

CAELinux et l'analyse par éléments finis.

Exercice 4, contact 3D

Jean-Marc LICHTLE *

26 mai 2006

Table des matières

1 Introduction	1
2 Construction des pièces et maillage	1
2.1 Création des volumes	1
2.2 Création des faces et volumes pour exploitation	2
3 Mise au point du fichier .comm	2
4 Post-pro dans SALOME	6
5 Analyse critique du résultat obtenu	7
5.1 Mot clef LIAISON_UNIF	7
5.2 Interprétation de résultats	8
6 Qualité du contact	9
7 Généralisation	9
8 Conclusion, auteur	11

Résumé

L'objectif de ce quatrième document est, en se basant sur les exercices précédents, de mettre en place un contact entre notre cube et un cylindre extérieur. Cet exercice sera également l'occasion de créer notre premier modèle. Une analyse critique des résultats terminera cet exercice.

1 Introduction

Dans les exercices précédents nous avons une seule pièce, notre cube percé, appuyée sur une base fixe et sollicitée par une pression répartie s'exerçant sur la face opposée. Il convient maintenant de mettre en place la notion suivante, celle de contact entre deux pièces.

2 Construction des pièces et maillage

2.1 Création des volumes

Construisez un cube de côté 2 unités percé par un cylindre diamètre 0.5 centré sur le point (0,0.75,1). Le perçage n'est cette fois plus centré, l'objectif est d'obtenir une figure un peu moins symétrique que d'habitude. Notez qu'il n'est absolument pas nécessaire de percer, l'exercice fonctionne très bien avec un cube plein.

Ajoutez un cylindre de 0.5*2 centré sur la face supérieure du cube au point (1,1,2). Vous devriez avoir une figure ressemblant à celle de la vue **1**

* Ingénieur Arts et Métiers promotion CH73

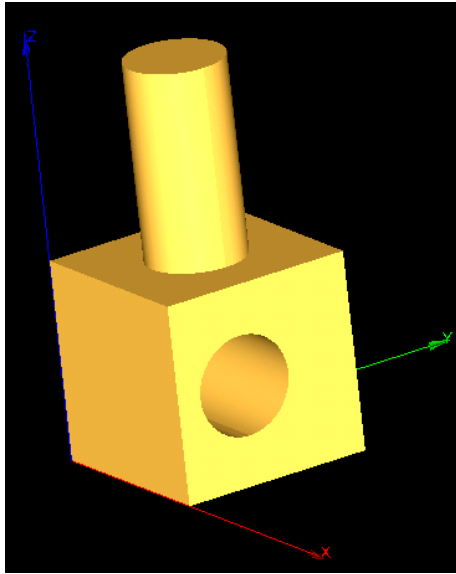


FIG. 1 – Le cube percé et le cylindre en contact

2.2 Création des faces et volumes pour exploitation

Attention, s'agissant d'un ensemble de deux pièces nous devons passer ici par la création d'un compound (un groupement des deux pièces) puis exploser à nouveau ce compound en volumes et en face élémentaires comme le montre la figure 2. Les objets générés à l'origine ne serviront plus, il n'y a donc aucun intérêt à les renommer. Par contre dans les éléments obtenus par décomposition du compound en faces et volumes je recommande de renommer les composants intéressants :

- Nommez cube et cylindre les deux volumes
- Nommez base, ccube, ccyl et pression les faces qui seront actives dans ce qui suit.

Ne cherchez pas midi à quatorze heures, ccube signifie contact cube et ccyl contact cylindre. J'ai volontairement raccourci les désignations parce que CODE-ASTER semble récalcitrant aux désignations de plus de 8 caractères. En fait il les coupe simplement à 8 sans prévenir ce qui fait que deux désignations à l'origine différentes deviennent brutalement semblables et conduisent à des recherches pénibles pour trouver l'origine du problème.

La création du maillage ne présente aucun problème, vous appliquez les hypothèses et algorithmes au compound et vous appliquez simplement ce que vous avez appris dans les exercices précédents. Personnellement j'ai maillé à 0.25 soit 1/8 de l'arête du cube pour que les calculs se fassent rapidement.

