



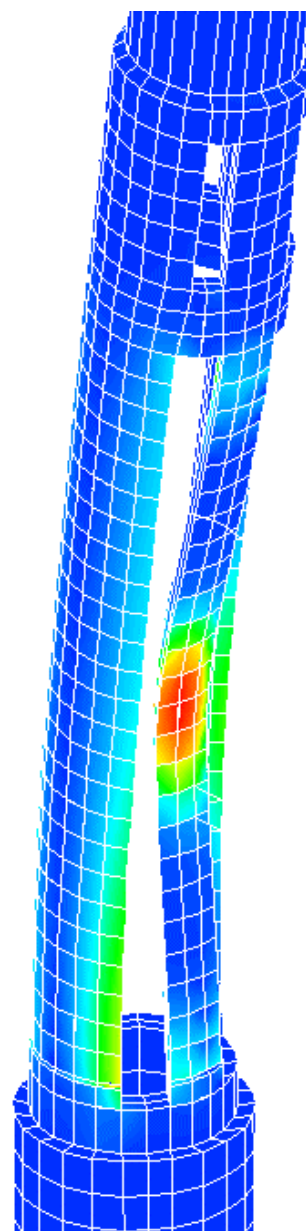
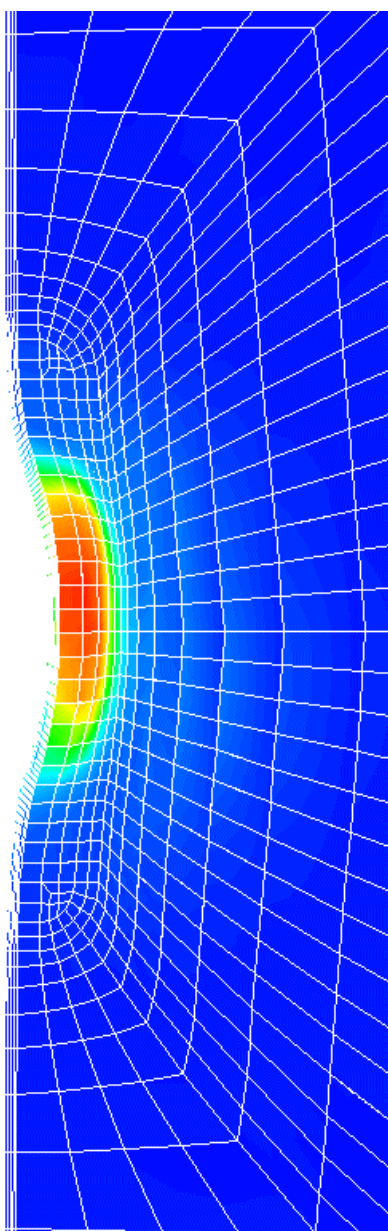
13 quai Saint Michel - 75005 Paris - France  
Tél : 01 40 46 88 98 - Fax : 01 40 46 88 98  
Site : <http://www.toumbas-engineering.com>

Référence interne :	R01/30-04-04
Nature du document :	<b>Rapport interne</b> Non diffusable sans autorisation préalable
Révision :	A
Nombre de pages :	Page 1/9
Distribution :	G. Henry, D. Toumbas (TE) E. Waeckel, E. Lorentz (EdF)

Titre :

## COMPARAISON ENTRE LES MODELISATIONS DU CONTACT AU SEIN DES CODES EF ASTER ET ABAQUS

Simulation de l'agression externe d'une canalisation en acier sous pression  
Simulation de la cinématique de déformation d'une colonne de thermocouples



