

Modélisation numérique avec code_aster

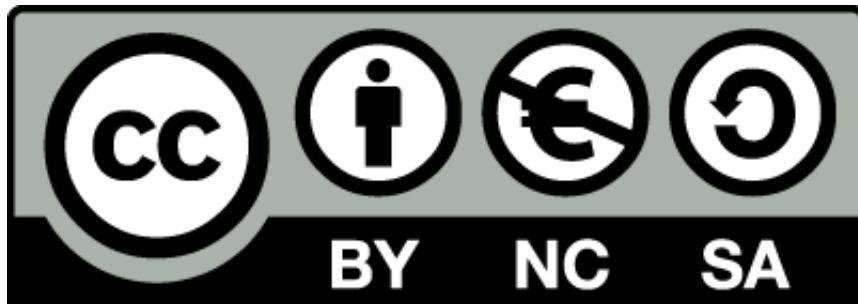


Fascicule de travaux pratiques sur code_aster

Sphère creuse en plasticité

Mickaël Abbas et Nicolas Pignet

Cette œuvre est sous licence Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0. L'œuvre peut être librement utilisée, à la condition de l'attribuer à l'auteur en citant son nom. Le titulaire de droits peut autoriser tous les types d'utilisation ou au contraire restreindre aux utilisations non commerciales (les utilisations commerciales restant soumises à son autorisation). Le titulaire a la possibilité d'autoriser à l'avance les modifications ; peut se superposer l'obligation pour les œuvres dites dérivées d'être proposées au public avec les mêmes libertés (sous les mêmes options Creative Commons) que l'œuvre originale.



Version de `salome_meca` : 2022

Notations

L'accès aux menus de SALOME utilise la notation :

`Menu` » `SousMenu` » `SousSousMenu`

Attention, les menus sont supposés être en anglais. Pour changer la langue de SALOME, modifiez les préférences dans `File` » `Preferences`. Il faudra quitter puis relancer SALOME pour que le changement soit pris en compte.

La notation `Click Droit` indique qu'il faut appuyer sur le bouton *droit* de la souris.

Table des matières

1	Modélisation d'une sphère creuse avec une pression interne	1
1.1	Définition du problème	1
1.1.1	Géométrie	1
1.1.2	Conditions aux limites	1
1.1.3	Chargements	1
1.1.4	Propriétés des matériaux	2
1.2	Plasticité en petites déformations	2
1.3	Post-traitement	3
1.4	Plasticité en grandes déformations	4

Chapitre 1

Modélisation d'une sphère creuse avec une pression interne

L'objectif principal est de comparer différentes formulations d'éléments finis pour le benchmark d'une sphère soumise à une pression interne. En fonction de l'élément fini, nous observerons un blocage volumétrique dû aux déformations plastiques. Les petites déformations et les déformations finies seront utilisées pour comparer les différences.

1.1 Définition du problème

1.1.1 Géométrie

Il s'agit d'une sphère creuse avec une pression interne, modélisée en 3D. On modélise seulement un huitième de la sphère grâce aux symétries. Le rayon intérieur est 200 mm et le rayon extérieur est 1000 mm, voir 1.1.

1.1.2 Conditions aux limites

Les trois faces issues de la partition de la sphère sont bloquées suivant leurs directions orthogonales (conditions de symétrie).

1.1.3 Chargements

La sphère est soumise à une pression p qui augmente de 0 à 480 MPa sur la face intérieure.

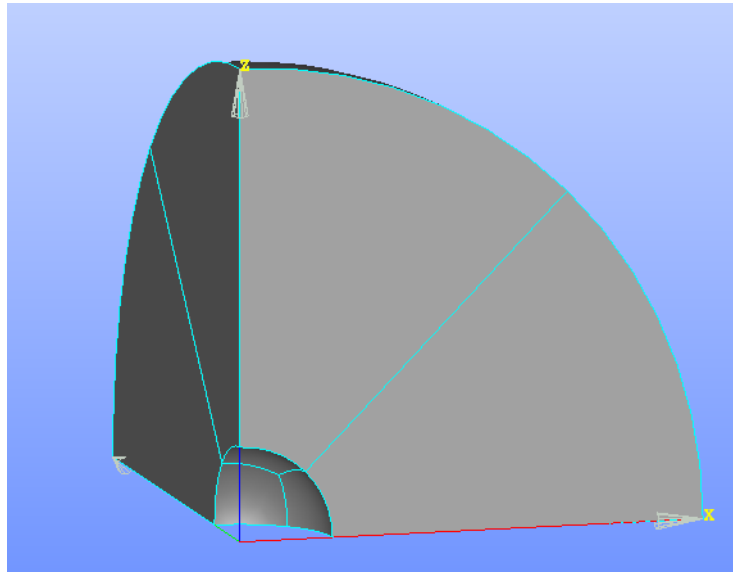


FIGURE 1.1 – Sphère creuse (avec ses plans de symétrie)

1.1.4 Propriétés des matériaux

Les caractéristiques matériaux de l'acier sont (plasticité parfaite) :

- Module d'Young : $E = 200$ GPa ;
- Coefficient de Poisson : $\nu = 0,3$;
- Limite d'élasticité : $\sigma_y = 150$ MPa ;
- Pente de la courbe d'écrouissage : 0.

Une solution analytique pour la plasticité parfaite en petites déformations est donnée dans [E.A. de Souza Neto, D. Peric, D.R. Owen, Computational Methods for Plasticity : Theory and Applications, 2011].