3 Mise au point du fichier .comm

Évidemment le plus difficile ici va être de mettre au point le bon fichier .comm, à savoir le fichier ajusté par EFICAS. Dans l'exercice sur le calcul 2D j'étais parti d'un modèle 3D et j'avais indiqué au fur et à mesure les modifications à entreprendre. Pas question de faire ceci ici, les opportunités de se tromper sont bien trop nombreuses pour vous laisser une chance raisonnable de terminer l'exercice avec succès avant la fin de la nuit. J'ai donc choisi de construire un nouveau fichier modèle, spécifiquement adapté à cet exercice mais qui pourra servir de modèle pour tout problème de contact 3D ultérieur.

A cet endroit je tiens à remercier chaleureusement M. J. CUGNONI de CAELinux qui a mis en ligne sur son site un certain nombre de cas certes non commentés mais qui peuvent, moyennant un gros effort personnel, mettre le pied à l'étrier au lecteur qui étudiera ces fichiers avec la ténacité et l'endurance nécessaire. La suite est très largement inspirée du cas "Assembly" que j'ai simplifié pour l'adapter à cet exercice. Le chapitre suivant présentera le fichier contact3D.comm en augmentant encore les commentaires par rapport au fichier d'origine. Nota : Inutile de retaper ce fichier, l'exercice serait long et fastidieux, allez sur le net à l'endroit où vous avez trouvé le document que vous lisez,

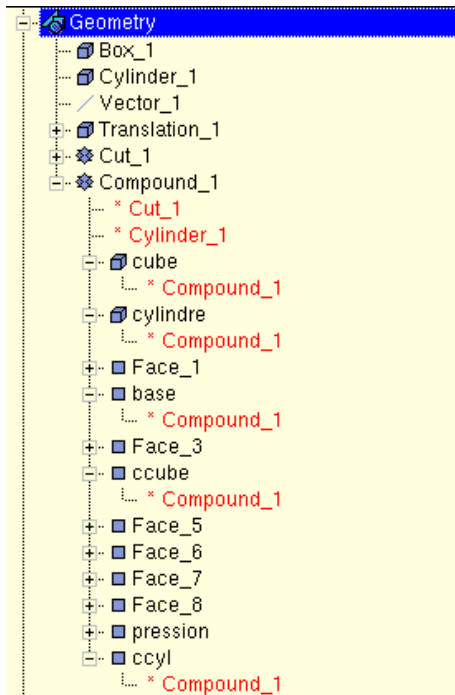


FIG. 2 – Détail de la construction géométrique

le fichier contact3D.comm devrait se trouver à proximité !

```
#Linear Statics with 3D quadratic solids
#
#template by J.Cugnoni, CAELinux.com, 2005
#adaptation jml mai 2006 en prenant comme point de départ le fichier
assembly.comm de J. Cugnoni
```

```
DEBUT();
```

Etape 1 lecture du fichier .MED.

```
#Lecture du fichier de maillage format MED
#
#La première commande, LIRE_MALLAGE est utilisée pour lire le fichier de
maillage au format MED généré par SALOME.
#
#A faire:
#Saisir le nom du maillage SALOME pour l'affecter à la variable NOM_MED.
Mesh_1 est le nom par défaut, il convient si vous n'avez pas renommé
le maillage dans SALOME
```

```
MeshLin=LIRE_MALLAGE(UNITE=20,
                     FORMAT='MED',
                     NOM_MED='Mesh_1',
                     INFO_MED=1,);
```

Etape 2, une première affectation d'un modèle aux entités.

```
#Affectation d'un modèle physique aux entités géométriques.
#
#La formulation qui suit affecte à toutes les entités (TOUT=OUI) une
simulation mécanique (PHENOMENE=MECANIQUE) avec des solides 3D.
```

#Cette commande crée un modèle d'analyse comportant uniquement des éléments linéaires mais ne sera pas utilisé pour calculer la solution, un autre modèle, quadratique celui-là, sera créé à la place du modèle linéaire.

