

## ETUDE DE LA DISTRIBUTION DES PRESSIONS DE CONTACT DANS UN ASSEMBLAGE CYLINDRIQUE DE REVOLUTION

### Objectif

A l'issue de trois études par éléments finis il s'agit d'analyser les résultats en contraintes principales de compression (de directions principales radiales, en surface cette contraintes normale est égale à la pression de contact) dans l'alésage du bâti de l'assemblage et de conclure sur un modèle de distribution de la pression de contact dans un assemblage cylindrique de révolution et sur la nécessité d'interposer une bague.

On fournit aussi un ensemble de résultats relatifs à l'impact de l'insertion d'une bague avec collerette ou d'une bague lisse entre l'alésage et l'axe dans une articulation à chape.

### 1 ASSEMBLAGE CYLINDRIQUE DE REVOLUTION :

#### 1.1 Modélisations à contact direct

→ modélisation géométrique (Catia V5) : PRODUCT « TEST-BATI-AXE » avec 2 parts :

- bâti-init (épaisseur 10)
- axe ( $\phi$  10, longueur 10))

- matériaux: acier pour l'axe, alliage d'aluminium pour le bâti

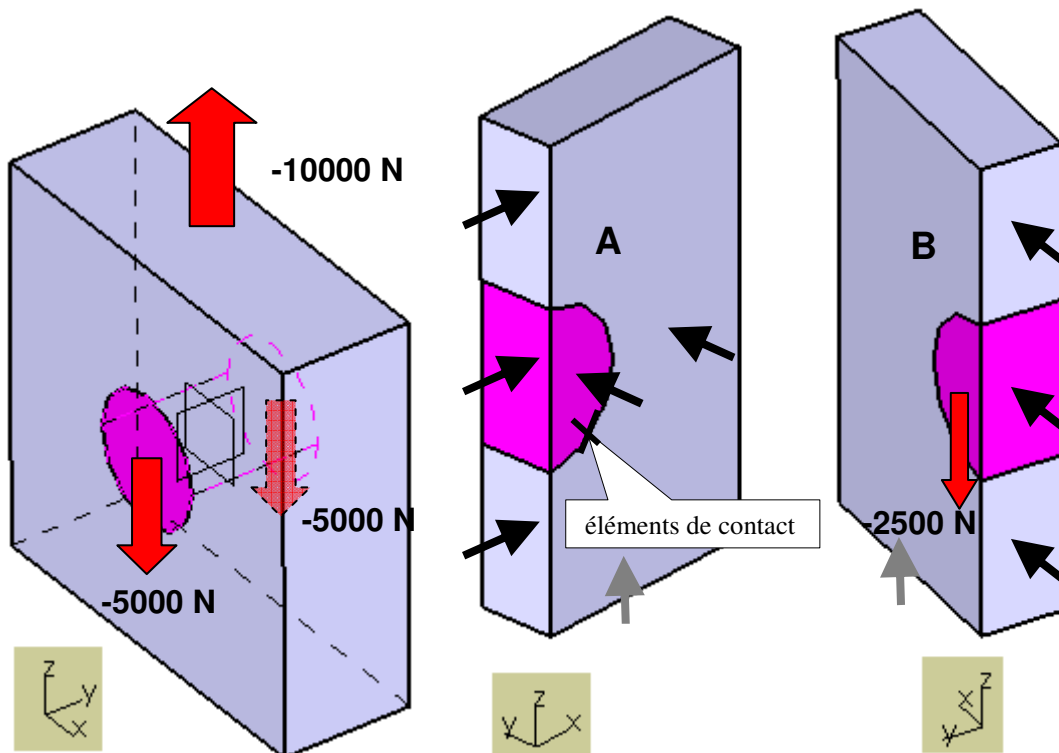
- un quart du modèle est utilisé compte tenu des symétries géométriques et de conditions aux limites suivant deux plans perpendiculaires (ZY et ZX)

- contrainte d'assemblage : 1 contact surfacique

→ modélisation par éléments finis solides (Catia V5)

- conditions aux limites :

- charge distribuée suivant Z (-2500 N) sur la surface plane extérieure de l'axe
- glissements surfaciques sur toutes les surfaces situées dans les deux plans de symétries
- un glissement surfacique sur la face inférieure du bâti pour éviter le mouvement d'ensemble
- éléments de contact entre surfaces cylindriques de révolution de l'axe et du bâti



## 1.2 Modélisations avec interposition d'une bague

→ modélisation géométrique (Catia V5) : PRODUCT « TEST-BATI-AXE-BAGUE-1 » avec 3 parts :

- bâti ( $\phi$  alésage 12, épaisseur 10)
- bague-lisse ( $\phi$  intérieur 10,  $\phi$  extérieur 12, épaisseur 1)
- axe ( $\phi$  10, longueur 10)

- matériaux: acier pour l'axe et la bague, alliage d'aluminium pour le bâti

- un quart du modèle est utilisé compte tenu des symétries géométriques et de conditions aux limites suivant deux plans perpendiculaires (ZY et ZX)

- contraintes d'assemblage : 2 contacts surfaciques

→ 3 modélisations par éléments finis solides (Catia V5)

- conditions aux limites :

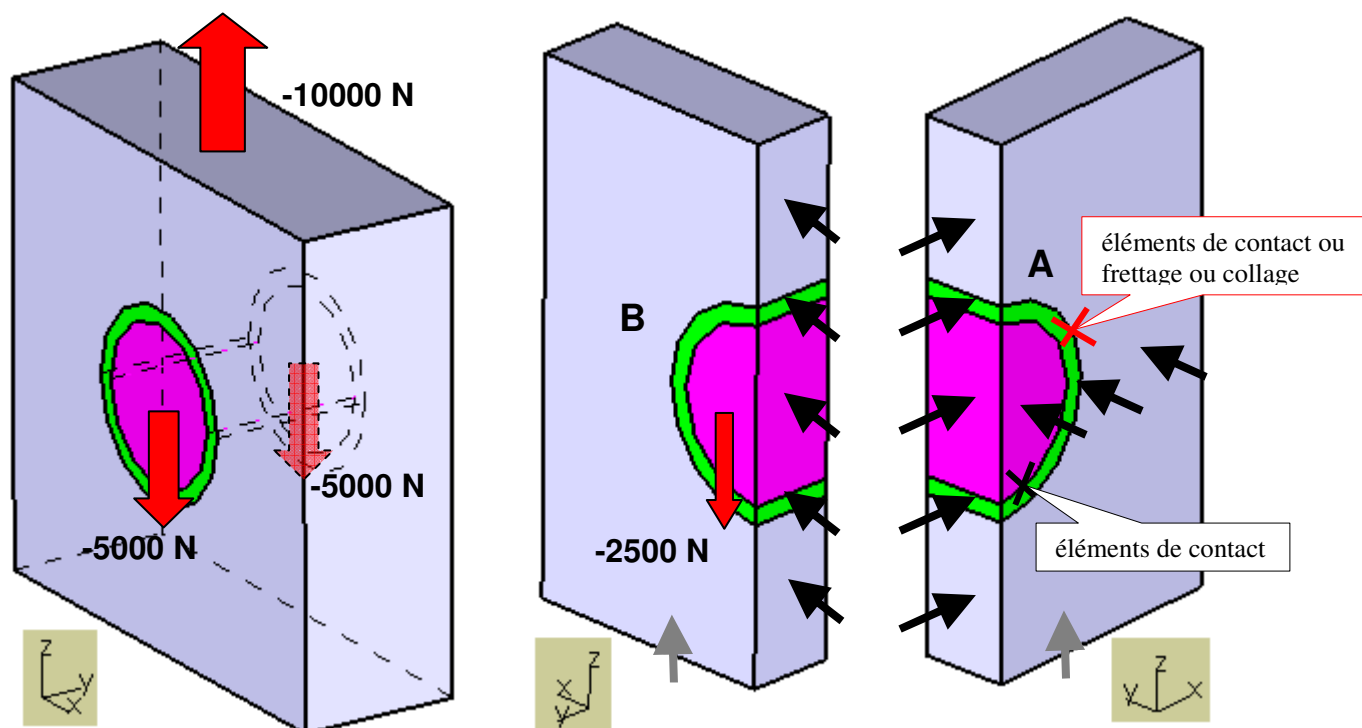
- charge distribuée suivant Z (-2500 N) sur la surface plane extérieure de l'axe