Date :	Auteur :	Vérificateur :
30/04/2004	G. Henry	D. Toumbas

# COMPARAISON ENTRE LES MODELISATIONS DU CONTACT AU SEIN DES CODES EF ASTER ET ABAQUS

Rapport interne à diffusion restreinte

de

**Toumbas Engineering**  
13 quai Saint Michel - 75005 Paris - France

à

**Electricité de France**  
Direction des Etudes et Recherches  
1 avenue du Général De Gaulle – 92141 Clamart Cédex

Indice de la révision :	Objet de la révision :
A	Edition originale

## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b>	<b>3</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>4</b>
<b>COMPARAISONS</b>	<b>5</b>
<b>1 – Contexte</b>	<b>5</b>
<b>2 – Etude de l'agression externe d'une canalisation en acier</b>	<b>5</b>
<b>3 – Etude du flambement d'une colonne de thermocouples en acier</b>	<b>7</b>
<b>4 – Conclusion</b>	<b>9</b>

## REFERENCES

- [1] Abaqus version 5.8
- [2] Code Aster version 7.2

## COMPARAISONS

### 1 – Contexte

L'implémentation d'études numériques comparative entre les capacités du logiciel commercial Abaqus [1] et celles du logiciel libre Code Aster [2] a pour vocation de s'assurer d'une part de la véracité et de la crédibilité des codes éléments finis utilisés par Toumbas Engineering et, d'autre part de se donner des référents dans le choix des logiciels employés pour les prestations de Toumbas Engineering. Deux cas industriels sont succinctement décrits pour ce faire.

### 2 – Etude de l'agression externe d'une canalisation en acier

Cette première simulation met en œuvre l'agression externe d'une canalisation en acier préalablement pressurisée. Le cliché ci-dessous présente le modèle géométrique et la discrétisation associée (1/2 coupe).

