

ETUDE DU COMPORTEMENT D'UNE ARTICULATION A CHAPES

Objectif

A l'issue de cinq études par éléments finis, il s'agit d'analyser les résultats en contraintes et de conclure sur une démarche et un modèle de dimensionnement analytique de axe d'articulation (voir assemblage par axe d'articulation selon Eurocode 3 EC3-1-1,6.5.13).

1. MODELISATIONS

→ modélisation géométrique (Catia V5) : PRODUCT « CISAILLEMENT-ARTICULATION » avec 3 parts :

- chape-femelle (épaisseur de chaque joue 10)
- chape-male (épaisseur 20)
- axe (ϕ 10, longueur 30))

- matériaux: acier pour les trois pièces avec $Reg \approx 0.6Re$

- 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 : 3 contacts surfaciques

→ 5 modélisations par éléments finis solides (Catia V5)

- conditions aux limites :

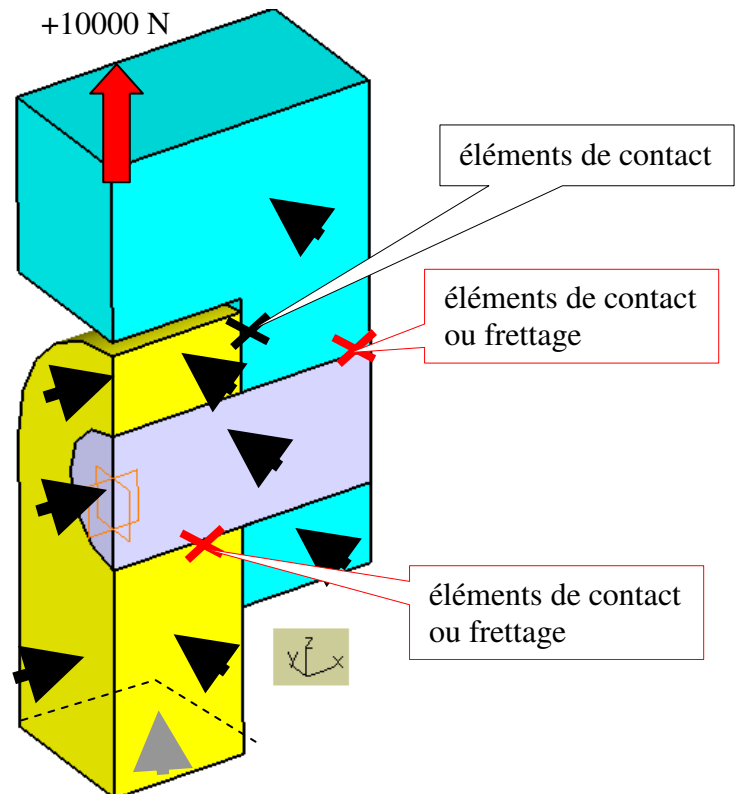
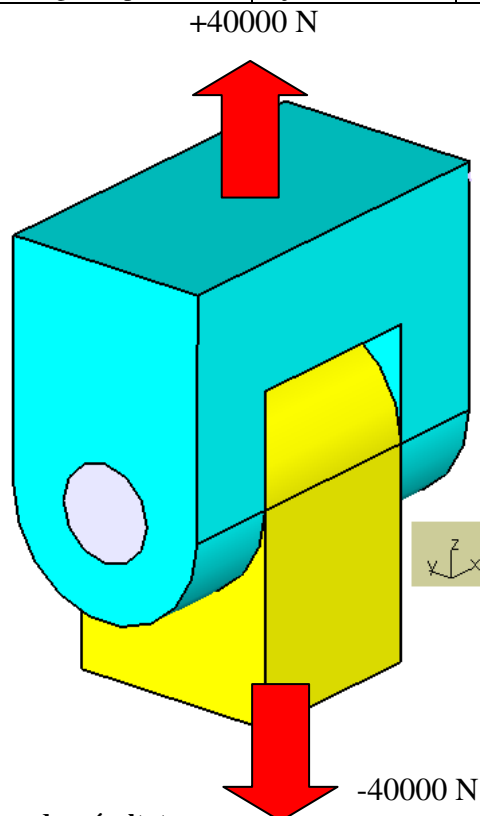
- charge distribuée suivant Z (+10000 N) sur face chape femelle
- glissements surfaciques sur toutes les surfaces situées dans les deux plans de symétries
- glissement surfacique sur face chape mâle pour supprimer le mouvement d'ensemble suivant Z