- glissements surfaciques sur toutes les surfaces situées dans les deux plans de symétries

- éléments de contact entre surfaces cylindriques de révolution de l'axe et du bâti

- combinaisons d'éléments de contact et / ou éléments de frottement / ou « soudage » (collage avec un joint de colle infiniment rigide) dans les portées cylindriques entre :

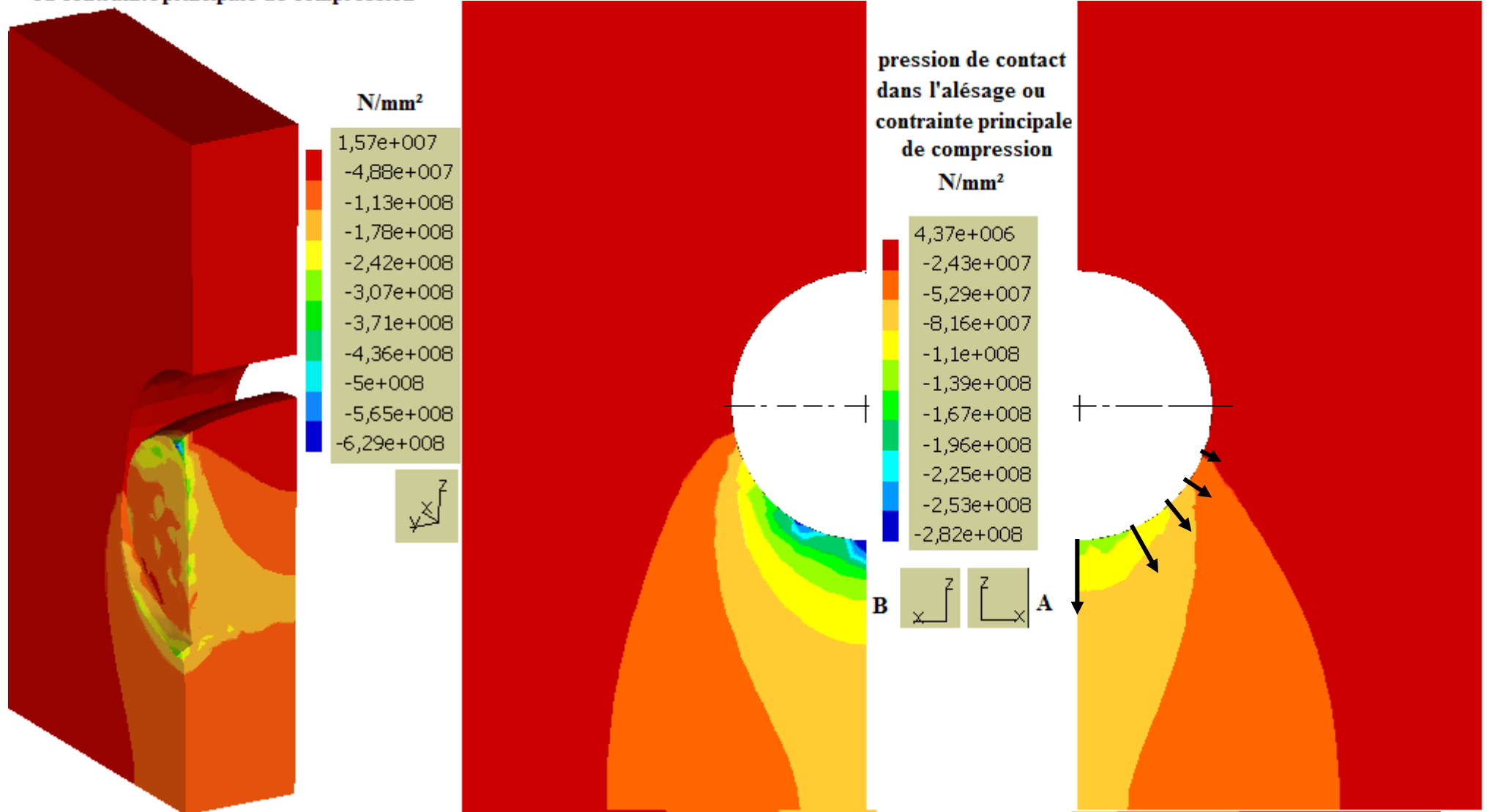
configurations	1 TEST-BATI-AXE- BAGUE-1-jeu	2 TEST-BATI-AXE- BAGUE-1-frette	32 TEST-BATI-AXE- BAGUE-1-colle
axe-bague	jeu radial nul	jeu radial nul	jeu radial nul
bague-bâti	jeu radial nul	frottement	collage