#

#A faire (Optionnel):

#Vous pouvez attribuer d'autres propriétés ou types d'éléments (par exemple à des shells) à certains composants en, remplaçant TOUT=OUI par GROUP_MA=LeGroupeAuquelVousVoulezAttrUnModèle.

```
FEMLin=AFPE_MODELE (MAILLAGE=MeshLin,
                    AFPE=_F (TOUT='OUI',
                             PHENOMENE='MECANIQUE',
                             MODELISATION='3D',),),);
```

Etape 3, conversion du maillage linéique en maillage quadratique. Chaque groupe constituant une face est converti pour recevoir un maillage quadratique. J'ai ajouté simplement un "Q" aux désignations que j'ai mentionné plus haut et raccourci Pression pour que l'ajout de Q ne lui fasse pas dépasser la limite des 8 caractères.

#Conversion du maillage linéaire en maillage quadratique

#

#Du fait que SALOME ne génère que des éléments finis d'ordre 1 nous utilisons la commande suivante pour créer un nouveau maillage constitué d'éléments quadratiques. Tous les groupes sont conservés par cette opération.

```
MeshQuad=CREA_MALLAGE (MAILLAGE=MeshLin,
                       LINE_QUAD=_F (TOUT='OUI',
                                       PREF_NOEUD='NZZ',
                                       PREF_NUME=10000,),),);
```

```
MeshQuad=DEFI_GROUP (reuse =MeshQuad,
                     MAILLAGE=MeshQuad,
                     CREA_GROUP_MA=( _F (NOM='BaseQ',
                                           GROUP_MA='Base',),
                                       _F (NOM='CcubQ',
                                           GROUP_MA='Ccub',),
                                       _F (NOM='CcylQ',
                                           GROUP_MA='Ccyl',),
                                       _F (NOM='PressQ',
                                           GROUP_MA='Pression',),),),);
```

Etape 4 : Définition des matériaux employés

#Propriétés du matériau

#

#A faire:

#Entrez les propriétés de votre matériau dans cette section, si nécessaire faites un copier / coller de DEFI_MATERIAU pour ajouter un second matériau.

```
Acier=DEFI_MATERIAU (ELAS=_F (E=210e9,
                              NU=0.27,),),);
```

Etape 5 : Seconde affectation d'un modèle physique, cette fois pour le maillage quadratique. C'est sur ce modèle que le solveur calculera la solution.

#Affectation d'un modèle physique

#

#Dans cette seconde commande AFPE_MODEL nous assignons à nouveau un modèle et un type d'éléments finis aux entités géométriques mais cette fois le modèle

généralisé est basé sur des éléments quadratiques et le calcul de la solution sera basé sur ce modèle.

```
#
#A faire (optionnel):
#Vous pouvez attribuer d'autres propriétés ou types d'éléments à certains groupes
en remplaçant TOUT=OUI par GROUP_MA=LeGroupe.
```

```
FEMQuad=AFFE_MODELE(MAILLAGE=MeshQuad,
                    AFPE=_F(TOUT='OUI',
                           PHENOMENE='MECANIQUE',
                           MODELISATION='3D',),);

MeshQuad=MODI_MAILLAGE(reuse =MeshQuad,
                      MAILLAGE=MeshQuad,
                      ORIE_PEAU_3D=_F(GROUP_MA=('CcubeQ','CcylQ',),),
                      MODELE=FEMQuad,);
```

Etape 6 : Affectation des matériaux, nous simplifions ici, tout sera en acier...

```
#Affectation des matériaux
#
#A faire:
#Si vous utilisez plus d'un matériau vous devez ajouter des couples
groupe <-> matériau en dupliquant l'option AFPE.
```

```
Mat=AFFE_MATERIAU(MAILLAGE=MeshQuad,
                  AFPE=_F(TOUT='OUI',
                         MATER=Acier,),);
```