- sur les 3 contacts surfaciques :

- éléments de contact entre surfaces planes chape femelle et chape mâle (pas de jeu axial)

- combinaisons d'éléments de contact et / ou éléments de frettage dans les portées cylindriques :

configurations	1 CISAILLEMENT- ARTICULATION1	2 CISAILLEMENT- ARTICULATION2	3 CISAILLEMENT- ARTICULATION3	4 CISAILLEMENT- ARTICULATION4	5 CISAILLEMENT- ARTICULATION5
axe-alésage chape mâle	jeu radial nul	jeu radial nul	frettage	frettage	jeu radial 0.05
axe-alésage chape femelle	jeu radial nul	frettage	frettage	jeu radial nul	jeu radial nul



Exploitation des résultats

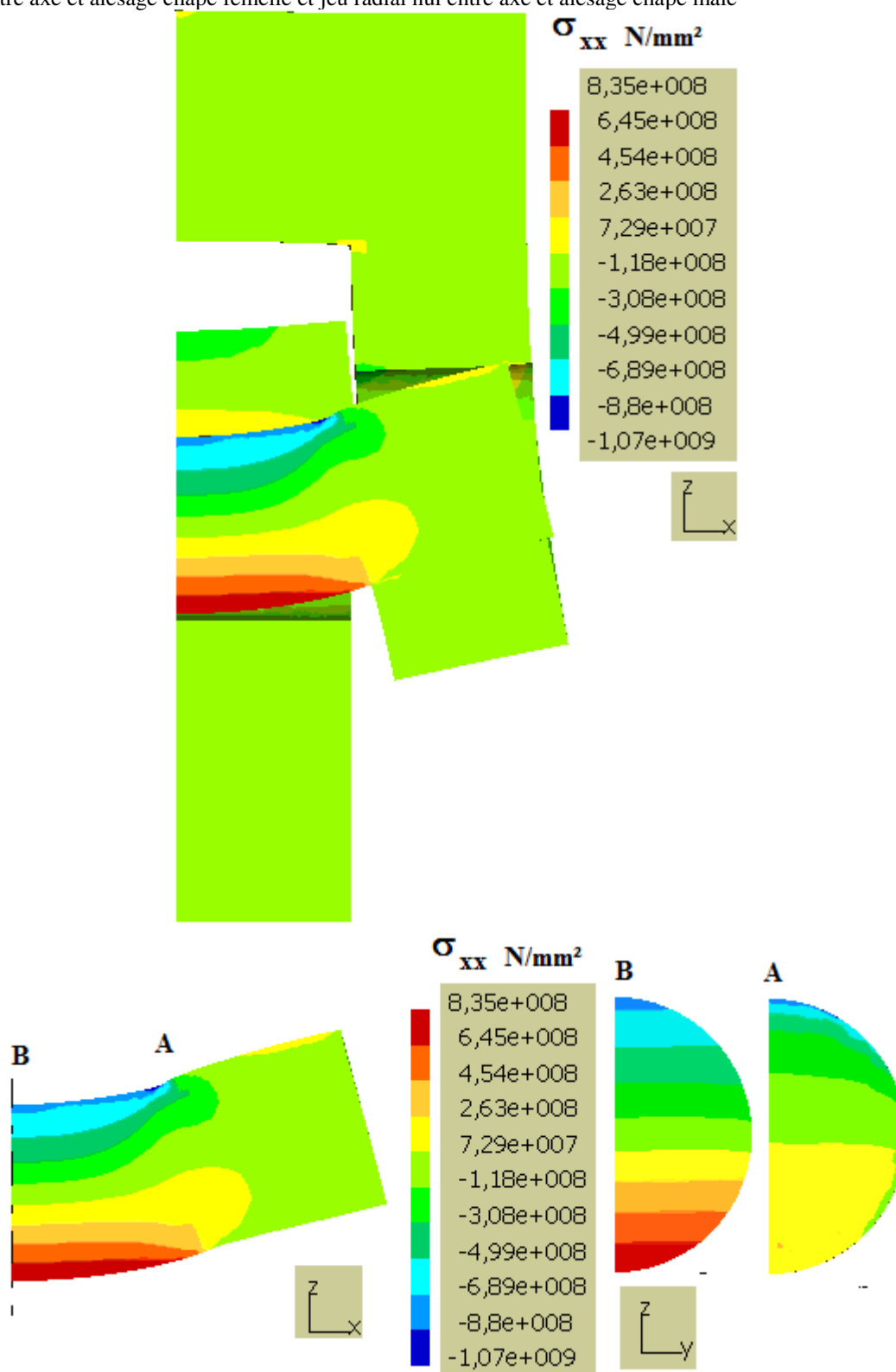
Pour chaque configuration et dans les repères associés :