### 1.3 Analyse des résultats en pressions de contact

#### 1.3.1 Contact direct avec l'axe dans l'alésage ( $\phi 10$ ) bâti : jeu radial nul

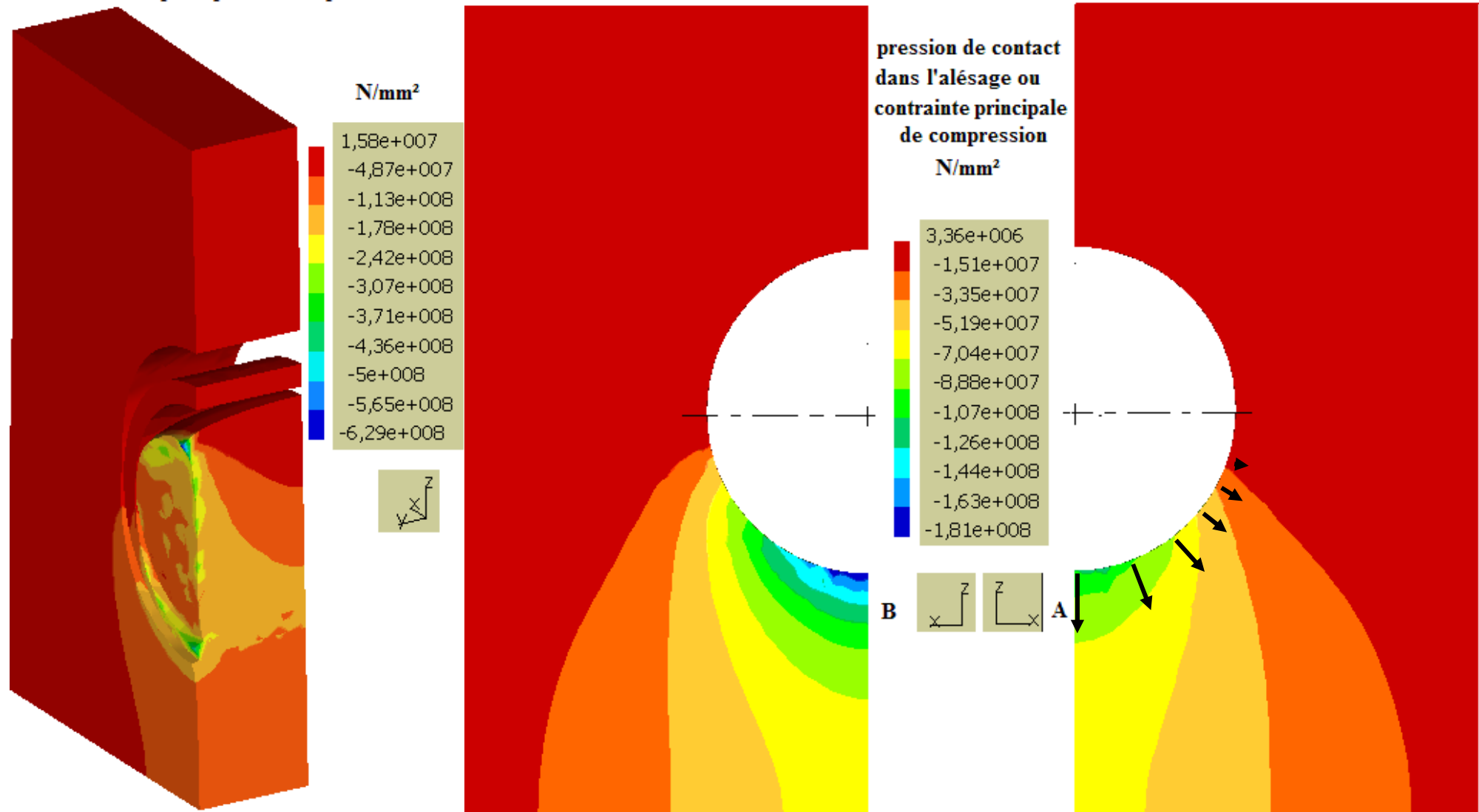
**pression de contact dans l'alésage  
ou contrainte principale de compression**



L'évolution de la pression de contact est conforme à celle attendue pour un jeu radial nul (contact sur  $180^\circ$ ), et zone de non contact sur le demi alésage supérieur. Dans la dans la partie inférieure de la section B, on constate les effets de la flexion de l'axe sous son chargement extérieur induisant une déformation locale donc entraînant une surcontrainte.

### 1.3.2 Contact avec interposition d'une bague : axe dans bague : jeu radial nul et bague dans alésage bâti ( $\phi 12$ ): jeu radial nul

pression de contact dans l'alésage  
ou contrainte principale de compression

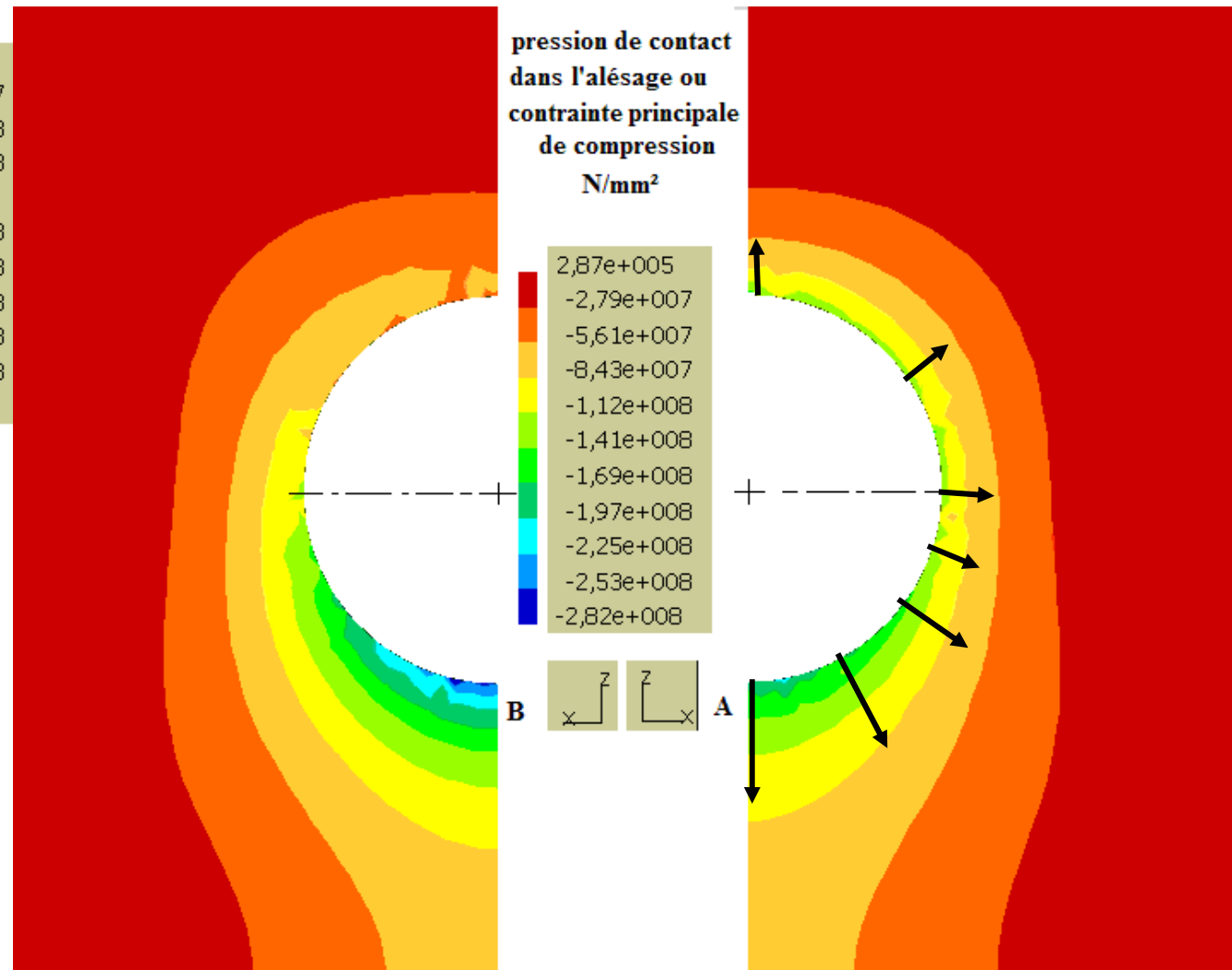
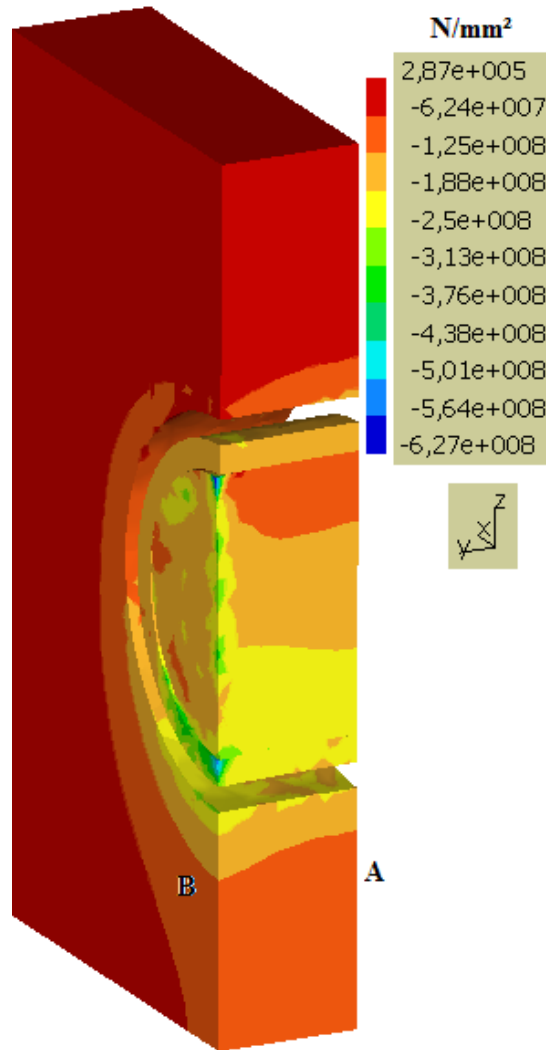