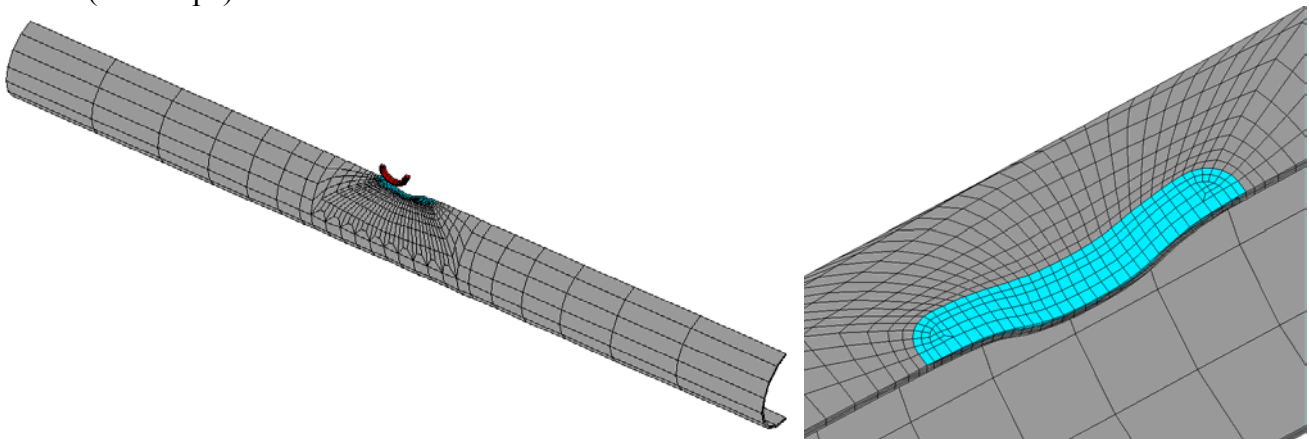


Figure 2.1: visualisation du modèle

Constater le raffinement en fond d'enfoncement. Les degrés de liberté axiaux des nœuds du tube aux extrémités sont annihilés. Les conditions de symétrie axiale sont également introduites. Les appuis verticaux sont mis en place sur la directrice longitudinale inférieure du tube. Le mouvement de l'outil est piloté en déplacement. Pour accroître notablement la convergence des calculs, la surface externe de l'outil est déclarée comme étant l'entité esclave du binôme inhérent à l'appariement du contact canalisation / agresseur. Dès lors, une loi de comportement élastique est postulée pour cet outil avec un module d'Young mille fois supérieur à celui de l'acier constitutif de la canalisation. L'écoulement isotrope (courbe de traction) est traduit quant à la représentation de l'écoulement plastique au sein de la canalisation. Le tenseur de déformation est calculé par la formulation de Green. Le tube subit donc une première étape de mise en pression interne, puis est réalisée l'initialisation du contact dent / tube, suivent alors trois étapes d'enfoncement (attaque à 45°, partie plate, retour à 45°) et enfin une ultime étape de baisse de pression post création du défaut est implémentée. Ce modèle numérique est conduit sous l'environnement de calcul de Code Aster et Abaqus. La seule différence en termes de modélisation est l'introduction d'éléments sous intégrés dans Abaqus. A titre d'informations, le modèle comporte 4051 nœuds pour 3046 éléments (hors éléments surfaciques pour le traitement de l'interface de contact et l'application de la pression interne).

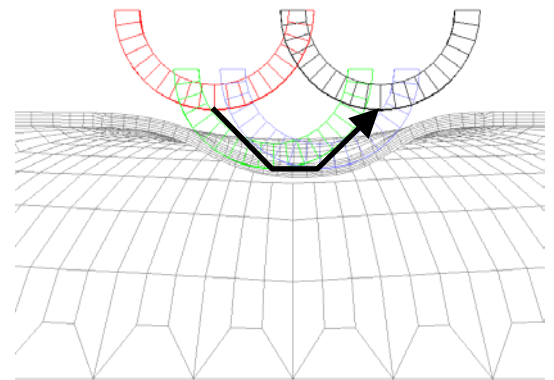


Figure 2.2: trajectoire de l'outil

Le calcul sous Aster a nécessité 72 incréments conditionnés par le découpage du pas de temps programmé manuellement tandis qu'il a été réalisé en 115 incréments sous Abaqus (avec augmentation automatique du pas de temps) pour des temps de calculs similaires (~2h CPU) sur SUN ULTRA60 OS Solaris 5.6. Les clichés suivants présentent les déformées escomptées et le degré de plastification atteint in fine.

