CALCUL  
beta= 1.037  
””

L’algorithme proposé par Chung et Lee (cf. ref qui suit) est un schéma d’avancement temporel qui permet d’atténuer les hautes fréquences numériques qui apparaissent pendant le calcul. Deux grandes familles de méthodes sont disponibles : soit via une intervention

au niveau du schéma d’avancement temporel (algo de Chung Lee , Tchamwa, HHT etc.) soit au niveau de la loi de comportement via par exemple le Bulk Viscosity.

J. Chung and J. Lee. A new family of explicit time integration methods for linear and non-linear structural dynamics. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 37 :3961 3976, 1994.

#### 1.44.2 Description du calcul

- traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)
- loi elastique ISOELAS
- vitesse de traction uniforme

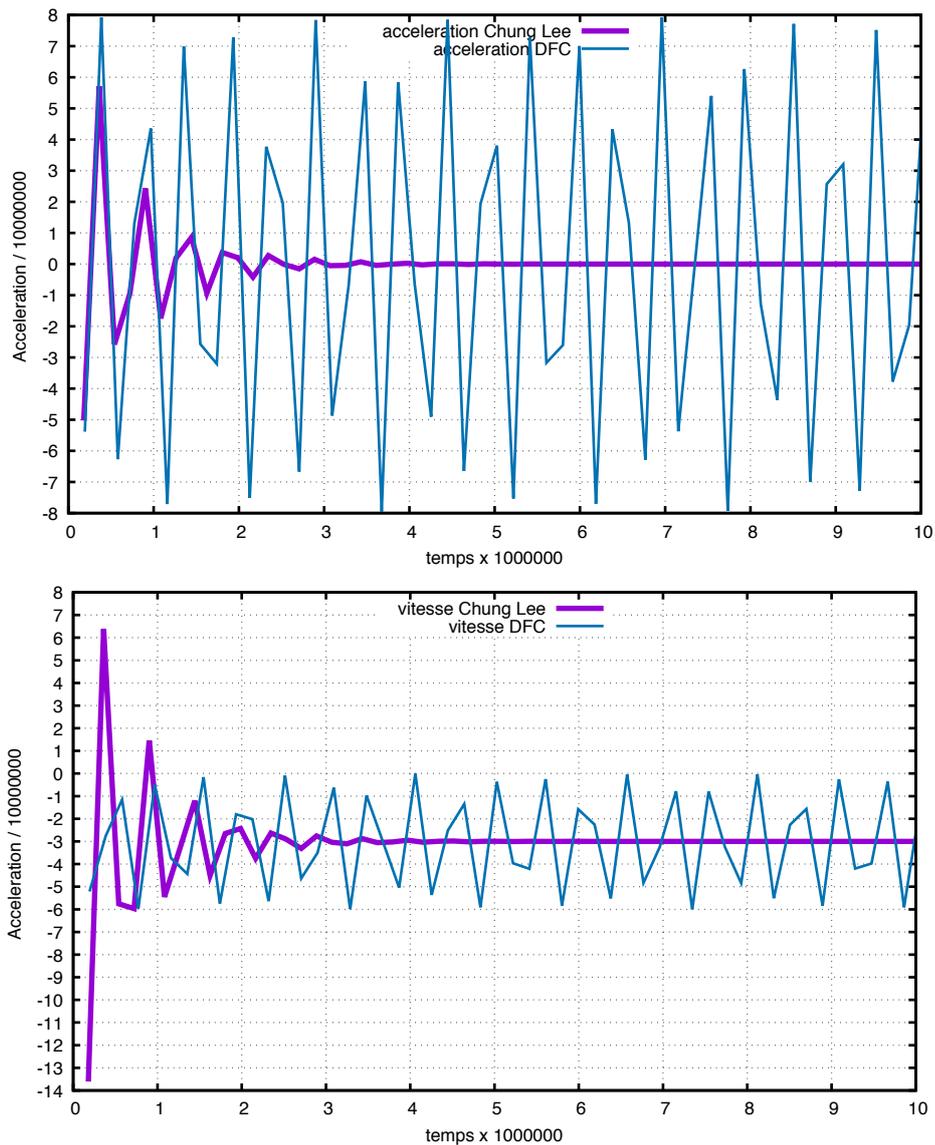


Figure 7 – La première figure montre l'évolution de l'accélération gamma2 du noeud 8 en début de chargement c'est-à-dire juste après le changement de vitesse et d'accélération. On observe bien que le schéma de Chung Lee conduit à un amortissement très rapide des oscillations numériques, qui demeurent présentes dans le cas du schéma classique DFC. La figure 2 montre le même type d'évolution pour la vitesse

### 1.44.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud 8 :

- vitesse : V2
- acceleration : GAMMA2

pour le point d integration 1 de l element 1 :

- deformations : EPS11 EPS22 EPS33
- contrainte : SIG11

## 1.45 Test\_R n°45 : dynamique\_relaxation\_dynam\_visco

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

coussin circulaire, membrane, traction uniaxiale, ISOELAS2D\_C, relaxation dynamique, amortissement visqueux

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_dynamique\_relaxation\_dynam\_visco

### 1.45.1 But du test

test simple du mode de calcul : statique explicite (relaxation dynamique avec amortissement visqueux)

””

TYPE\_DE\_CALCUL

dynamique\_relaxation\_dynam

””

### 1.45.2 Description du calcul

- simulation du gonflage d un coussin circulaire de rayon 100mm
- gonflage dans la direction Z
  - modelisation d un quart de cercle par symetrie
  - comportement de membrane elastique (TRIANGLE LINEAIRE + ISOELAS2D\_C)