L'interposition de la bague entre l'axe et le bâti ne perturbe pas l'évolution de la pression de contact, elle est toujours conforme à celle attendue pour un jeu radial nul (contact sur  $180^\circ$ ) et zone de non contact sur le demi alésage supérieur. Compte tenu que le diamètre de l'alésage est plus grand ( $\phi 12$ ), le niveau de la pression de contact à légèrement diminué.

Dans la partie inférieure de la section B, on constate toujours les mêmes effets de la flexion de l'axe sous son chargement extérieur induisant une déformation locale donc entraînant une surcontrainte. Ces effets de bord, dus à la flexion de l'axe, peuvent être atténués par l'utilisation de bague à collerette.

### 1.3.3 Contact avec interposition d'une bague : axe dans bague : jeu radial nul et bague frettée dans alésage bâti ( $\phi 12$ ) : serrage 0.02

pression de contact dans l'alésage  
ou contrainte principale de compression

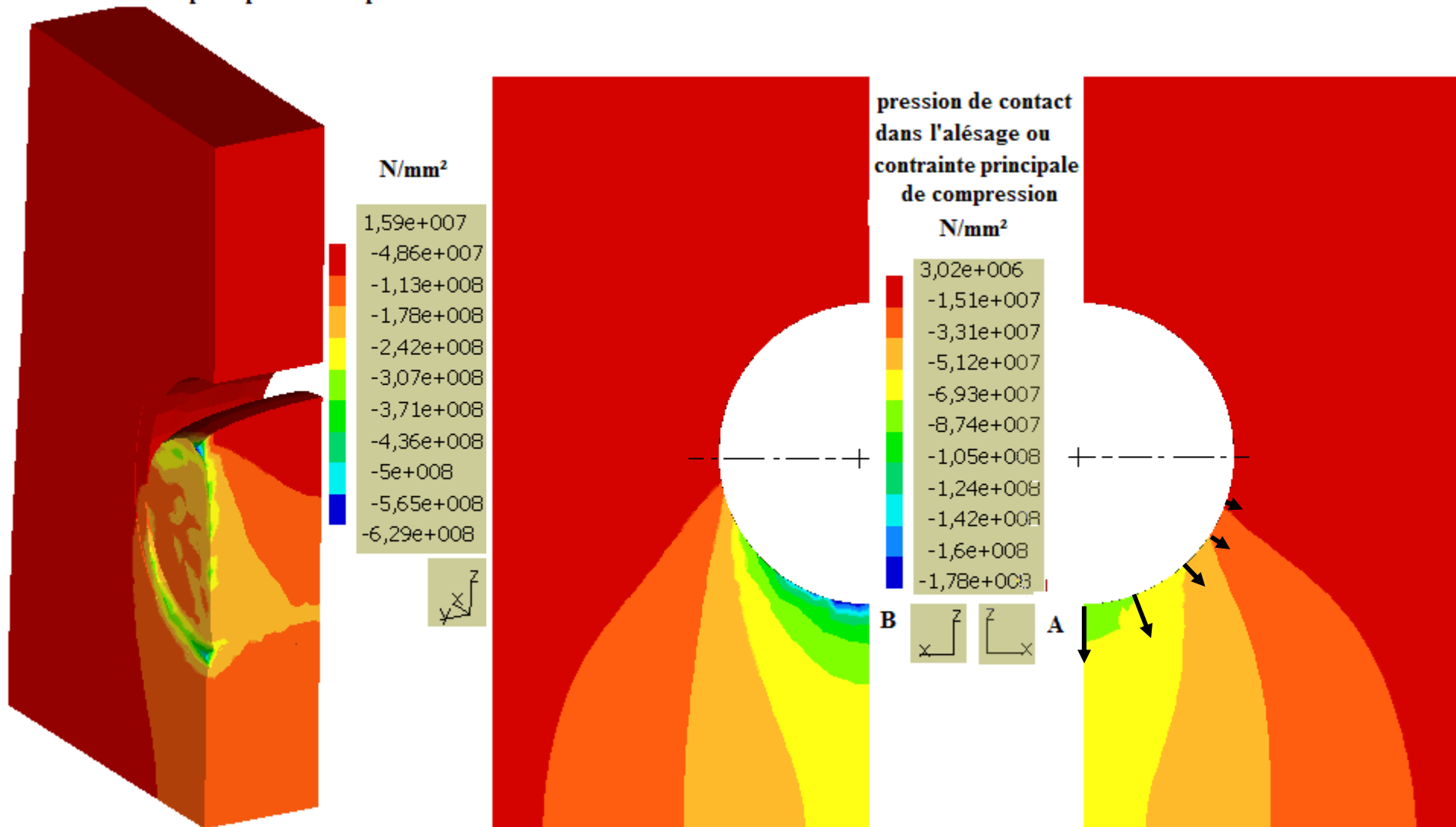


Malgré l'action de l'axe dans la bague, les effets du frettage sont présents dans l'alésage du bâti (contraintes principales négatives) et viennent se rajouter dans la partie inférieure à ceux de l'action de l'axe, d'où une pression de contact maxi en section A supérieure aux cas précédents.