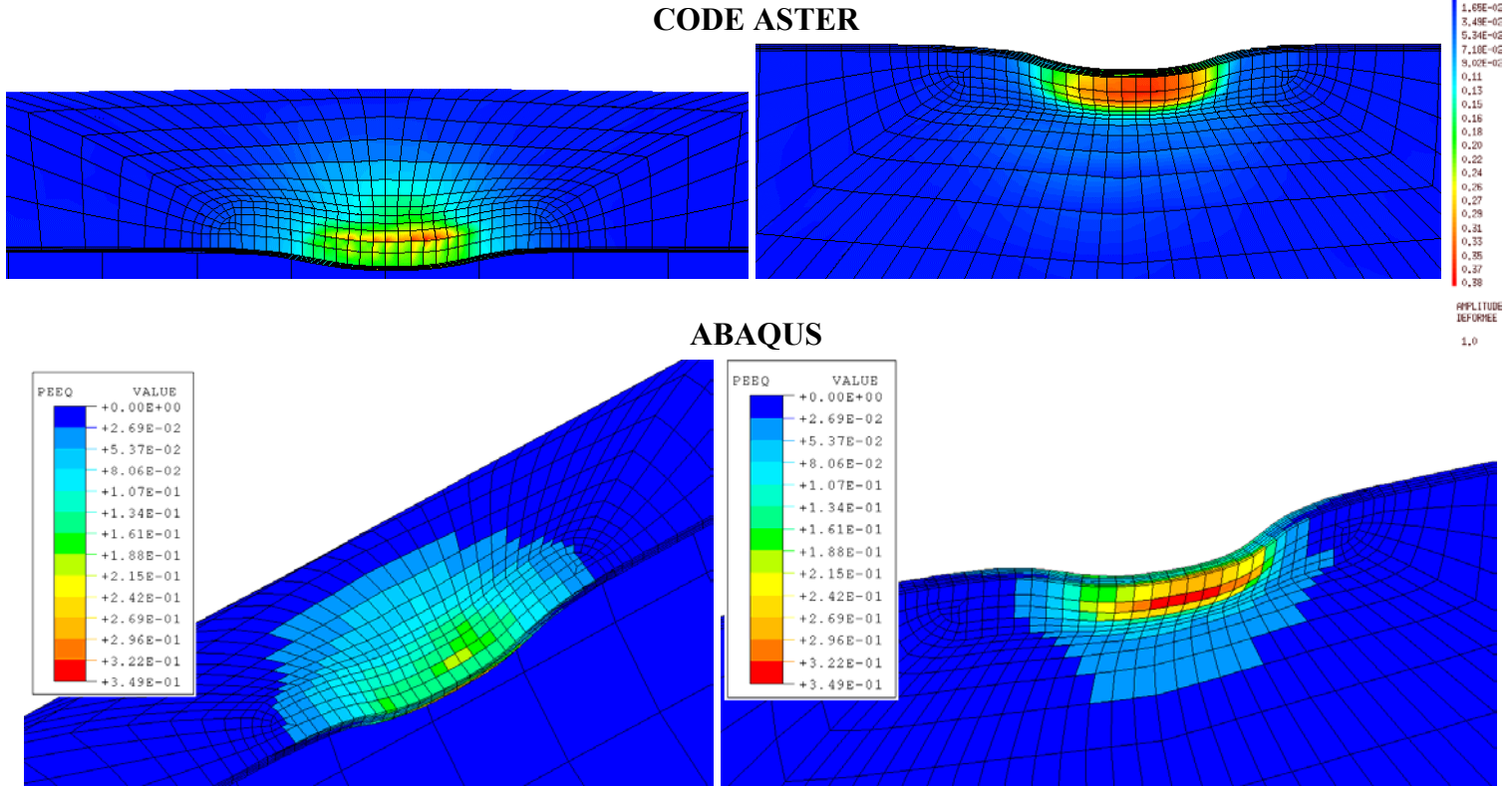


Figure 2.3: déformations plastiques équivalentes post enfoncement et chute de pression

Constater l'écart faible entre les plastification obtenue, la différence étant liée au fait que dans le cas d'Aster, les déformations extrapolées au nœuds par élément (pas de lissage entre éléments mis en place ici par un CALC\_NO) à partir des variables internes calculées aux points de Gauss sont visualisées tandis que pour Abaqus les déformations plastiques équivalentes aux points de Gauss sont illustrées. Noter en outre que les écarts peuvent également provenir de la formulation des éléments sous intégrés utilisés sous Abaqus réputés plus souple que les éléments standards car offrant de par leur formulation moins de résistance à la flexion. Les iso déplacements verticaux suivants permettent de visualiser l'enfoncement maximal du tube pressurisé par rapport au tube sain non chargé qui avoisine donc les 34 mm avec le modèle Aster pour 32 mm avec le modèle Abaqus, corroborant ainsi l'écart sur les déformations.