1.2 Plasticité en petites déformations

Le fichier de commande est donné par `TP_Plasticite_Petit.comm`. Le fichier de lancement du test est donné par `TP_Plasticite_Petit.comm`. C'est dans ce dernier fichier que vous pouvez changer le maillage. Dans l'exemple fourni, on utilise un maillage en TETRA4 (`sphere_T4.med`).

On applique une pression de 150 MPa.

Un fichier résultat de nom `TP_Plasticite_Petit_result.med` est généré. Vous pouvez le renommer pour comparer les différents résultats. Un signe de verrouillage volumétrique est que la trace du tenseur des contraintes présente de fortes oscillations comme on le voit sur la figure 1.2.

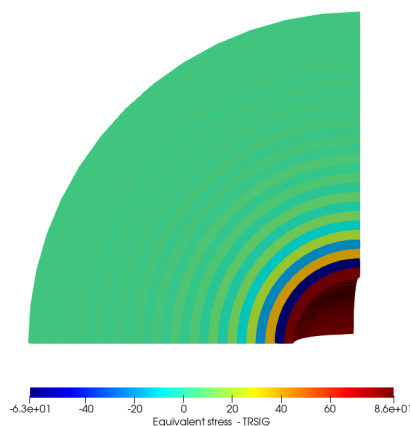


FIGURE 1.2 – Trace du tenseur des contraintes pour les éléments de Lagrange linéaire

Élément fini	Nom dans code_aster	Nom du maillage
Lagrange linéaire	3D	sphere_H8.med
Lagrange quadratique	3D	sphere_H20.med
Lagrange biquadratique	3D	sphere_H27.med
Lagrange biquadratique sous-intégré	3D_SI	sphere_H20.med
Formulation mixte à trois champs	3D_INCO_UPG	sphere_H20.med
HHO	HHO	sphere_T4.med

TABLE 1.1 – Liste des formulations et des fichiers

La seconde colonne indique ce qu'il faut utiliser dans **code_aster** pour **AFFE_MODELE** et **MODELISATION**. Pour HHO, on peut également spécifier la formulation par **FORMULATION** (**LINEAIRE** or **QUADRATIQUE**). De plus, le maillage doit être modifié pour HHO par la commande suivante :

```
mesh = CREA_MALLAGE(
    MAILLAGE=mesh0,
    MODI_HHO=_F(TOUT="OUI",)
)
```

1.3 Post-traitement

Pour regarder les résultat (fichier MED), on ouvre **ASTERSTUDY** dans **salome_meca**, puis **Operations** **Post-process an external MED Results file**. Voici les

champs qui peuvent être visualisés :

- `SIEF_ELGA` : contraintes aux points d'intégration
- `SIEQ_ELGA` : contraintes équivalentes aux points d'intégration comme von Mises (VMIS), ou la trace du tenseur (TRSIG)
- `VARI_ELGA _NOMME` : variables internes de la loi de comportement aux points d'intégration comme la déformation plastique cumulée (EPSPEQ)
- `DISP` : champ des déplacements aux noeuds

La correction pour HHO est donnée dans les fichiers `TP_Plasticite_Petit_HHO.comm` et `TP_Plasticite_Petit_HHO.export`.

Remarque : dans cette version de **code_aster**, HHO sur des hexaèdres ne fonctionne pas car le maillage utilise des faces courbes.

1.4 Plasticité en grandes déformations

La différence avec les petites déformations est que nous utilisons une déformation finie dans un cadre logarithmique. Vous devez modifier deux paramètres dans le script :

- La pression appliquée est désormais de 480 MPa : `AFPE_CHAR_MECA`, `PRES_REP` puis `PRES = 480`.
- Le modèle de déformation est logarithmique : `STAT_NON_LINE`, `COMPORTEMENT` puis `DEFORMATION = GDEF_LOG`

Sur la figure 1.3, on voit que même une formulation mixte présente des signes de verrouillage.

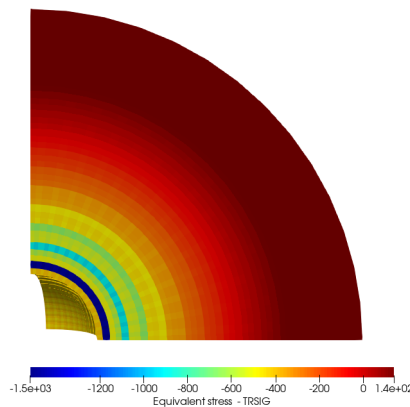


FIGURE 1.3 – Trace du tenseur des contraintes pour les éléments mixtes UPG

La résolution est plus longue car nous avons ajouté une deuxième non-linéarité avec une mesure non-linéaire des déformations. Vous pouvez comparer comme précédemment les différentes formulations.

1.4. PLASTICITÉ EN GRANDES DÉFORMATIONS

Q4 : Which formulation does not present volumetric-locking ? Q5 : Which formulation seems optimal in terms of locking and computation times ? Q6 : What is the disadvantages of this formulation ? Q7 : For HHO formulations, have you a difference between linear and quadratic formulations ? Q8 : For HHO formulations, test small and large value of the stabilization coefficient ? Which impact has it compare to small deformations ?

La correction pour HHO est donnée dans le fichier `TP_Plasticite_Grand_HHO.comm`. Celle pour UPG dans le fichier `TP_Plasticite_Grand_UPG.comm`.