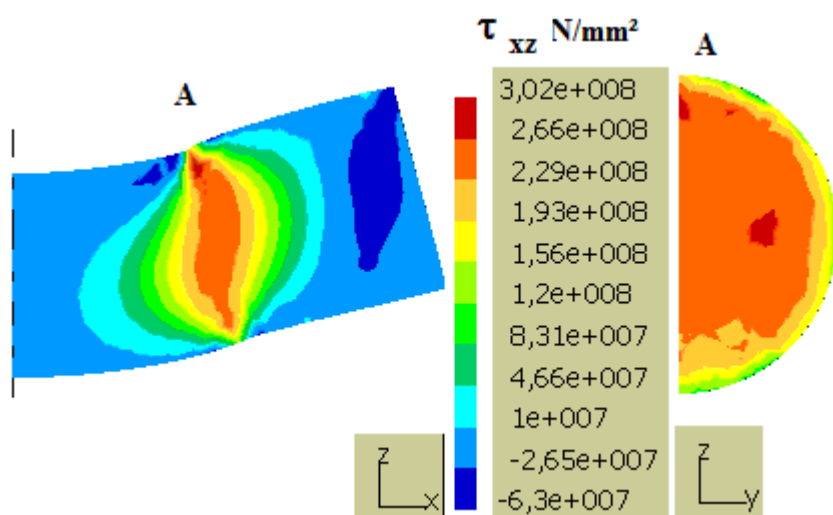
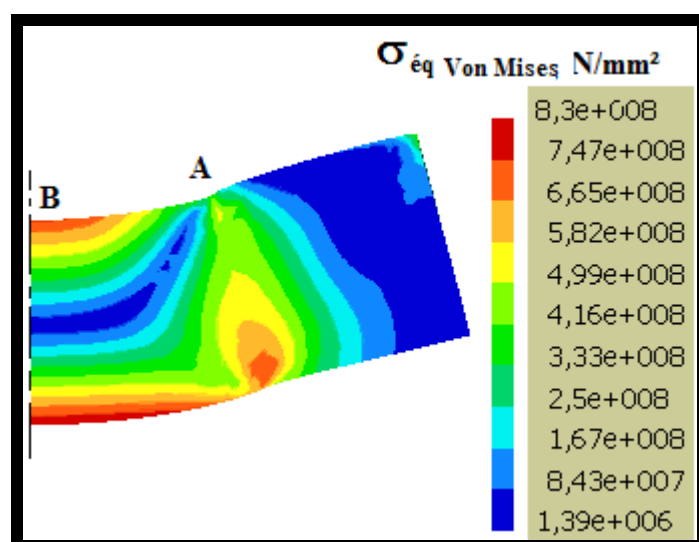
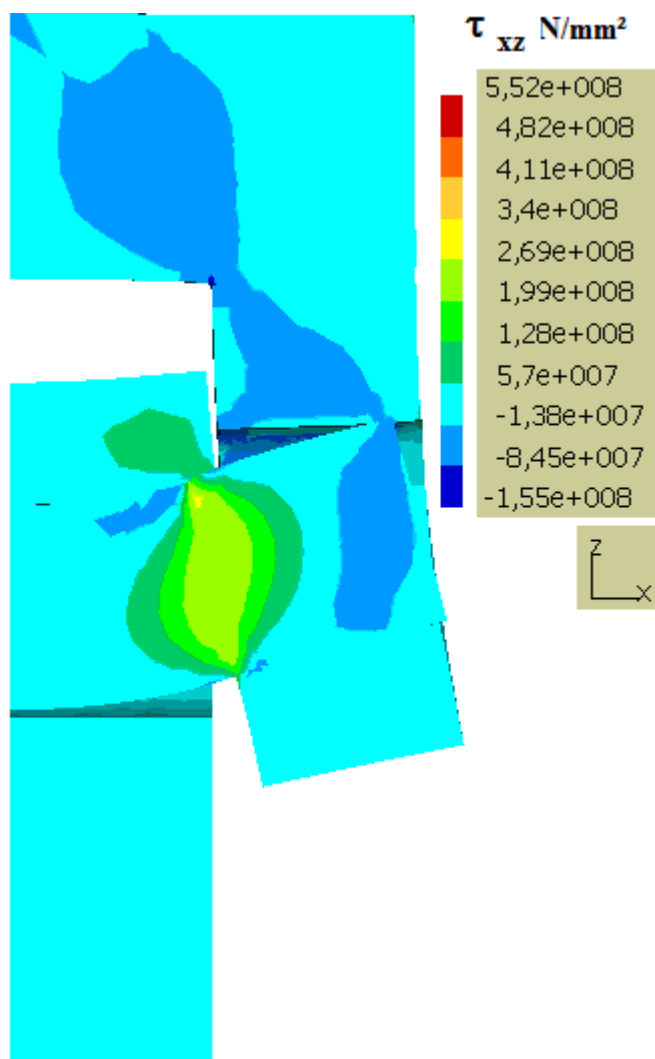
- isocontraintes contraintes normales σ_{xx} sur la structure complète déformée, sur l'axe déformé et sur deux sections droites
- isocontraintes contraintes tangentielles τ_{xz} sur la structure complète déformée, sur l'axe déformé et sur une section droite
- isocontraintes contraintes normales équivalentes selon le critère de Von Mises sur l'axe déformé