### 1.45.3 Grandeurs de comparaison

- pour le noeud du set N\_centre :
- coordonnee : X3

## 1.46 Test\_R n°46 : non\_dynamique

### Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

cube unitaire, traction uniaxiale, statique, non\_dynamique, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_non\_dynamique

### **1.46.1 But du test**

test simple du mode de calcul : statique implicite  
””

TYPE\_DE\_CALCUL  
non\_dynamique  
””

### **1.46.2 Description du calcul**

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi elastique ISOELAS

### **1.46.3 Grandeurs de comparaison**

pour le point d integration 1 de l element 1 :  
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33  
- contrainte : SIG11

## **1.47 Test\_R n°47 : dynamique\_implicite\_HHT**

Auteur :

Julien Troufflard (troufflard@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

traction uniaxiale, dynamique implicite HHT, HHT, ISOELAS

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ TYPE\_DE\_CALCUL
- ▷ Test\_R\_dynamique\_implicite\_HHT

### **1.47.1 But du test**

test simple du mode de calcul : dynamique implicite avec methode HHT  
””

TYPE\_DE\_CALCUL

dynamique\_implicit

PARA\_TYPE\_DE\_CALCUL

hht= -0.05

””

### 1.47.2 Description du calcul

traction uniaxiale suivant X sur un cube 1x1x1 (1 element HEXAEDRE LINEAIRE)  
- loi elastique ISOELAS

### 1.47.3 Grandeurs de comparaison

pour le noeud 8 :  
- vitesse : V2  
- acceleration : GAMMA2

pour le point d integration 1 de l element 1 :  
- deformations : EPS11 EPS22 EPS33  
- contrainte : SIG11

## 1.48 Test\_R n°48 : post\_trait\_defs-log-Almansi-Green-Lagrange

Auteur :

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

Green-Lagrange11, Almansi11, logarithmique11

Répertoire :

▷ rep\_tmp2  
▷ Test\_R\_post\_trait\_defs-log-Almansi-Green-Lagrange

### 1.48.1 But du test

test de sortie de résultats concernant le calcul des différentes déformations suivantes, accessibles en post-traitement :

- déformation d'Almansi  
- déformation de Green-Lagrange  
- déformation logarithmique

### 1.48.2 Description du calcul

Étude 1D de la traction d'une barre maillée en 2 éléments.