Dans la partie inférieure de la section B, on constate les effets de la flexion de l'axe sous son chargement induisant une déformation locale entraînant une surcontrainte. Une tendance à la diminution des effets du frettage est observée dans la partie supérieure (tendance au décollement de la bague). Ces effets de bord, dus à la flexion de l'axe, peuvent être atténués par l'utilisation de bague à collerette, en particulier dans les articulations à chapes où elles seront disposées contre les faces intérieures des joues de la chape femelle

**1.3.4 Contact avec interposition d'une bague : axe dans bague : jeu radial nul et bague collée dans alésage bâti ( $\phi 12$ ) :**

**pression de contact dans l'alésage  
ou contrainte principale de compression**



La présence d'une bague collée dans l'alésage du bâti (ensemble bâti-bague monolithique en bi-matériau) donne le même ordre de grandeur des pressions de contact que pour le cas d'une bague montée avec jeu nul dans l'alésage

Dans la partie inférieure de la section B, on constate toujours les mêmes effets de la flexion de l'axe sous son chargement extérieur induisant une déformation locale donc entraînant une surcontrainte. Ces effets de bord, dus à la flexion de l'axe, peuvent être atténués par l'utilisation de bague à collerette.

### 1.3.5 Conclusions

?

### 1.3.6 Modèles de distribution uniforme de la pression de contact à avec jeu nul

Hypothèses : géométrie parfaite des surfaces en contact (les défauts macro et micro-géométriques sont négligés) ;

– des solides **indéformables** ;

– une liaison sans jeu ;

– un mode de chargement qui donne un torseur à résultante parfaitement centré.

Pour dimensionner et choisir les matériaux devant servir à réaliser les surfaces de contact, on compare la pression de contact à la pression admissible ou de matage des matériaux en contact (fournie par des essais mécaniques).

- contact direct entre alésage ( $\phi$  10) et axe

$$p = \frac{F}{d \times \ell} = \frac{10000}{10 \times 10} = 100 \text{MPa} \text{ même ordre de grandeur que la pression maxi relevée sur le modèle éléments finis}$$

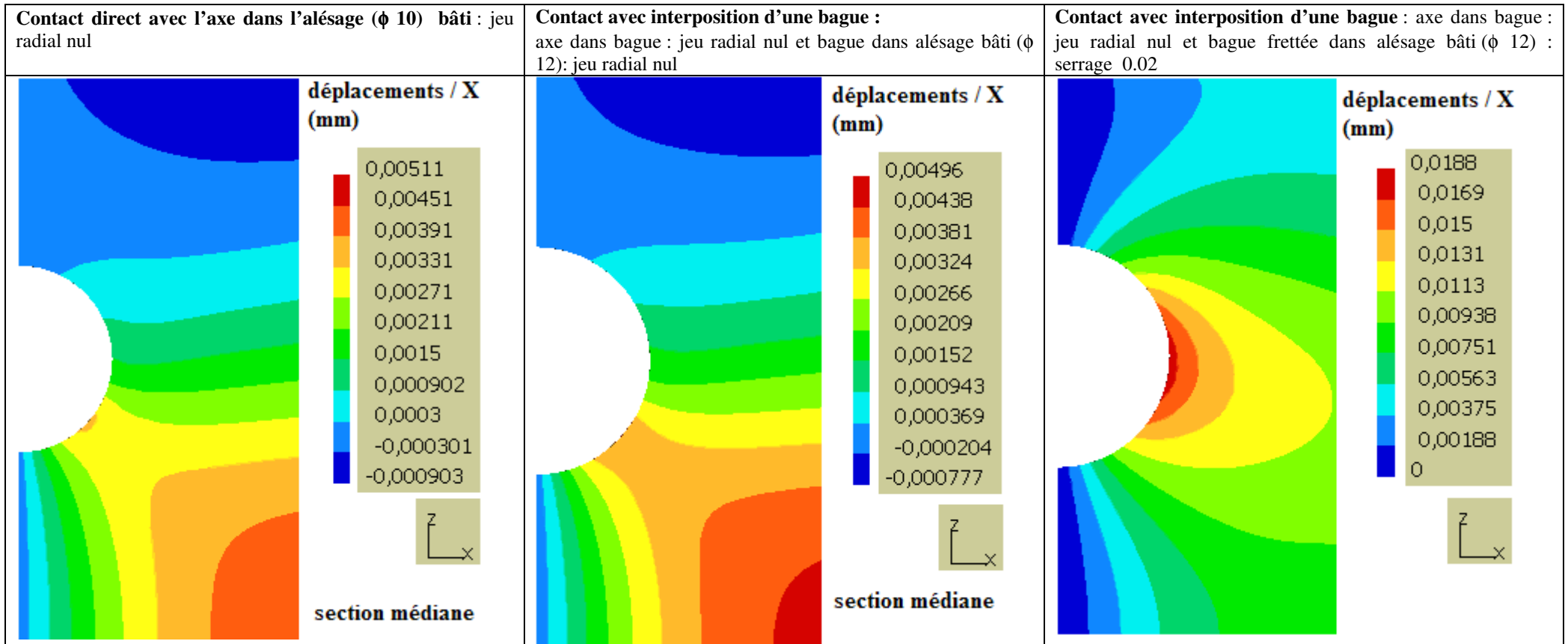
- contact indirect entre alésage ( $\phi$  12) et axe avec interposition d'une bague sans frettage :

$$p = \frac{F}{d \times \ell} = \frac{10000}{12 \times 10} = 83,3 \text{MPa} \text{ même ordre de grandeur que la pression maxi relevée sur le modèle éléments finis}$$

Ces expressions sont couramment utilisées en prédimensionnement pour déterminer les pressions de contact dans ces assemblages

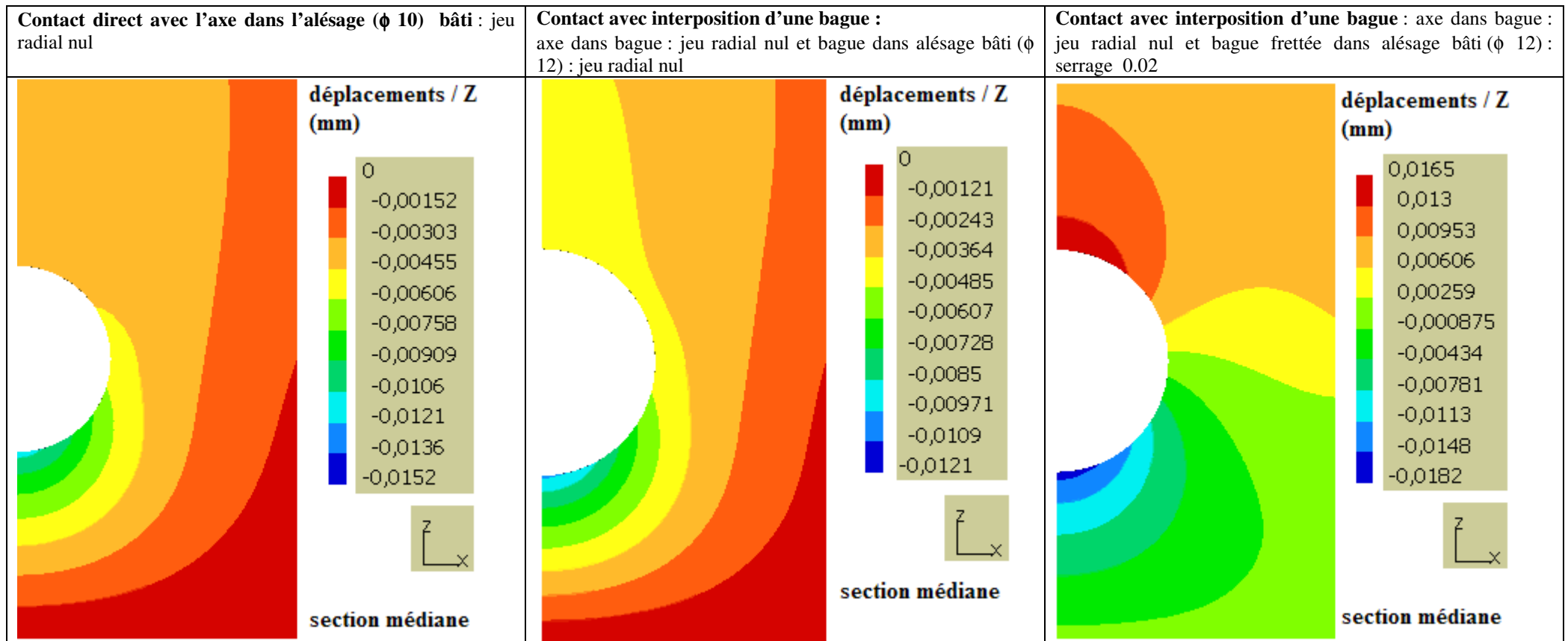
Si l'on ne prend pas en compte la qualité de l'assemblage ou les mouvements relatifs dans l'assemblage il faut que la pression de contact soit inférieure à  $R_e$  du matériau de la pièce considérée (éviter la déformation locale permanente ou le matage)