2. ANALYSE DES RESULTATS EN CONTRAINTES

2.1 Configuration 1 : articulation avec axe libre en rotation dans les deux chapes

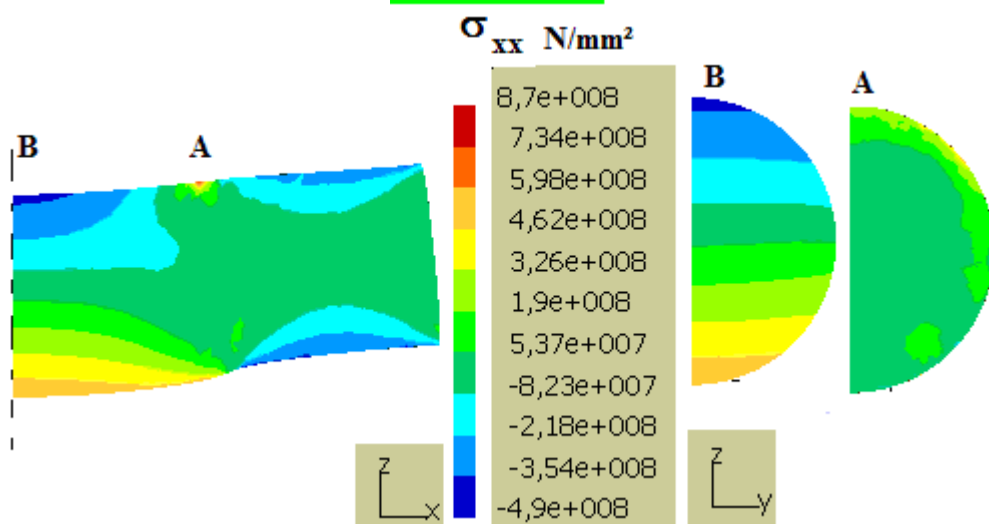
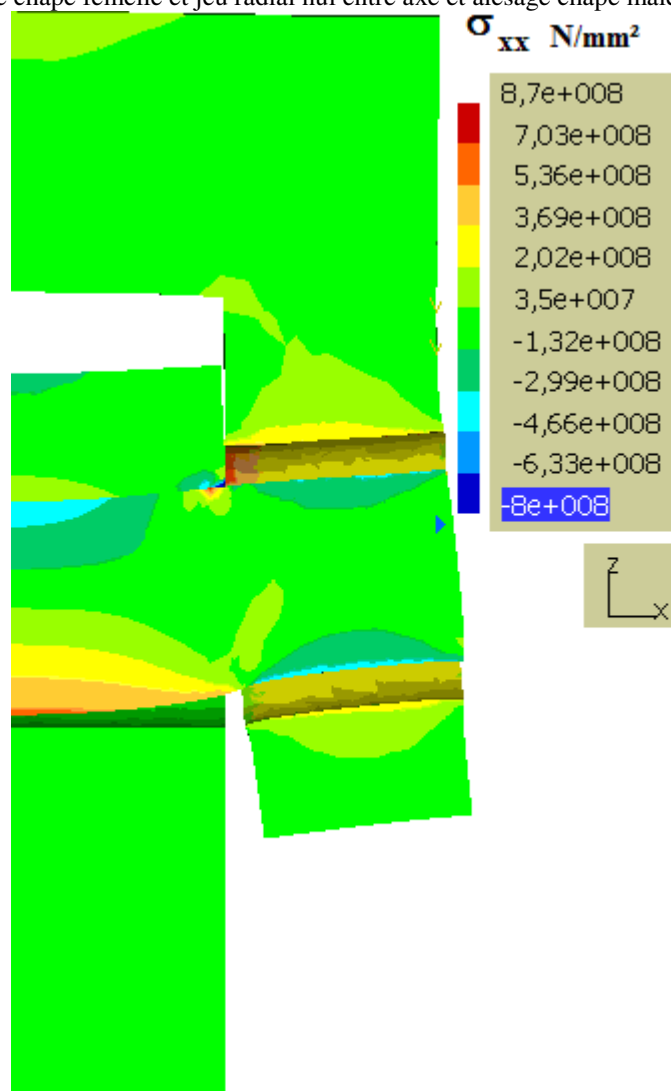
- jeu radial nul entre axe et alésage chape femelle et jeu radial nul entre axe et alésage chape mâle