### 1.48.3 Grandeurs de comparaison

Les 3 déformations que l'on peut calculer. La loi de comportement est Hooke 1D de module 10000 MPa Longueur :  $L = 400\text{mm}$ , force :  $F_{centre} = 1000\text{N}$ ,  $F_{bout} = 2000\text{N}$ , section :  $3\text{mm}^2$  Dans ce calcul, on impose une section constante d'où une contrainte qui est exactement :  $\sigma = F/section$  La déformation utilisée pour le calcul est celle d'Almansi. D'où sur la première barre :  $\sigma = 3000/3 = 1000\text{MPa}$  D'où  $\epsilon_A = 0.1 = 10\%$  Sur la seconde barre :  $\sigma = 2000/3\text{MPa}$  D'où  $\epsilon_A = 0.2/3 = 0.0666 = 6.66\%$

À partir de ces grandeurs, sachant que l'élongation vaut :  $\lambda = 1./\sqrt{(1. - 2.\epsilon_A)}$ , on en déduit :  
- la déformation logarithmique :  $\epsilon_L = \log(\lambda)$  - la déformation de Green-Lagrange :  $\epsilon_G = 0.5(\lambda\lambda - 1.)$  D'où pour le premier tronçon :  $\epsilon_L = 0.11157$  et  $\epsilon_G = 0.125$  et pour le deuxième tronçon :  $\epsilon_L = 0.071550$  et  $\epsilon_G = 0.076923$  On retrouve ces différentes valeurs dans le fichier .maple

## 2 Tests longs

### 2.1 Test\_L n°1 : tunnel\_ISOELAS2D\_C

Auteur :

Bertille Claude (bertille.claude@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

tunnel, isoelastique, relaxation dynamique, ISOELAS2D\_C

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ ISOELAS2D\_C
- ▷ Test\_L\_tunnel\_ISOELAS2D\_C

#### 2.1.1 But du test

Le but du calcul est de trouver la forme d'équilibre d'un tunnel gonflé dont le matériau suit une loi de comportement isotrope élastique (ISOELAS2D\_C).

#### 2.1.2 Description du calcul

Le calcul s'effectue avec la méthode de relaxation dynamique. Les paramètres de contrôle de cette méthode sont définis dans KDR.algo

La loi de comportement testée est la loi ISOELAS2D\_C.

Les paramètres utilisés pour la définir sont des paramètres cohérents avec des tests réalisés sur des membranes :

$E = 125 \text{ MPa}$

$\nu = 0,4$

pression =  $0,39 \times 10^{-5} \text{ MPa}$

 paisseur =  $25 \times 10^{-3} \text{ mm}$

masse volumique =  $0,9 \times 10^{-9} \text{ tonnes.mm}^{\{-3\}}$

La structure est une membrane de dimension 1000x2000mm, discrétisée en 10x20 élément membranes (interpolation linéaire - 8noeuds).

GR : ajout d'un fichier de précision qui tient compte de la précision globale d'équilibre : ici  $5 \times 10^{-3}$ , ce qui est assez faible pour la relaxation dynamique, d'où éventuellement des fluctuations entre différentes versions d'Herezh

### 2.1.3 Grandeurs de comparaison

Def\_principaleI Def\_principaleII Sigma\_principaleI Sigma\_principaleII  
(point d'intégration 1 de l'élément 116, qui est situé environ au centre de la membrane)

GR : La membrane devrait atteindre l'équilibre suivant avec "e" l'épaisseur :

$$\sigma * 2 * e = \text{pression} * D$$

$$\text{avec } \pi * D = 2 * L \rightarrow D = 2 * L / \pi$$

$$\text{d'où : } \sigma = \text{pression} * L / (\pi * e) = 0.39e-3 * 2000 / (\pi * 25e-3) = 9.9313 \text{ MPa}$$

Ce résultat est correct si on néglige la variation d'épaisseur, donc avec une épaisseur constante. Au niveau du calcul avec Herezh, on retrouve bien le résultat attendu, avec une petite variation provenant du changement de section.