Etape 7 : Définition des conditions aux limites, des chargements, contact etc.

```
#Conditions aux limites
#
#Cette section définit les conditions aux limites de l'analyse.
Elle utilise DDL_IMPO pour imposer à certains groupes des déplacements ou
FORCE_* / PRESSION pour appliquer certaines forces ou pressions à des groupes
désignés.
#
#A faire:
#Pour chaque condition aux limites vous devez choisir l'option appropriée,
par exemple DDL_IMPO pour des déplacements ou un encastrement, et affecter cette
option à une région donnée du maillage en le désignant par GROUP_NO pour un
groupe de noeuds ou GROUP_MA pour un groupe de mailles constituant une face
ou un volume.
```

```
BCnd=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=FEMQuad,
                    DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='Base',
                                DX=0.0,
                                DY=0.0,
                                DZ=0.0,),
                    LIAISON_MAIL=_F(GROUP_MA_MAIT='Cylindre',
                                    GROUP_MA_ESCL='CcubeQ',),
                    LIAISON_UNIF=_F(GROUP_MA='Pression',
                                    DDL=('DY','DX',),),
                    FORCE_FACE=_F(GROUP_MA='Pression',
                                 FZ=-1e6,),
                    INFO=1,);
```

Etape 8 : Calcul de la solution :

```
#Solution AEF

SolQuad=MECA_STATIQUE (MODELE=FEMQuad,
                        CHAM_MATER=Mat,
                        EXCIT=_F (CHARGE=BCnd, ), );
#Calcul des contraintes VonMises

SolQuad=CALC_ELEM(reuse =SolQuad,
                  RESULTAT=SolQuad,
                  OPTION=('SIGM_ELNO_DEPL', 'EPSI_ELNO_DEPL',
                        'EQUI_ELNO_SIGM', 'EQUI_ELNO_EPSI', ), );
```

Etape 9 : Conversion retour de quadratique à linéique.

```
#Conversion du résultat de quadratique à linéaire.
#
#Comme SALOME ne traite que des données du premier ordre nous devons effectuer
la projection de la solution contenant des éléments du second ordre pour la
ramener à un ordre 1.

SolLin=PROJ_CHAMP (RESULTAT=SolQuad,
                  MODELE_1=FEMQuad,
                  MODELE_2=FEMLin, );
```

Etape 10 : Enregistrement des résultats.

```
#Écriture des résultats dans le fichier MED

IMPR_RESU (MODELE=FEMLin,
           FORMAT='MED',
           UNITE=80,
           RESU=( _F (MAILLAGE=MeshLin,
                     RESULTAT=SolLin,
                     NOM_CHAM='DEPL',
                     NOM_CMP=('DX', 'DY', 'DZ', ), ),
             _F (RESULTAT=SolLin,
                 NOM_CHAM='EQUI_ELNO_SIGM',
                 NOM_CMP='VMIS', ), ), );

FIN (FORMAT_HDF='OUI', );
```

Enregistrez ce fichier à l'emplacement :

```
/opt/helpers/Templates/contact3D.comm
```

pour qu'il soit disponible lors de la création de la nouvelle analyse EF au même titre que LinStatics3D.comm, LinStatics3DQuad.comm et ModalAnalysis3D.comm installés par défaut avec CAELinux.

Une fois cet enregistrement fait il suffit de lancer de façon tout à fait classique une nouvelle AEF et le tour est joué. Cette fois le fichier modèle a exactement été taillé pour les besoins de cet exercice, il n'y a donc aucune modification à faire avant de lancer ASTER. L'étape EFICAS peut donc être sautée.

4 Post-pro dans SALOME

Une fois importé dans SALOME vous devriez avoir un image comme celle de la figure 3 On voit très

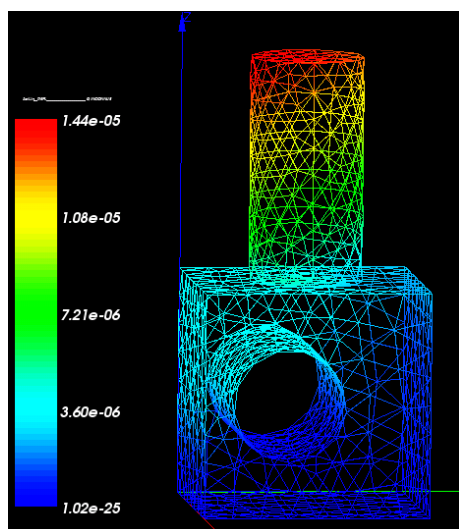


FIG. 3 – Retour à SALOME, module post-pro, champ des déplacements

nettement que le champ des déplacements du cylindre n'est absolument pas symétrique mais que le perçage réalisé dans le cube à une incidence très nette sur la déformation des deux pièces ce qui "couche" le profil d'équi-déplacement à la verticale de ce perçage.