#### 1.4 Etude de sensibilité à la présence de la bague sur les déplacements du bâti déformé



Dans un plan diamétral horizontal (YX), on observe une similitude des déplacements radiaux sur les deux premières figures (sans bague et avec bague), par contre pour la figure avec bague frettée on remarque une forte diminution des déplacements radiaux. La présence de la bague frettée diminue l'ovalisation dans la direction X.





Dans un plan diamétral horizontal (ZY), on observe une similitude des déplacements radiaux sur les deux premières figures (sans bague et avec bague), par contre pour la figure avec bague frettée on remarque des déplacements opposés de même amplitude. La présence de la bague frettée diminue l'ovalisation dans la direction Z par rapport aux deux autres configurations où l'ovalisation est bien identifiée.

On peut souligner l'intérêt de l'emploi de ces bagues frettées dans les joues minces des chapes en alliage d'aluminium afin d'atténuer l'ovalisation de leur alésage

## 2 ARTICULATION A CHAPE AVEC UNE BAGUE A COLLERETTE OU AVEC UNE BAGUE LISSE

### 2.1 Modélisations

→ modélisation géométrique (Catia V5) : 2 PRODUCTS avec 4 parts :

PRODUCT « CHAPE-BAGUE-COL »

- chape-femelle (épaisseur de chaque joue 9)
- chape-male (épaisseur 20)
- axe ( $\phi$  10, longueur 30)
- bague à collerette ( $\phi$  int 10,  $\phi$  ext 12, épaisseur collerette 1)
- matériaux: acier pour les pièces axe et bague, alliage d'aluminium pour les deux chapes
- un quart du modèle est utilisé compte tenu des symétries géométriques et de conditions aux limites suivant deux plans perpendiculaires (ZY et ZX)

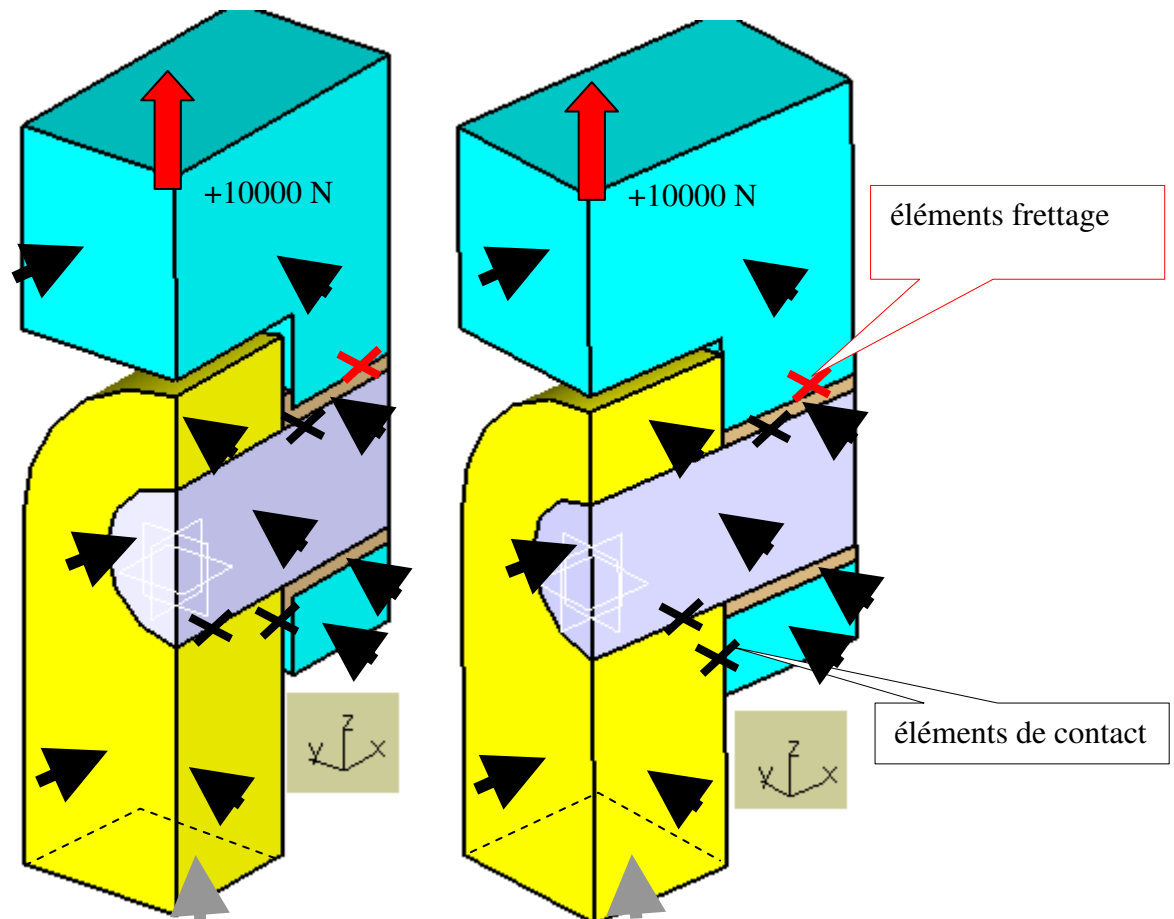
- contraintes d'assemblage : contacts surfaciques

→ 2 modélisations par éléments finis solides (Catia V5)

