

CAELinux et l'analyse par éléments finis.

Exercice 5, contact 2D, utilisation de STAT_NON_LINE

Jean-Marc LICHTLE *

22 mai 2006

Table des matières

1 Introduction	1
2 Passage à CAELinux beta 2	1
2.1 Les inconvénients de beta 1	2
2.2 Les surprises de la beta 2	2
3 Construction des pièces et maillage	3
3.1 Création des faces	3
3.2 Création du maillage	3
4 Mise au point du fichier .comm	4
5 Exploitation des résultats	6
6 Enregistrement du fichier .comm comme modèle	6
7 Conclusion, auteur	7

Résumé

Nous continuons notre série d'exercices en avançant sur le sujet des contacts. Cette fois nous entrons dans le coeur du sujet avec l'utilisation de l'opérateur STAT_NON_LINE de traitement des phénomènes non linéaires.

1 Introduction

Nous continuons toujours avec des composants de la même famille, cette fois une face carrée de 2x2 et une face en demi-cercle de rayon 1 en contact avec le carré par l'arête arrondie. Le carré peut simuler une pièce métallique, le demi-cercle une butée en matière souple.

2 Passage à CAELinux beta 2

En marge de l'exposé de l'exercice quelques informations que j'ai consigné lors du passage de CAELinux beta 1 à beta 2.

* Ingénieur Arts et Métiers promotion CH73

2.1 Les inconvénients de beta 1

Mon employeur met en oeuvre des PC de marque FUJITSU SIEMENS, belles machines mais qui refusaient de faire fonctionner la version beta 1, aussi bien sur les PC portables que sur les PC de bureau. J'avais été conduit à me rabattre sur une machine IBM un peu plus ancienne. J'admets que je ne me suis pas battu pendant des heures avec ce sujet, j'ai choisi à l'époque la solution de facilité, changer de matériel. Par contre la beta 1 fonctionnait parfaitement sur mon PC privé, une tour d'assembleur tout à fait ordinaire.

2.2 Les surprises de la beta 2

Bonne surprise les FUJITSU SIEMENS se sont mis à fonctionner, aussi bien en version live qu'en version installée. La mauvaise surprise est que cette nouvelle mouture fonctionnait mal, aussi bien sur la machine IBM qui avait fait tourner correctement la beta 1 que sur mon PC personnel. Dans les deux cas j'ai été contraint de forcer le paramétrage de xorg pour y remplacer le paragraphe relatif à la carte vidéo par celui-ci :

```
Section "Device"
Identifier "* Generic VESA compatible"
Driver "vesa"
EndSection
```

Cette modification a fait rentrer les choses dans l'ordre.

Seconde surprise, alors que la beta 1 comportait un serveur vnc (qui me permettait, au bureau, de me connecter à la machine CAELinux depuis mon portable tournant sous winbeurk), la version beta 2 ne comportait plus ce serveur. Seconde découverte, le package xpdf qui faisait partie du matériel standard de la beta 1 n'est plus présent dans la beta 2. Compte tenu du fait que j'avais déjà ajouté à l'époque à la beta 1 vim en version étendue, la correction orthographique fr et xfig pour réaliser les diagrammes, la liste des paquets rpm ajoutés à la beta 2 s'établit donc comme suit :

```
tightvnc-server-1.2.9-1tex.i586.rpm*

transfig-3.2.5-1tex.i586.rpm* (nécessaire pour xfig)
xfig-3.2.4-3mdk.i586.rpm*

locales-fr-2.3.2-5mdk.i586.rpm* (nécessaire pour aspell)
aspell-fr-0.50.3-1tex.i586.rpm*

vim-common-6.4-1tex.i586.rpm (requis pour vim-enhanced)
libpython2.4-2.4.2-2tex.i586.rpm (idem)
vim-enhanced-6.4-1tex.i586.rpm

xpdf-3.01-2tex.i586.rpm
```

L'exposé ci-dessus ne met pas un terme aux surprises. Alors qu'en beta 1 j'avais accès à la documentation d'un simple clic sur le bouton correspondant de EFICAS cette aide ne fonctionne plus avec la beta 2. Un petit tour dans les menus de EFICAS, précisément menu / Options / Paramètres EFICAS / bouton Modifier permet de remplacer le contenu de la ligne "Ligne de commande Acrobat Reader" qui contient à l'origine acroread pour y mettre xpdf ce qui lance ce lecteur de pdf au lieu de acroread absent de la beta 2 dans son installation par défaut. Cette manipulation modifie le contenu du fichier de paramétrage de EFICAS c'est à dire /Eficac-install/eficas.ini. Notez que ce paramétrage est spécifique à l'utilisateur courant et qu'il conviendra de le refaire dans tous les comptes utilisateurs. Bien entendu il y a bien d'autres solutions pour activer l'affichage de la documentation, notamment installer Acrobat Reader ou alors créer un lien nommé acroread depuis un sous répertoire visible dans le chemin d'accès et le faire pointer sur le binaire de xpdf dans /usr/bin. Dans les deux cas la solution est universelle et s'applique à tous les utilisateurs.