5 Analyse critique du résultat obtenu

Ma démarche pour l'instant a été plus proche de celle du brise glace que du professeur avisé. Il fallait absolument arriver au résultat, définir un contact. Ce point étant acquis essayons d'éclairer un peu le chemin parcouru.

5.1 Mot clef LIAISON_UNIF

Parmi les nouvelles commandes qui ont fait leur apparition la première qui m'a intrigué est la commande LIAISON_UNIF. La documentation dit à ce sujet "Mot-clef facteur permettant d'imposer une valeur (inconnue) à des degrés de liberté d'un ensemble de noeuds." Ben voyons ! (ajout personnel, c'était pas dans la doc qui est un manuel sérieux lui !). On peut imaginer qu'en fait ce mot-clef impose à tous les noeuds d'une face qui va bouger de se déplacer de la même valeur dans la direction imposée. Comment vérifier ? A mon avis le fait d'avoir uniformisé les DX et DY comme nous l'avons fait n'a pas vraiment servi à quelque chose. Tout le cylindre, en s'affaissant, s'est couché légèrement sur le côté, les champs de déplacement confirment d'ailleurs, comme nous l'avons vu plus haut, ce tassement différentiel. Pour vérifier l'incidence de ce mot-clef appliquons le donc à DZ, le mouvement principal. Si l'interprétation est bonne nous devrions trouver un changement, un déplacement de la face soumise à la pression parallèlement à elle-même au lieu de constater le tassement remonter jusqu'à la face supérieure. Une petite modification du fichier .comm, un nouveau passage dans AS-TER et nous découvrons le résultat sur la figure 4. Il est parfaitement possible d'importer plusieurs résultats dans le même fichier post-pro, le premier aura son nom attendu, les suivants le même nom suivi de :1, :2, etc... Cette façon de procéder permet ensuite de passer rapidement d'une vue à la suivante (par display only), de les superposer etc. On peut ainsi vérifier que notre hypothèse était probablement juste puisque avec les nouvelles hypothèses la couleur de la face "Pression" est uniforme, que le cylindre s'incline moins en se déformant et que les strates de couleurs montrant les déplacements sont nettement moins inclinées, surtout sous la face pression. Tout semble donc s'être passé comme si la face Pression avait été laissée libre de descendre sous l'effet de la déformation des solides mais pas de pivoter. En clair tous les déplacements DZ devraient avoir la même valeur. Cette hypothèse est très facile à vérifier en utilisant la mesure de déplacements directe dans SALOME comme il a été expliqué dans un exercice précédent. Nous allons toutefois en profiter pour