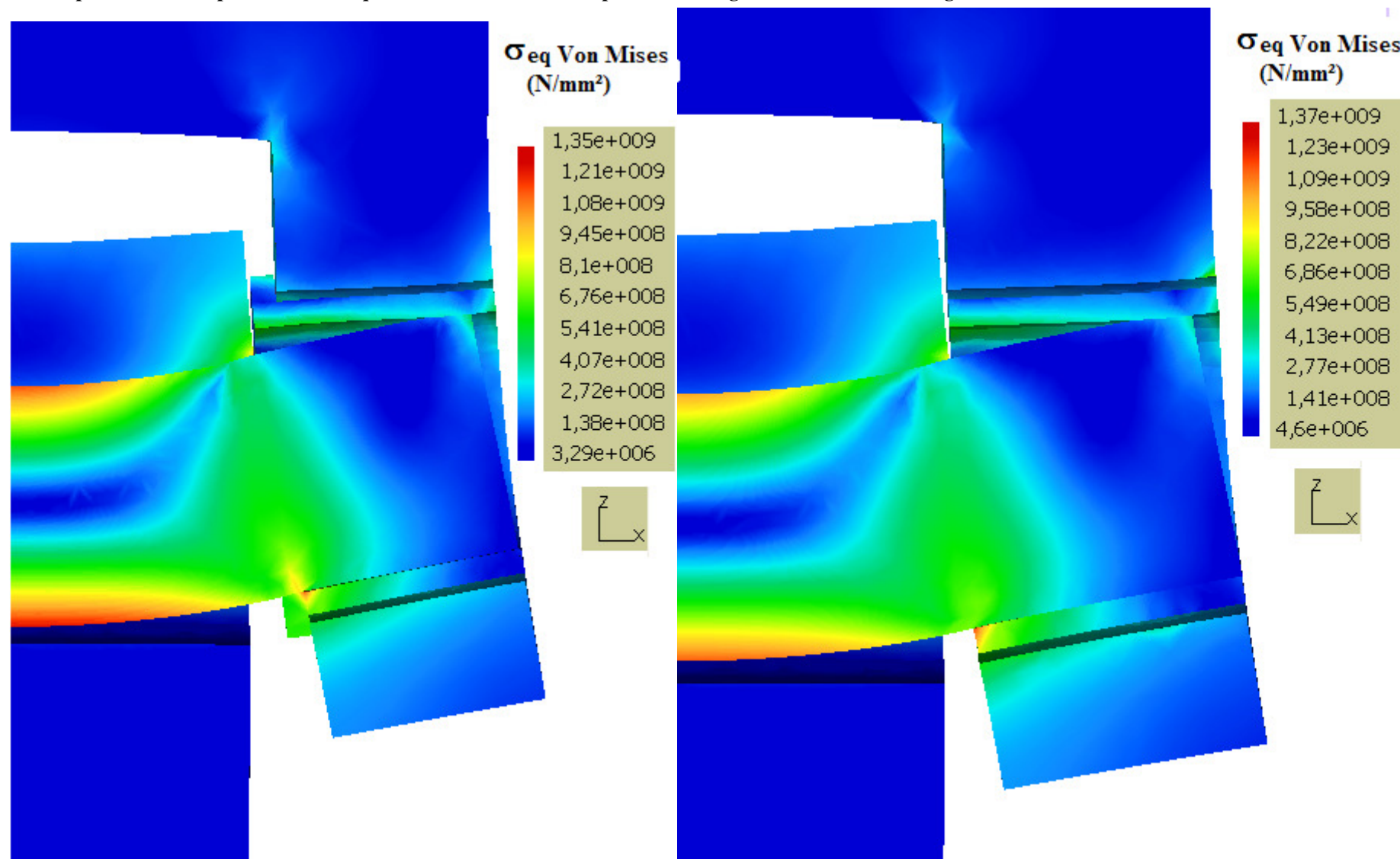
- conditions aux limites :
  - charge distribuée suivant Z (+10000 N) sur face chape femelle
  - glissements surfaciques sur toutes les surfaces situées dans les deux plans de symétries
  - glissement surfacique sur face chape mâle pour supprimer le mouvement d'ensemble suivant Z
- sur les contacts surfaciques :
  - éléments de contact (pas de jeu axial et pas de jeu radial)
  - éléments de frottement (0,02) dans les portées cylindriques entre bague et alésage chape femelle

PRODUCT « CHAPE-BAGUE-LIS »

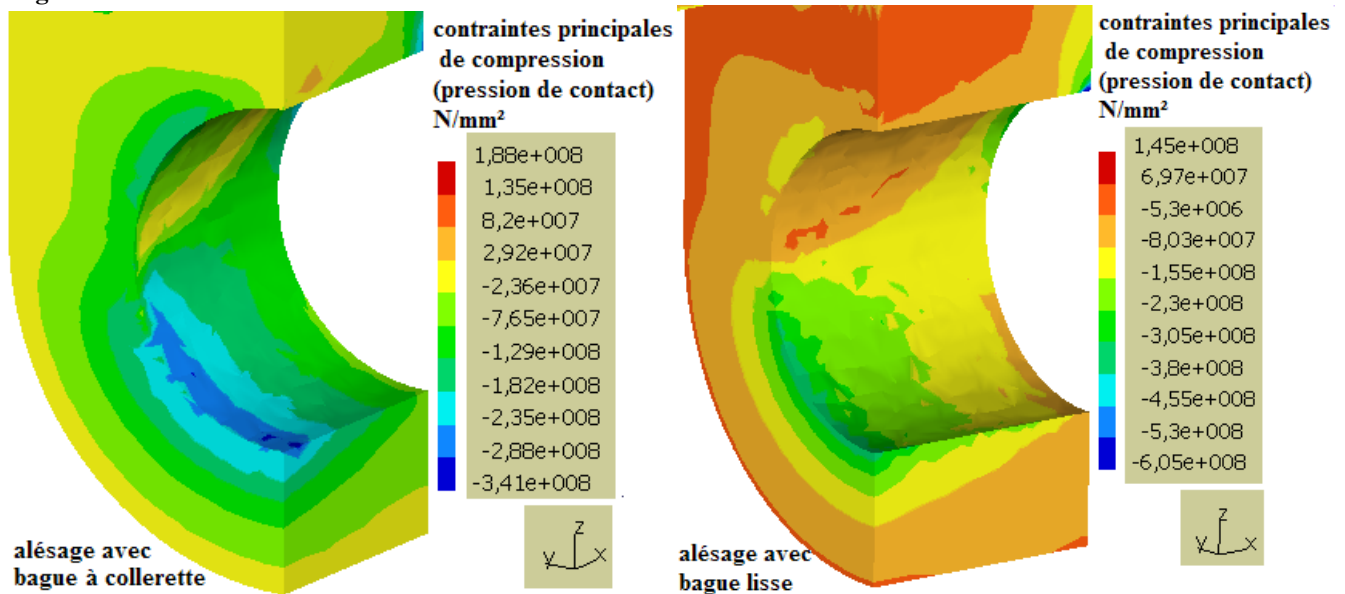
- chape-femelle (épaisseur de chaque joue 10)
- chape-male (épaisseur 20)
- axe ( $\phi$  10, longueur 30)
- bague lisse ( $\phi$  int 10,  $\phi$  ext 12)



## 2.2 Etude comparative du comportement élastique d'une articulation à chape avec une bague à collerette et une bague lisse