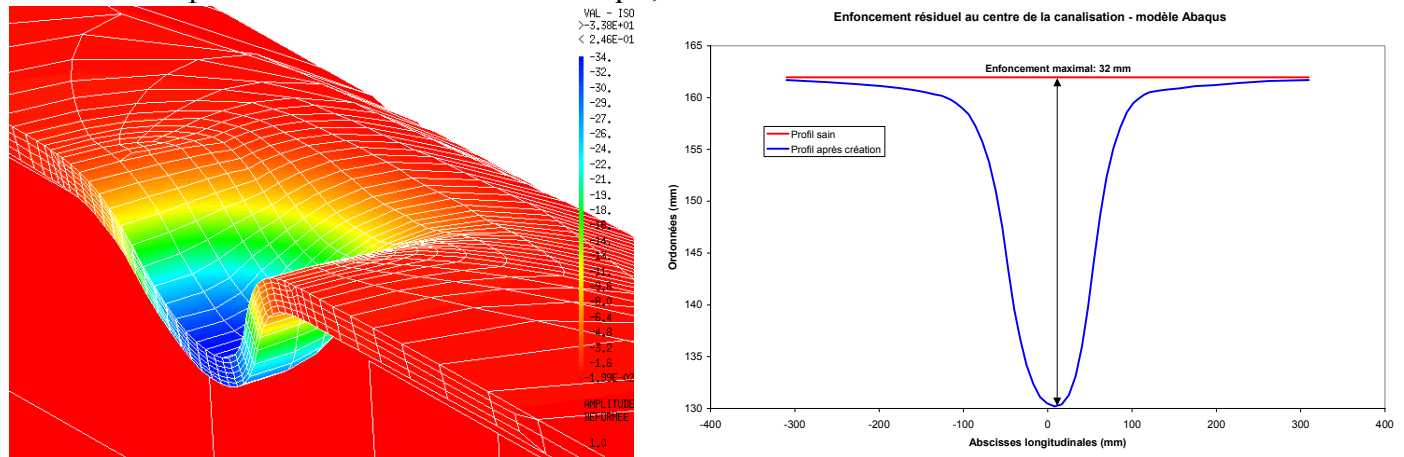


Figure 2.4: enfoncement résiduel

Noter que ce même calcul est réalisé sous Aster en grandes transformations (tenseurs des déformations type Simo Miehe) afin d'observer le gain apporté par cette formulation quant au traitement des grandes déformations mais, quand bien même des niveaux de déformations élevées (~40%) sont constatées en fond de ligament, la relative homogénéité du défaut donne lieu à l'obtention de résultats identiques au modèle avec Green. Il semble donc qu'il faille "torturer" le modèle pour induire des différences significatives entre les formulations grandes transformations et grands déplacements / grandes rotations.

### 3 – Etude du flambement d'une colonne de thermocouples en acier

Cette seconde étude concerne l'obtention d'un profil résiduel de colonne de thermocouples post flambement en vue de son redressement (non étudié ici). La géométrie de la colonne est retranscrite scrupuleusement et les sections ajourées (zone des lumières avals) où sont observées in situ la cinématique de flambement des colonnettes sont discrétisées finement. Les clichés ci-après illustrent le modèle numérique retenu. Les parties massives suiveuses (pas de transit des efforts à travers ces entités) telles que le barillet à la liaison corps de colonne / manchon et le manchon lui-même sont discrétisées grossièrement. Le corps de colonne est considéré solidaire du pied de colonne. La soudure à la base du pied de colonne est encadrée sur toute sa section inférieure. L'outil en V d'angle au sommet 120° est positionné à 200 mm sous le barillet d'étanchéité, de façon sécante à la colonne, suivant une orientation d'attaque choisie pour affecter principalement l'intégrité de la colonnette de plus faible section. Le contact à l'interface outil / colonne est considéré glissant sans frottement de façon analogue à l'étude précédente. L'écroûissage de l'acier constitutif de l'ensemble de la colonne est linéaire. L'outil infiniment rigide (condition de non déplacement différentiel sous Aster) est piloté en déplacement radial, bridé en déplacements complémentaires et rotations. Seule la différence sur la formulation des éléments explicites au paragraphe précédent entre Aster et Abaqus subsiste.