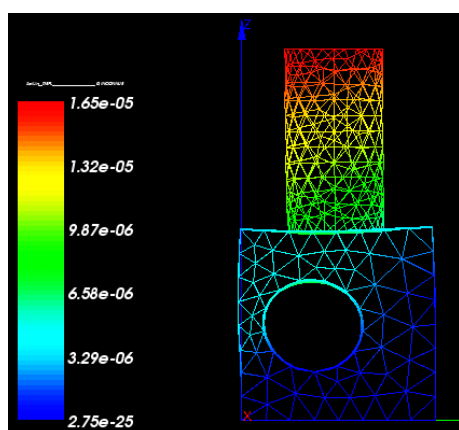


FIG. 4 – Cette fois avec LIAISON_UNIF sur DZ

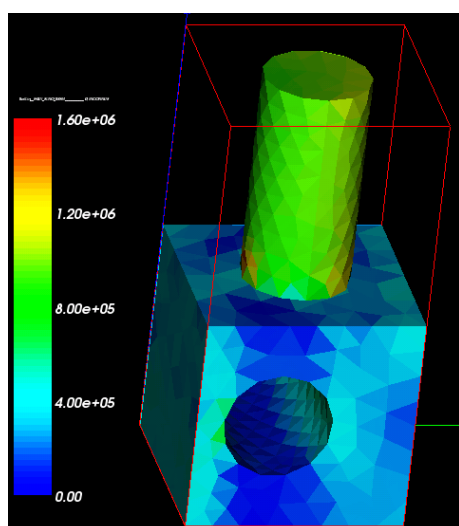


FIG. 5 – Le champ de contraintes

essayer d'utiliser mieux les couleurs pour affiner le rendu et améliorer la lisibilité. Changez l'échelle de couleur en sélectionnant l'une des représentations de la déformation et en faisant un clic droit / Edit / Scalar bar / Use imposed range puis saisissez les valeurs $1.5e-5$ et $1.8e-5$ comme limites. Changer également Nb of labels de 6 à 7 de façon à obtenir une division par échelons de 0.05 au lieu d'une graduation fantaisiste. Faites l'opération pour les deux déformées et comparez les faces Pression. Éloquent non ? Comparez avec les indications données par la mesure directe. Vous trouvez une différence curieuse ? Vous venez de faire la même erreur qui m'a occupé un moment, vous avez comparé une couleur à une mesure de DZ. Or la couleur est l'image de la combinaison DX, DY et DZ et non seulement de DZ ! Elle est donc exactement l'image du vecteur de déplacement.

5.2 Interprétation de résultats

Pas question de laisser passer un tel résultat sans au moins de demander si l'ordre de grandeur des résultats obtenus est juste. Une telle vérification est toujours souhaitable, quelque soit le calcul que l'on vient de faire pour essayer, autant que faire se peut, de se mettre à l'abri des fautes de frappe, erreurs d'hypothèses ou autre défauts de raisonnement. Nous allons raisonner tout d'abord sur le champ des contraintes, pour cela refaites le calcul avec une pression négative sur l'axe Z (donc une poussée du cylindre vers le cube). L'utilisation ou non de LIAISON_UNIF ne change pas fondamentalement le raisonnement, pour ma part j'ai laissée LIAISON_UNIF à DZ dans ce qui suit. Tous calculs faits j'obtiens la figure 5. Rappelons que nous sommes sur des volumes de taille 2m (sauf

Ajout
25/05/06

diam cylindre = 1m). On retrouve bien la pression de $1e6$ sur la face supérieure et d'ailleurs à peu de chose près sur l'ensemble du cylindre ce qui est logique. Seule la zone de contact montre des couleurs différentes prouvant des variations nettes de contraintes dans ce secteur. Sauf erreur le mot clef `FORCE_FACE` indique bien une force rapportée à l'unité de surface. Son effet, si j'en juge par les tests que j'ai fait sur des cylindres isolés simples est très voisin de `PRES_REP`.

La charge correspondante soit 785000 N (env. 78 tonnes, correspond à 1 million de Pa agissant sur 0.785 m² de section cylindrique) conduit mathématiquement à une contrainte moyenne de $2e5$ Pa (arrondie) dans le cube ce qui correspond sur l'échelle à la transition entre les nuances de bleu. On vérifiera sans mal que la couleur du cube est bien, en moyenne, celle que nous nous attendions à trouver.