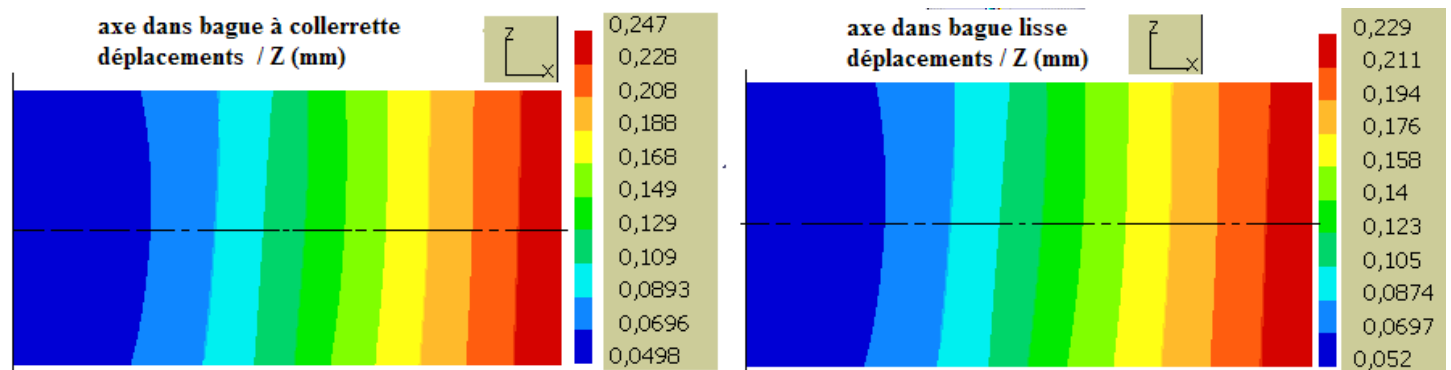


### 2.3 Etude comparative des pressions de contact dans l'alésage de la joue de la chape femelle avec bague à collerette et avec bague lisse



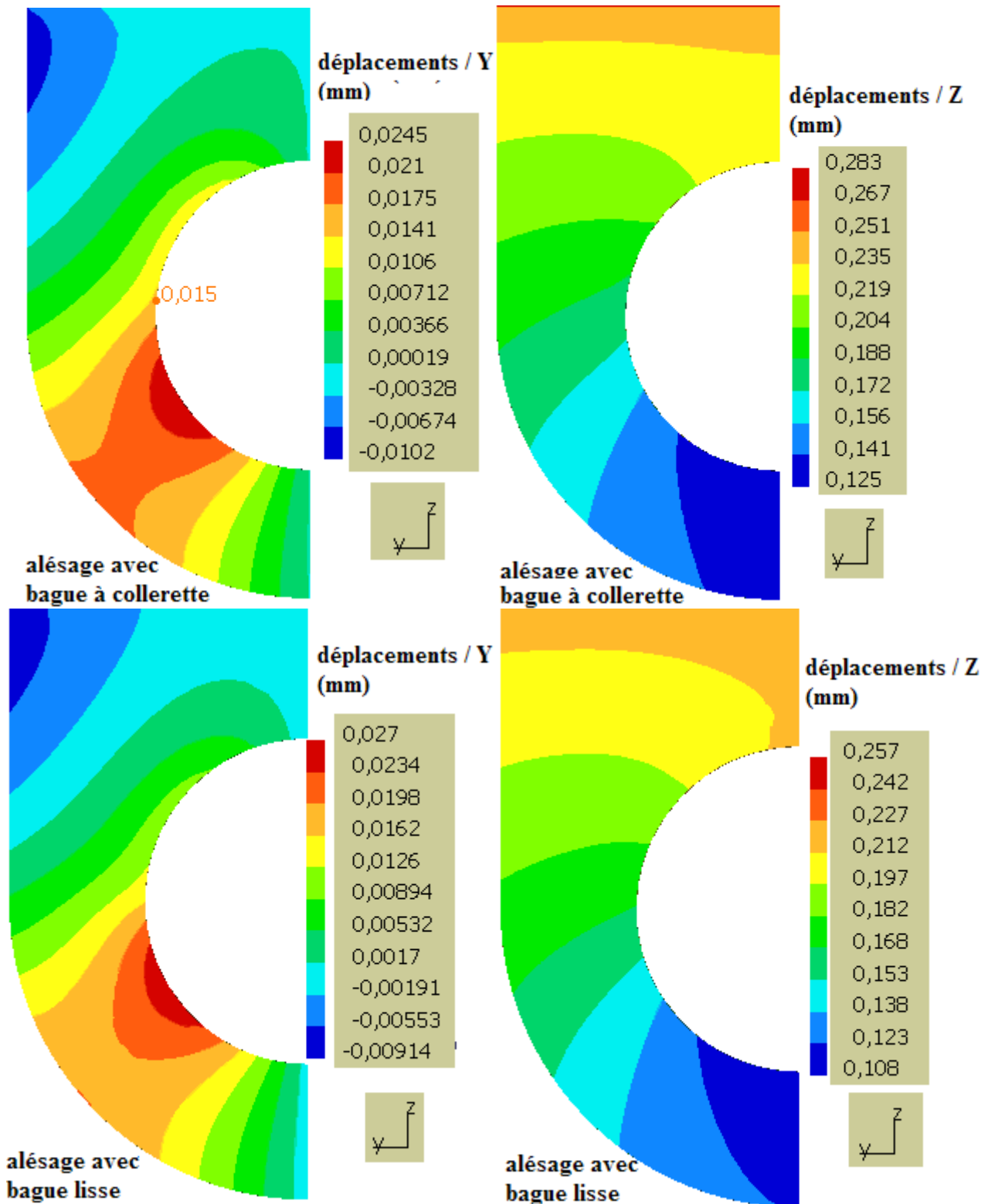
La présence de la collerette semble atténuer la pression de contact à l'entrée de l'alésage alors que la surface projetée est plus faible (alésage avec bague à collerette : 10×9 et alésage avec bague lisse : 10×10), ce qui justifierait la présence des collerettes contre les faces intérieures des joues de la chape femelle

### 2.4 Etude comparative des déplacements / Z (flèche) sur l'axe



La configuration avec la bague à collerette permet à l'axe de se déformer davantage qu'avec une bague lisse. On pourrait justifier cet état par le fait que la joue de la chape femelle est moins épaisse (9 mm), donc plus déformable en flexion.

## 2.5 Etude comparative des déplacements dans l'alésage de la joue de la chape femelle avec bague à collerette et avec bague lisse



La présence de la collerette atténue très légèrement le déplacement radial suivant Y dans l'alésage (0,0106 à la place de 0,0126) donc atténue aussi l'ovalisation de l'alésage suivant cette direction

Par contre le déplacement radial suivant Z est supérieur (0,125 à la place de 0,108) pour la joue dont l'alésage a une bague avec collerette (cette joue a une épaisseur de 9 à la place de 10 d'où son allongement supérieur). L'ovalisation pour cette direction est augmentée ( $0,283 - 0,125 = 0,158$  à la place de  $0,257 - 0,108 = 0,149$ )

Conclusion : pour une configuration d'articulation à chapes où l'on veut garantir le même encombrement axial de l'articulation et la même largeur de la chape mâle, la collerette ne contribue pas à une diminution de l'ovalisation de l'alésage, mais elle apporte une légère réduction de la pression de contact, donc des déformations locales dans l'alésage de la chape femelle