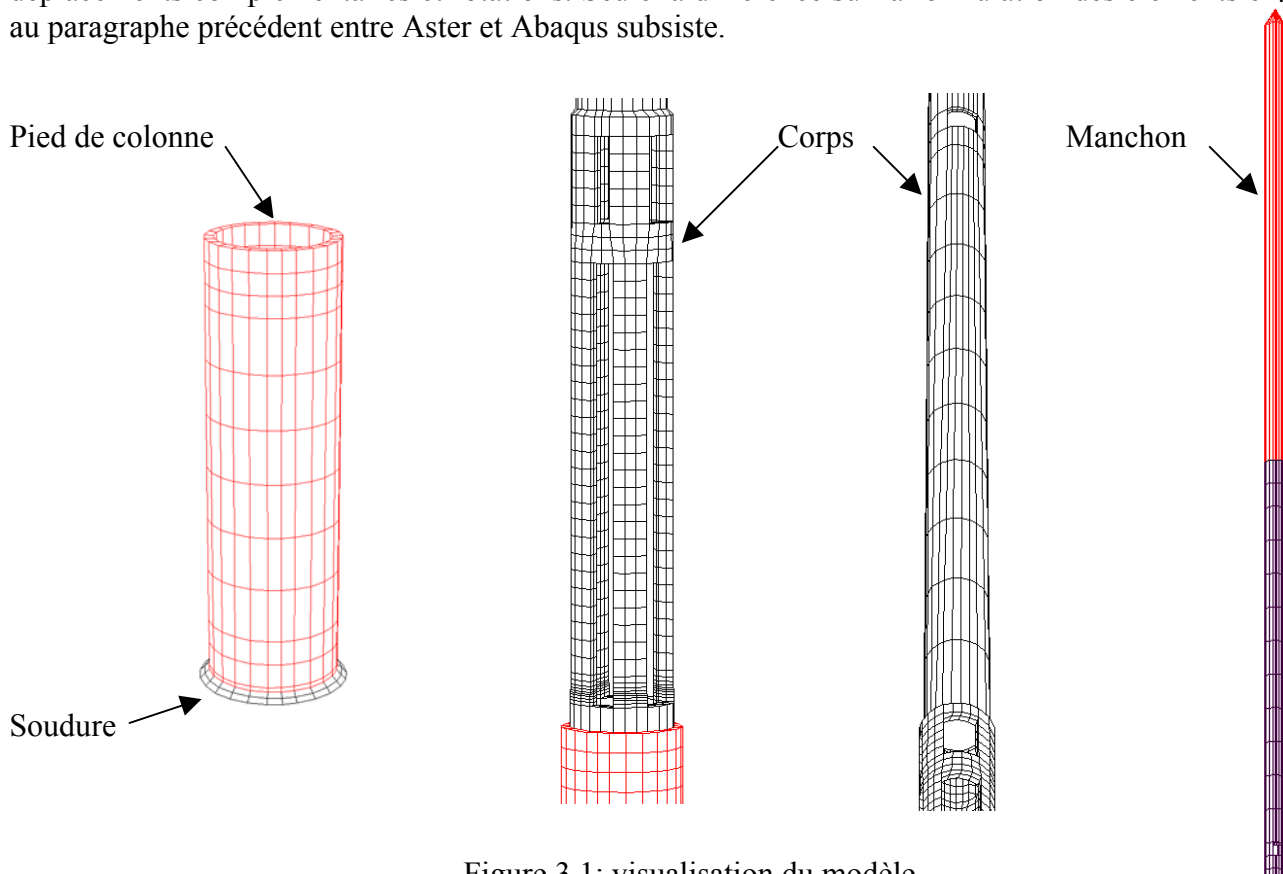


Figure 3.1: visualisation du modèle

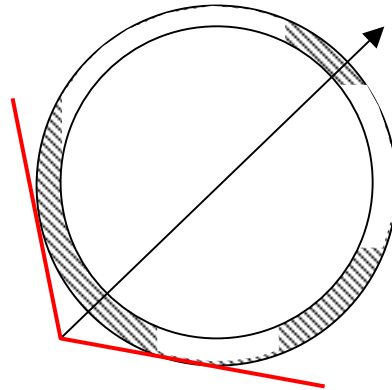


Figure 3.2: section rapportée de la colonne au niveau des lumières avales, outil et direction d'attaque