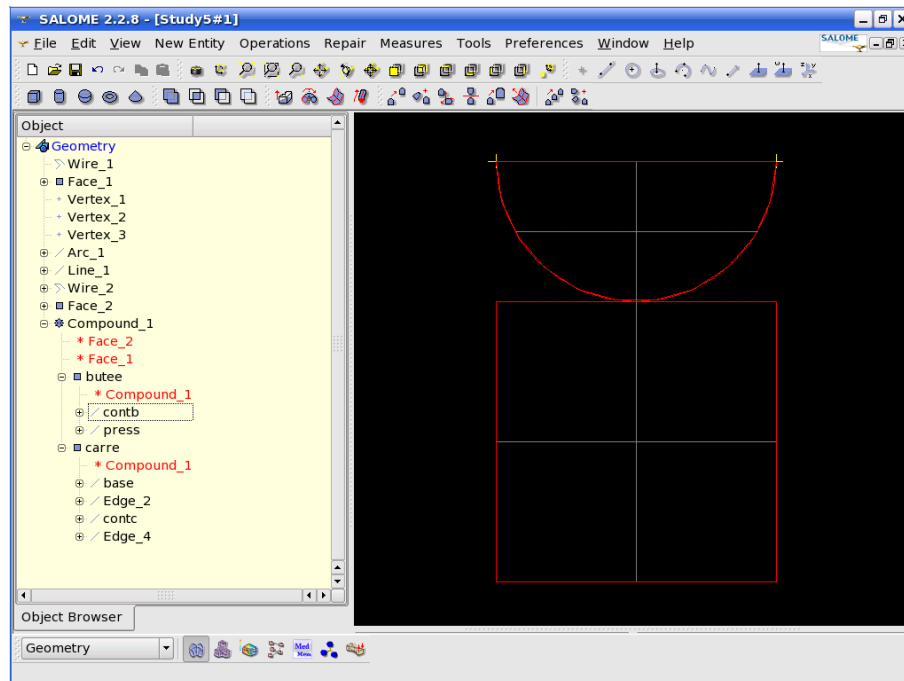


FIG. 1 – Le carré et le demi-cercle de l'exercice.

3 Construction des pièces et maillage

3.1 Création des faces

Le carré se construit sans difficulté avec menu / New Entity / Sketch. Entrez les coordonnées 0,0 2,0 2,2 0,2 et 0,0 avant de cliquer Sketch validation. Astuce : A cet endroit plutôt que de saisir la dernière paire de coordonnées vous pouvez valider la 4ème paire 0,2 avec "Sketch closure" au lieu de "Sketch validation". SALOME ferme alors automatiquement la figure en traçant la ligne de retour à l'origine. Pensez à transformer la figure ainsi obtenue en face.

Le tracé de la face en demi-cercle ne pose guère plus de problème, commencez par générer 3 points de coordonnées 0,3 1,2 2,3 (menu New Entity / Basic / Points). Astuce : Après le premier et le second point ne cliquez pas sur OK mais sur Apply ce qui laisse ouverte la fenêtre de dialogue et permet de continuer la saisie rapidement sans repasser par le menu. Créez ensuite le demi-cercle et la corde, combinez ces deux entités géométriques en un tracé (wire) puis une face.

Les deux faces étant créées, combinez les en un compound puis exposez à nouveau le compound en face puis les faces en arêtes. Renommez les faces "carre" et "butée" puis les arêtes intéressantes "base" "contc" pour "contact carré", contb pour "contact butée" et "press". Notez que je ne mets pas les accents, il s'agit d'une saine habitude (à mon avis), on n'est en effet jamais certains que les logiciels soient en situation de traiter ces petits accessoires de l'alphabet latin.

L'ensemble devrait vous conduire au résultat présenté dans la figure 1.