L'analyse de la déformée montre que la face supérieure s'est affaissée de 0.00013 m soit 0.13 mm. On vérifiera que cette valeur est parfaitement constante sur toute la face (à condition d'avoir bien mis en oeuvre `LIAISON_UNIF`). Dans le cas contraire on mesurera des valeurs voisines, dans la fourchette de 0.12 à 0.14 (valeurs arrondies), laissant toujours une valeur moyenne de l'ordre de 0.13 . Si on raisonne simplement sur la déformation du cylindre longueur 2 m sous l'effet de la pression de $1e6$ Pa il vient que le cylindre devrait se contracter de $2 \cdot 1e6 / 210e9$ soit $0.95e-5$ soit 0.095 mm ($210e9$ = module d'Young de l'acier, voir valeur de `E` dans `DEFI_MATERIAU - ELAS`). Il est possible, comme nous l'avons fait pour la face pression, de mesurer le déplacement de la face de contact. Certes les mesures sont plus dispersées, mais l'ordre de grandeur du déplacement obtenu est tout à fait cohérent avec le calcul ci-dessus duquel on déduit que si la face "Pression" se déplace de 0.13 et que le cylindre se raccourci de 0.095 alors la face de contact s'affaisse de 0.035 mm. Bien entendu les chiffres avancés ici ne sont valide que si vous avez affecté aux deux pièces, le cube et le cylindre, le matériau acier avec un module de Young de $210e9$.

6 Qualité du contact

Ajout
25/05/06

La notion de contact est très large et il peut être justifié de se poser la question du type de contact que nous avons défini ici. S'agit-il simplement de deux pièces qui sont en contact parce que la situation initiale fait qu'elles sont voisines et que les efforts appliqués maintiennent ce contact ? Ou alors s'agit-il d'un "collage", d'une liaison solide et résistant à des efforts de cisaillement, d'arrachement ?

Le plus simple pour répondre à cette question est de faire l'essai trivial qui consiste à inverser le sens de la pression pour en faire une traction. De deux choses l'une, soit le calcul s'arrête parce que les pièces se séparent, soit les pièces sont effectivement solidaires l'une de l'autre et alors nous devrions voir le cylindre "tirer" le cube. Une fois la compilation faite il en découle une déformée comme celle de la figure 6. C'est donc la seconde hypothèse qui est la bonne, nous avons défini une vraie liaison entre deux pièces et non un appui. J'ai un peu forcé le facteur d'échelle, positionné à 5000 pour cette image, de façon à ce que la vue soit parlante.

7 Généralisation

Ajout
26/05/06

Nous venons de définir le contact entre deux objets, mais il est possible de généraliser l'exercice en ajoutant des objets. La figure 7 est l'illustration de ce propos, deux cubes 2×2 sont liés par un cylindre 0.5×2 , l'ensemble étant soumis à une pression selon Z sur la face supérieure du cube situé en haut, la base du cube inférieur étant fixe. Cette extrapolation ne pose guère de difficulté, les modifications à apporter au fichier `.comm` sont décrites ci-dessous. Pour simplifier j'ai conservé les noms de faces et de volumes utilisés plus haut et rajouté des objets avec un indice 2 pour le nouveau contact créé entre cylindre et cube du haut. En détail voici les modifications apportées au fichier `.comm` :

A l'étape 3 ajouter les nouvelles faces de contact `Ccyl2` et `Ccub2` lors de la phase de définition des groupes de mailles. Le paragraphe `DEFI_GROUP` devient :

```
MeshQuad=DEFI_GROUP (reuse =MeshQuad,
                      MAILLAGE=MeshQuad,
                      CREA_GROUP_MA=( _F (NOM=' BaseQ' ,
                                           GROUP_MA=' Base' , ) ,
```