## 2.2 Test\_L n°2 : tunnel\_ISOELAS\_CP

### Auteur :

Bertille Claude (bertille.claude@univ-ubs.fr)

Gérard Rio (gerard.rio@univ-ubs.fr)

### Mots-clés :

tunnel, isoélastique, contraintes planes, relaxation dynamique, ISOELAS, LOI\_CONTRAINTES\_PLANES

### Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOI\_DE\_COMPORTEMENT
- ▷ CP\_venant\_du\_3D
- ▷ Test\_L\_tunnel\_ISOELAS\_CP

### 2.2.1 But du test

Le but du calcul est de trouver la forme d'équilibre d'un tunnel gonflé dont le matériau suit une loi de comportement isotrope élastique avec prise en compte de la condition de contraintes planes (ISOELAS + LOI\_CONTRAINTES\_PLANES).

### 2.2.2 Description du calcul

Le calcul s'effectue avec la méthode de relaxation dynamique. Les paramètres de contrôle de cette méthode sont définis dans KDR.algo

La loi de comportement testée est la loi ISOELAS.

Les paramètres utilisés pour la définir sont des paramètres cohérents avec des tests réalisés sur des membranes :

E= 125 MPa

$\nu = 0,4$

pression =  $0,39e-5$  MPa

épaisseur =  $25e-3$  mm

masse volumique =  $0,9e-9$  tonnes.mm<sup>-3</sup>

La condition de contraintes planes est ajoutée avec la loi LOI\_CONTRAINTES\_PLANES, utilisant la méthode de NEWTON\_LOCAL.

La structure est une membrane de dimension 1000x2000mm, discrétisée en 10x10 élément membranes (interpolation linéaire - 8noeuds).

GR : ajout d'un fichier de précisions qui tient compte de la précision globale d'équilibre : ici  $5.e-3$ , ce qui est assez faible pour la relaxation dynamique, d'où éventuellement des fluctuations entre différentes versions d'Herezh. Le maillage est maintenant identique au cas de l'élasticité en CP explicitement implantée dans Herezh.

### 2.2.3 Grandeurs de comparaison

Def\_principaleI Def\_principaleII Sigma\_principaleI Sigma\_principaleII  
(point d'intégration 1 de l'élément 23, qui est situé environ au centre de la membrane)

GR : La membrane devrait atteindre l'équilibre suivant avec "e" l'épaisseur :

$$\sigma * 2 * e = \text{pression} * D$$

$$\text{avec } \pi * D = 2 * L \rightarrow D = 2 * L / \pi$$

$$\text{d'où : } \sigma = \text{pression} * L / (\pi * e) = 0.39e-3 * 2000 / (\pi * 25e-3) = 9.9313 \text{ MPa}$$

Ce résultat est correct si on néglige la variation d'épaisseur, donc avec une épaisseur constante. Au niveau du calcul avec Herezh, on retrouve bien le résultat attendu, avec une petite variation provenant du changement de section.

NB : le résultat est du même ordre que cela obtenu avec des contraintes planes explicites en élasticité linéaire

## 2.3 Test\_L n°3 : tunnel\_isohyper3dorgeas1\_CP

Auteur :

Bertille Claude (bertille.claude@univ-ubs.fr)

Mots-clés :

tunnel, hyperelastique, contraintes planes, relaxation dynamique, isohyper3dorgeas1

Répertoire :

- ▷ Batterie
- ▷ FONCTION\_UNIQUE
- ▷ LOLDE\_COMPORTEMENT
- ▷ CP\_venant\_du\_3D
- ▷ Test\_L\_tunnel\_isohyper3dorgeas1\_CP

### 2.3.1 But du test

Le but du calcul est de trouver la forme d'équilibre d'un tunnel gonflé dont le matériau suit une loi de comportement isotrope hyperélastique ISOHYOER3DORGEAS1 + LOLCONSTRAINTES\_PLANES.