3.2 Création du maillage

Cette section ne devrait plus présenter la moindre difficulté si vous avez bien assimilé les exercices précédents. Compte tenu que nous sommes en 2D un maillage fin, 0.05 par exemple, ne devrait pas conduire à des lourdeurs de calcul insupportables. Une fois la maillage effectué créez les groupes de mailles Base, Press, Contc et Contb qui seront utilisées plus loin. Vous pouvez aussi créer deux groupes de faces, ces groupes ne seront utilisés que si vous voulez affecter des matières différentes aux deux géométries. Si vous simplifiez en prenant un matériau commun vous pouvez faire l'impasse sur la création de ces groupes.

4 Mise au point du fichier .comm

A cet endroit je tiens une nouvelle fois à remercier chaleureusement M. J. CUGNONI qui a bien voulu, en réponse à une "bouteille à la mer" lancée sur le forum de Code-Aster, m'adresser un fichier .comm fonctionnel. La question portait sur ce même exercice, dans la version 3D, j'ai ensuite adapté l'ensemble à un exercice 2D qui ne limite pas la portée de l'exercice mais soulage un peu les puces de la carte mère et rend les calculs plus rapides.

Une des variantes (vous pourrez en imaginer d'autres) de fichier de commande fonctionnel est le suivant :

```
DEBUT ();

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

FEMLin=AFFE_MODELE (MAILLAGE=MeshLin,
                    AFPE=_F (TOUT='OUI',
                             PHENOMENE='MECANIQUE',
                             MODELISATION='D_PLAN',),);

Steel=DEFI_MATERIAU (ELAS=_F (E=2.1e11,
                              NU=0.27,
                              RHO=7800.0,),);

Nylon=DEFI_MATERIAU (ELAS=_F (E=2.5e9,
                              NU=0.45,),);

Mat=AFFE_MATERIAU (MAILLAGE=MeshLin,
                   MODELE=FEMLin,
                   AFPE=( _F (GROUP_MA='Carre',
                              MATER=Steel,),
                        _F (GROUP_MA='Butee',
                              MATER=Nylon,),),);
```

La première partie du fichier .comm est assez classique. Notez que le modèle employé ici est D_PLAN. J'ai défini deux matériaux, l'acier classique et le nylon. L'affectation des matériaux aux faces est simple. C'est à cet endroit que la définition des faces prend toute son importance.

```
MeshLin=MODI_MALLAGE (reuse =MeshLin,
                      MAILLAGE=MeshLin,
                      ORIE_PEAU_2D=_F (GROUP_MA=('Contb','Contc',),),
                      MODELE=FEMLin,);

BCnd=AFFE_CHAR_MECA (MODELE=FEMLin,
                    DDL_IMPO=_F (GROUP_MA='Base',
                                  DX=0.0,
                                  DY=0.0,),
                    CONTACT=_F (APPARIEMENT='MAIT_ESCL',
                                 RECHERCHE='NOEUD_BOUCLE',
                                 LISSAGE='OUI',
                                 NORMALE='MAIT',
                                 METHODE='CONTRAINTE',
                                 PROJECTION='LINEAIRE',
```

```

GROUP_MA_MAIt='Contc',
GROUP_MA_ESCL='Contb',
NB_REAC_MAXI=10,,);

```

```

charge=AFFE_CHAR_MECA(MODELE=FEMLin,
                      DDL_IMPO=_F(GROUP_MA='Press',
                                   DX=0.0,
                                   DY=-0.2,,));

```

Le premier paragraphe assure l'orientation correcte des mailles de peau, plus précisément des perpendiculaires à ces mailles. Cette orientation doit être faite avant d'attaquer les paragraphes suivants sous peine de voir apparaître des messages d'erreur indiquant une orientation incorrecte. Les deux paragraphes qui suivent définissent les charges appliquées aux deux faces, charges aux limites et contacts entre les faces. La définition de la notion de contact est décrite dans la documentation disponible sur le site de Code-Aster.

```

rampe=DEFI_FONCTION(NOM_PARA='INST',
                    VALE=(0.0,0.0,1.0,1.0,,));

```

```

instants=DEFI_LIST_REEL(DEBUT=0.0,
                       INTERVALLE=_F(JUSQU_A=1.0,
                                       PAS=0.05,,));