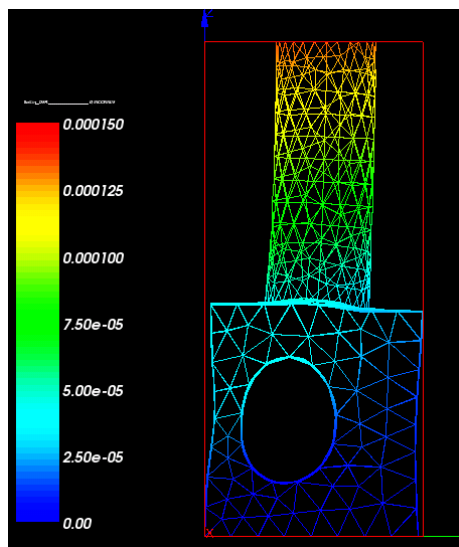


FIG. 6 – Le même exercice mais en traction, échelle 5000

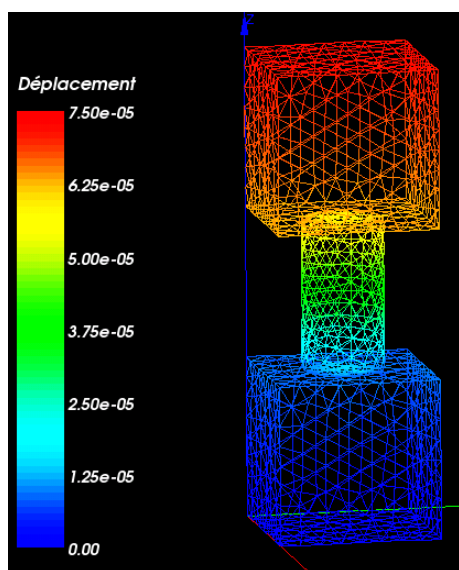


FIG. 7 – Généralisation à trois objets

```

_F (NOM='CcubeQ',
    GROUP_MA='Ccube',),
_F (NOM='CcylQ',
    GROUP_MA='Ccyl',),
_F (NOM='Ccube2Q',
    GROUP_MA='Ccube2',),
_F (NOM='Ccyl2Q',
    GROUP_MA='Ccyl2',),
_F (NOM='PressQ',
    GROUP_MA='Pression',),),);

```

A l'étape 5, ajouter les faces Ccube2 et Ccyl2 à la commande ORIE_PEAU_3D. La syntaxe du paragraphe devient :

```

MeshQuad=MODI_MALLAGE(reuse =MeshQuad,
                      MAILLAGE=MeshQuad,
                      ORIE_PEAU_3D=_F (GROUP_MA=('CcubeQ','CcylQ','Ccube2Q','Ccyl2Q',),),
                      MODELE=FEMQuad,);

```

A l'étape 7 la définition des charges est sérieusement transformée. Deux paragraphes d'affectation sont créés, le premier BCnd décrit le cube supérieur, le second BCnd2 le cube inférieur. L'ensemble devient :

```

BCnd=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=FEMQuad,
                    DDL_IMPO=_F (GROUP_MA='Base',
                                DX=0.0,
                                DY=0.0,
                                DZ=0.0,),
                    LIAISON_MAIL=_F (GROUP_MA_MAIT='Cylindre',
                                      GROUP_MA_ESCL='CcubeQ',),
                    INFO=1,);

BCnd2=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=FEMQuad,
                    LIAISON_MAIL=_F (GROUP_MA_MAIT='Cylindre',
                                      GROUP_MA_ESCL='Ccube2Q',),
                    LIAISON_UNIF=_F (GROUP_MA='Pression',
                                      DDL=('DY','DX',),),
                    FORCE_FACE=_F (GROUP_MA='Pression',
                                   FZ=-1e6,),
                    INFO=1,);

```

A l'étape 8 pensez à rajouter BCnd2 à la suite de BCnd dans le calcul de la solution :

```

SolQuad=MECA_STATIQUE(MODELE=FEMQuad,
                      CHAM_MATER=Mat,
                      EXCIT=(_F (CHARGE=BCnd,),
                              _F (CHARGE=BCnd2,),),);

```

8 Conclusion, auteur

Droit d'auteur : L'utilisation de ce document sous quelque forme que ce soit est absolument libre au sens que la licence GPL donne à ce terme. Je souhaite simplement, si de larges extraits de cette publication sont utilisés dans d'autres documents, qu'il soit fait mention du nom de l'auteur du document initial.

L'auteur : Jean-Marc LICHTLE Ingénieur Arts et Métiers, promotion Chalons 1973-1977.

Les commentaires sont à adresser à :

jean-marc.lichtle@gadz.org

Versions de ce document:

\$Log: caelinux4.tex,v \$
Revision 1.2 2006/05/26 19:22:33 jml
Ajout des paragraphes :
Interprétation des résultats
Qualité du contact
Généralisation

Revision 1.1 2006/05/25 17:11:25 jml
Initial revision