### 2.3.2 Description du calcul

Le calcul s'effectue avec la méthode de relaxation dynamique. Les paramètres de contrôle de la méthode de relaxation dynamique sont définis dans KDR.algo

La loi de comportement testée est :

- ISOHYPER3DORGEAS1
- LOLCONSTRAINTES\_PLANES avec prise en compte de la condition de contraintes planes par la méthode de NEWTON\_LOCAL

Les paramètres utilisés pour définir ces lois sont des paramètres cohérents avec des tests réalisés sur des membranes :

$K = 624$ ;  $Q0s = 2$ ;  $\mu01 = 30$ ;  $\mu02 = 14.6$ ;  $\mu03 = 90$ ;  $\alpha1 = 1e-3$ ;  $\alpha2 = 1e-3$ ;  $Q0e = 0.12$

La structure est une membrane de dimension 1000x2000mm, discrétisée en 1x12 éléments membranes (interpolation linéaire - 8noeuds).

### 2.3.3 Grandeurs de comparaison

Def\_principaleI Def\_principaleII Sigma\_principaleI Sigma\_principaleII  
(point d'intégration 1 de l'élément 6, qui est situé environ au centre de la membrane)

# Index

- `_suite_point_info_`, 1.31, 1.34
- 1D, 1.10, 1.22
- Almansi11, 1.33, 1.48
- amortissement cinétique, 1.43
- amortissement visqueux, 1.45
- `ATTRIBUT_sur_volume_initial_`, 1.2
- `avec_fonction_de_ponderation_`, 1.18
- `avec_ponder_grandeur_locale_`, 1.18
- axisymétrique, 1.3, 1.4
- `BLOCAGE_RELATIF_`, 1.37
- `CAL_VOL_TOTAL_ENTRE_SURFACE_ET_PLANS`, 1.31
- Chung-Lee, 1.44
- cisaillement simple, 1.16, 1.28, 1.36
- CLL, 1.36
- comparaison Abaqus, 1.3
- compression hydrostatique, 1.11
- `condition_limite_lineaire_`, 1.35, 1.36
- contact, 1.3
- contact rigide déformable, 1.4
- `contrainte_individuelle_a_chaque_loi_a_t_`, 1.9, 1.17, 1.18, 1.21, 1.23, 1.27, 1.32
- `contrainte_individuelle_a_t_sans_proportion_`, 1.9, 1.17, 1.18, 1.23, 1.27
- contraintes planes, 1.14, 2.2, 2.3
- `COURBE_EXPRESSION_LITTERALE_1D`, 1.38, 1.39
- coussin circulaire, 1.43, 1.45
- cube, 1.30
- cube unitaire, 1.11, 1.12, 1.15, 1.16, 1.19, 1.20, 1.25, 1.28, 1.29, 1.41, 1.42, 1.46
- déformation logarithmique, 1.24, 1.25, 1.26
- `def_auto_coef_planOuDroite_`, 1.35
- `def_duale_mises_`, 1.18
- `def_duale_mises_maxi_`, 1.18
- dilatation thermique, 1.17, 1.21, 1.23, 1.27
- `dilatation_thermique_`, 1.9, 1.17, 1.21, 1.23, 1.27
- dynamique explicite, 1.41
- dynamique explicite chung-lee, 1.44
- dynamique explicite zhai, 1.40
- dynamique implicite, 1.42
- dynamique implicite HHT, 1.47
- `FONC_SCAL_COMBINEES_ND`, 1.38
- `FONCTION_COURBE1D`, 1.38, 1.39
- `FONCTION_EXPRESSION_LITTERALE_nD`, 1.18
- `FREQUENCE_SORTIE_FIL_DU_CALCUL_`, 1.31
- fusion de noeuds, 1.6
- fusion éléments, 1.7
- fusion maillages, 1.8
- `GreenLagrange11`, 1.33, 1.48
- HHT, 1.47
- hyperélastique, 2.3
- `HYPO_ELAS2D_C`, 1.26
- `HYPO_ELAS3D`, 1.3, 1.24, 1.25
- `HYSTERESIS_BULK`, 1.18
- `ISOELAS`, 1.3, 1.4, 1.9, 1.17, 1.21, 1.23, 1.27, 1.32, 1.34, 1.40, 1.41, 1.42, 1.44, 1.46, 1.47, 2.2
- `ISOELAS2D_C`, 1.35, 1.43, 1.45, 2.1
- isoélastique, 2.1, 2.2
- `ISOHYPER3DFAVIER3`, 1.13, 1.28, 1.29
- `isohyper3dorgeas1`, 1.14, 1.30, 2.3
- `ISOHYPERBULK_GENE`, 1.18
- `ISOHYPERBULK3`, 1.11
- `les_Fonctions_nD`, 1.18
- `les_grandeur_ponderation=`, 1.18
- LINEIQUE, 1.13
- logarithmique11, 1.33, 1.48
- `LOI_ADDITIVE_EN_SIGMA`, 1.9, 1.18, 1.21, 1.23, 1.27, 1.32
- `LOI_CONTRAINTES_PLANES`, 1.13, 1.24, 2.2
- `LOI_CRITERE`, 1.22
- `LOI_DES_MELANGES_EN_SIGMA`, 1.9, 1.17, 1.23, 1.27
- `LOI_RIEN3D`, 1.2
- `LOI_VIA_UMAT`, 1.19, 1.20
- `MAXWELL3D`, 1.12, 1.13
- membrane, 1.13, 1.43, 1.45