Le calcul sous Abaqus n'a pu être mené au-delà d'un déplacement radial imposé de l'outil de 160 mm du fait de divergence (subdivision excessive du pas de temps) occasionnée par le flambement brutal des colonnettes tandis que la cinématique de déformation post flambage ne semble pas poser de problème particulier au solveur de Code Aster. Nous avons donc stoppé le calcul sur Code Aster pour procéder aux comparaisons suivantes, après retour élastique.

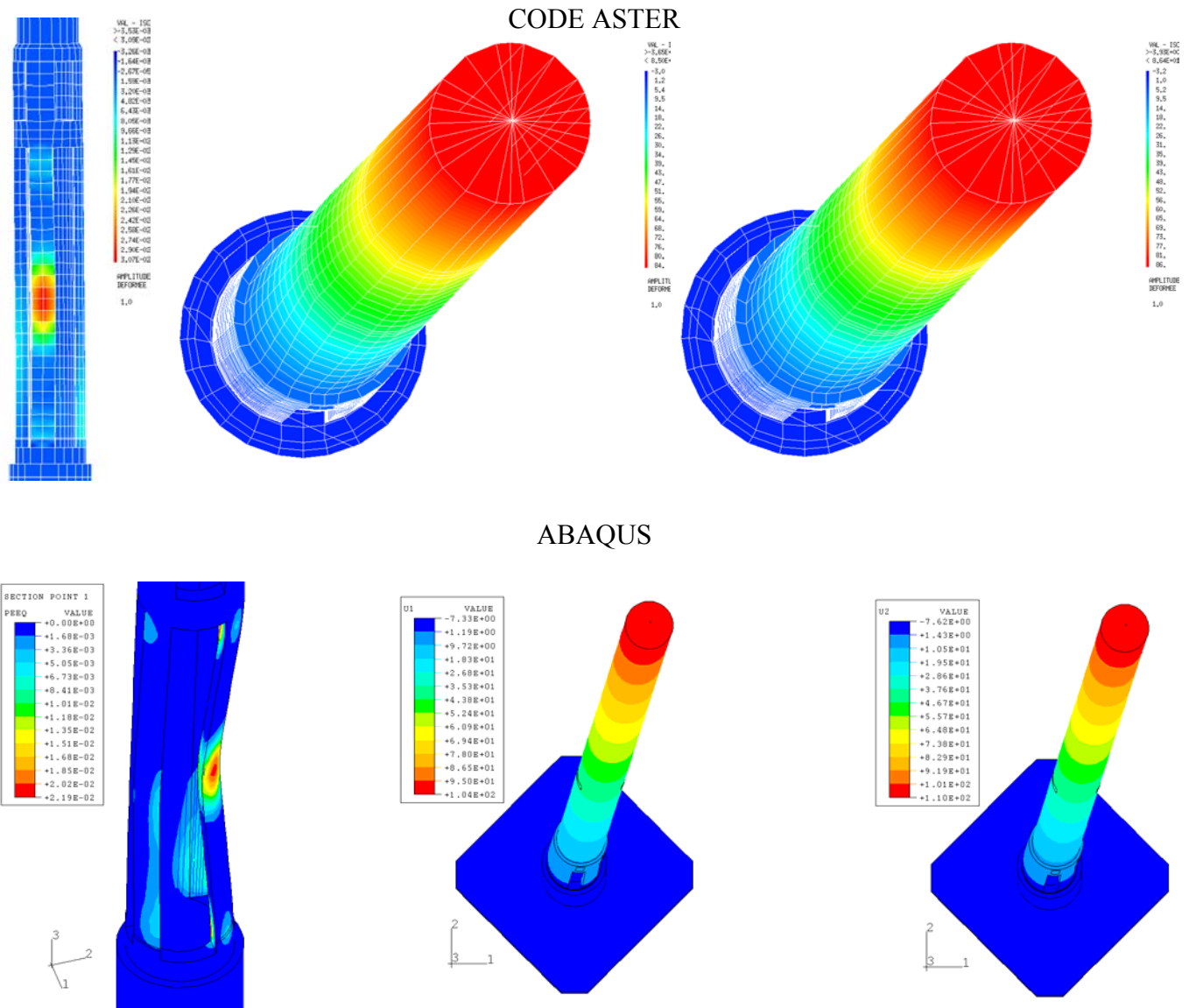


Figure 3.3: déformation plastique équivalente et déplacements résiduels post retour élastique



Il est intéressant de noter que, pour un même déplacement imposé, les déformations plastiques, visualisées ici aux nœuds dans les deux cas, sont plus conséquentes dans le modèle Aster que dans le modèle Abaqus alors que c'est l'inverse pour les déplacements résiduels. Cette différence est justifiée par le fait que, pour ce même déplacement imposé, la restitution élastique pendant le retour de l'outil est plus conséquente pour le modèle Aster du fait d'un taux de plastification