```

Pour permettre de "suivre" la déformation des pièces l'application de la charge va se faire par pas successifs. Ces pas, ou instants, constituent une liste de 20 valeurs construite automatiquement par DEFI_LIST_REEL.

```

SolNoLin=STAT_NON_LINE(MODELE=FEMLin,
                       CHAM_MATER=Mat,
                       EXCIT=(_F(CHARGE=BCnd),
                              _F(CHARGE=charge,
                                  FONC_MULT=rampe,,)),
                       COMP_ELAS=_F(RELATION='ELAS',
                                     DEFORMATION='GREEN',
                                     TOUT='OUI',),
                       INCREMENT=_F(LIST_INST=instants,
                                     SUBD_PAS=2,
                                     SUBD_PAS_MINI=1e-4,),
                       NEWTON=_F(REAC_INCR=1,
                                  PREDICTION='TANGENTE',
                                  MATRICE='TANGENTE',
                                  REAC_ITER=2,),
                       CONVERGENCE=_F(ITER_GLOB_MAXI=30,),
                       ARCHIVAGE=_F(PAS_ARCH=1,,));

```

```

SolNoLin=CALC_ELEM(reuse =SolNoLin,
                  MODELE=FEMLin,
                  CHAM_MATER=Mat,
                  RESULTAT=SolNoLin,
                  OPTION=('SIEF_ELNO_ELGA','EQUI_ELNO_SIGM',,,));

```

```

IMPR_RESU(MODELE=FEMLin,
          FORMAT='MED',
          UNITE=80,

```

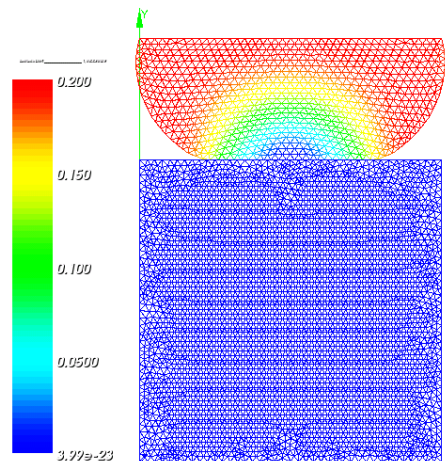


FIG. 2 – Le même ensemble, cette fois déformé sous charge.

```

RESU=(_F(MAILLAGE=MeshLin,
          RESULTAT=SolNoLin,
          NOM_CHAM='DEPL',
          NOM_CMP=('DX','DY',)),
_F(RESULTAT=SolNoLin,
   NOM_CHAM='EQUI_ELNO_SIGM',
   NOM_CMP='VMIS',),),);

```

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

5 Exploitation des résultats

Salez, poivrez, mettez au four thermostat 8 ... excusez moi, je pensais à autre chose. Calculez la solution avec Code-Aster puis importez le fichier .med résultant dans SALOME. Différence par rapport aux exercices précédents vous voyez cette fois autant d'occurrence du mot "INCONNUE" qu'il y a eu de calculs c'est à dire qu'il y a eue de points dans DEFI_LIST_REEL. Visualisez par exemple le champ de déplacement correspondant au dernier pas. Si vous avez reproduit correctement tous les éléments de cet exercice vous devriez aboutir à une image très proche de celle de la figure 2

Si vous obtenez plutôt une image comme celle de la figure 3, avec une forme curieusement assez peu déformée alors que nous lui avons imposé 0.2 soit 1/10ème de la hauteur du carré, posez vous la question du facteur d'échelle de la représentation. Je rappelle que ce facteur d'échelle doit être égale à 1 pour que l'image soit à l'échelle et que les mesures de déplacement faites par le biais de clic-droit / Selection Info soient pertinentes.

6 Enregistrement du fichier .comm comme modèle

Vous souhaitez certainement, une fois le fichier mis au point, le conserver pour le réutiliser ultérieurement. Pour ce faire il suffit de le recopier dans le sous répertoire /opt/helpers/Templates/ en lui donnant un nom explicite comme contact2D.comm. Cette méthode vous permettra, au fur et à mesure, de vous constituer une bibliothèque de squelettes de fichiers de commande. Notez que vous pouvez également créer des sous répertoires, par exemple 2D, 3D etc. qui regroupent vos fichiers par types d'application.

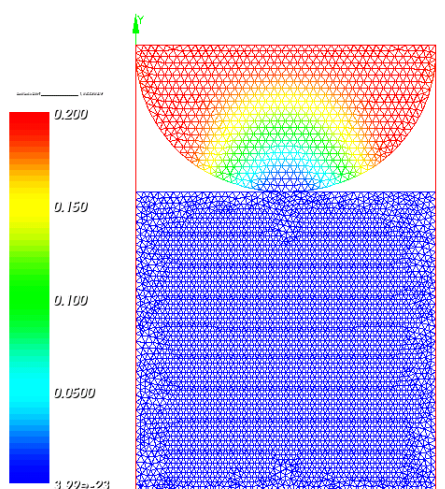


FIG. 3 – Le même ensemble, avec un facteur d'échelle <1 .

7 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