MOONEY\_RIVLIN\_3D, [1.15](#), [1.16](#)  
 NEWTON\_LOCAL, [1.24](#)  
 non\_dynamique, [1.13](#), [1.19](#), [1.20](#), [1.34](#), [1.35](#),  
[1.46](#)  
 périodique, [1.36](#)  
 plaque unitaire, [1.24](#), [1.26](#)  
 PLISSEMENT\_BIEL, [1.22](#)  
 PONCTUELLE, [1.1](#)  
 porosité, [1.36](#)  
 PRANDTL\_REUSSID, [1.10](#)  
 PRESSION, [1.13](#)  
 PRESSION\_HYST\_REF, [1.18](#)  
 PRESSION\_HYST\_REF\_M1, [1.18](#)  
 PRESSION\_HYST\_T, [1.18](#)  
 quadrangle, [1.14](#)  
 relaxation de contrainte, [1.12](#)  
 relaxation dynamique, [1.43](#), [1.45](#), [2.1](#), [2.2](#),  
[2.3](#)  
 sollicitation sphérique, [1.11](#)  
 statique, [1.19](#), [1.20](#), [1.46](#)  
 suppression\_noeud\_non\_references, [1.5](#)  
 TEMP, [1.9](#), [1.17](#), [1.21](#), [1.23](#), [1.27](#)  
 temperature, [1.9](#), [1.17](#), [1.21](#), [1.23](#), [1.27](#)  
 temps\_courant, [1.38](#), [1.39](#)  
 TEMPS\_MINI, [1.37](#)  
 thermo dependance, [1.19](#)  
 Traction biaxiale, [1.37](#)  
 traction uniaxiale, [1.10](#), [1.12](#), [1.15](#), [1.19](#),  
[1.20](#), [1.24](#), [1.25](#), [1.26](#), [1.29](#), [1.30](#),  
[1.34](#), [1.40](#), [1.41](#), [1.42](#), [1.43](#), [1.44](#),  
[1.45](#), [1.46](#), [1.47](#)  
 tube, [1.13](#)  
 tunnel, [2.1](#), [2.2](#), [2.3](#)  
 TYPE\_DE\_CRITERE\_, [1.22](#)  
 utilitaires, [1.5](#), [1.6](#), [1.7](#), [1.8](#)  
 viscoélasticité, [1.12](#)  
 VOLUMIQUE, [1.2](#)  
 Zhai, [1.40](#)