locale plus fort (cf. graphique ci-dessous). A la fin de l'attaque, le profil de colonne est donc quasi identique pour les deux modèles car conditionné par le déplacement de l'outil, si bien que l'on obtient donc pendant la décharge des déplacements plus importants pour le modèle Aster soit in fine des déplacements résiduels moins élevés.

Loi de comportement élastoplastique à écrouissage isotrope

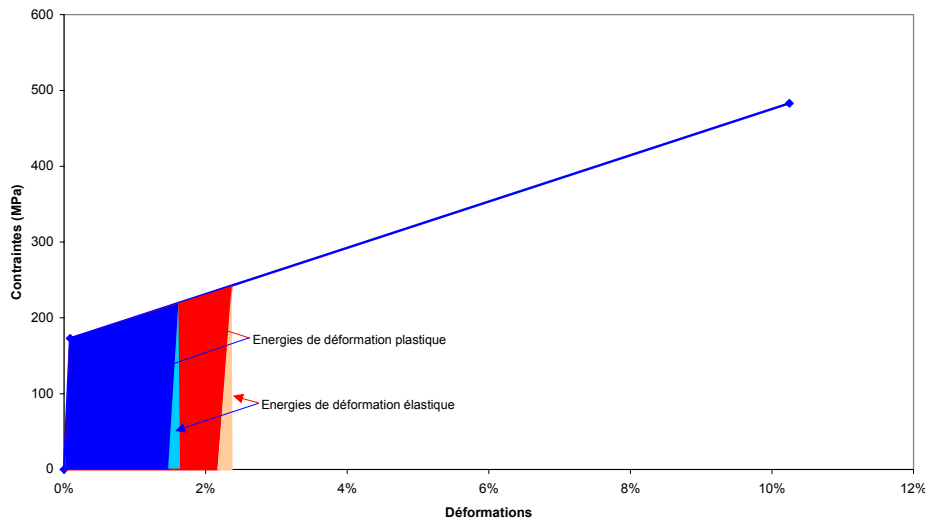


Figure 3.4 : comparaison des restitutions élastiques pendant la décharge

#### **4 – Conclusion**

Les deux codes donnent des résultats semblables quant à la description de cinématiques de déformation inhérentes à des confinements locaux issus d'interaction tribologique entre deux composants. Toutefois, Code Aster est plus robuste pour traiter des cas de post-flambement statique. En outre, l'incidence des efforts de contact (effet d'empreinte et laminage) est plus réaliste dans Code Aster du fait d'un rendu de déformation plastique conséquente sur la surface d'interaction non traduit par Abaqus (cf. figure 2.3).