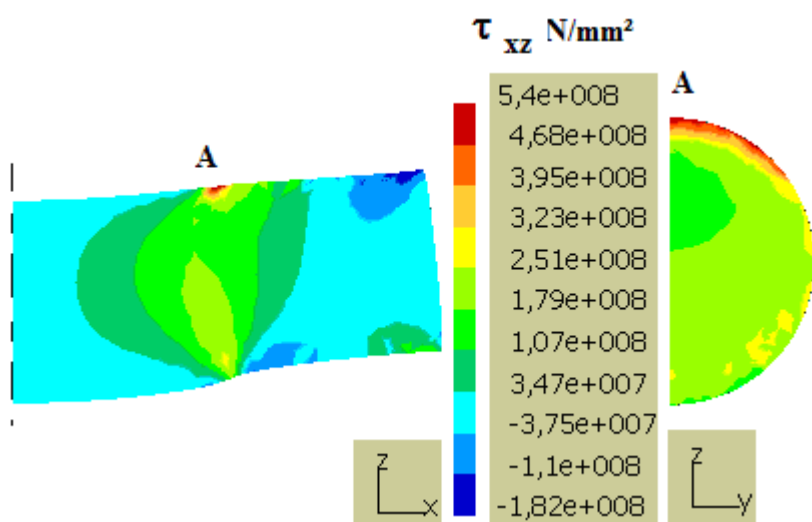
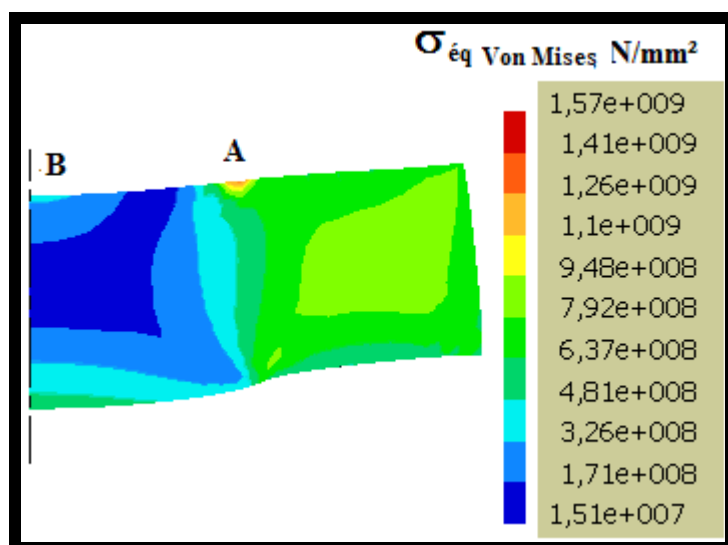
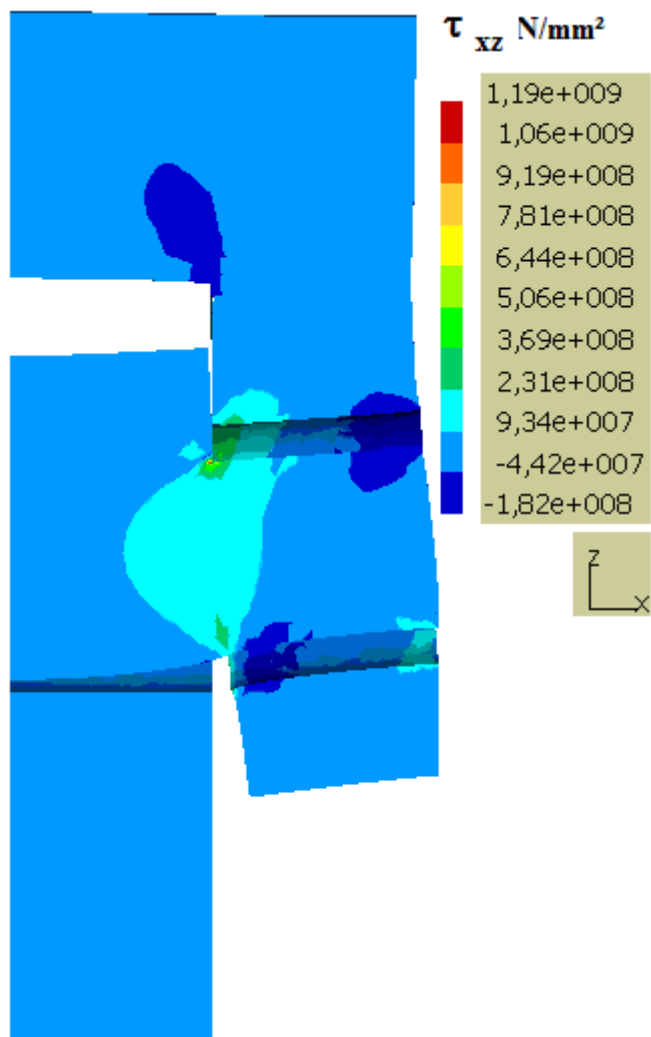




2.2 Configuration 2 : articulation avec axe libre en rotation dans la chape mâle

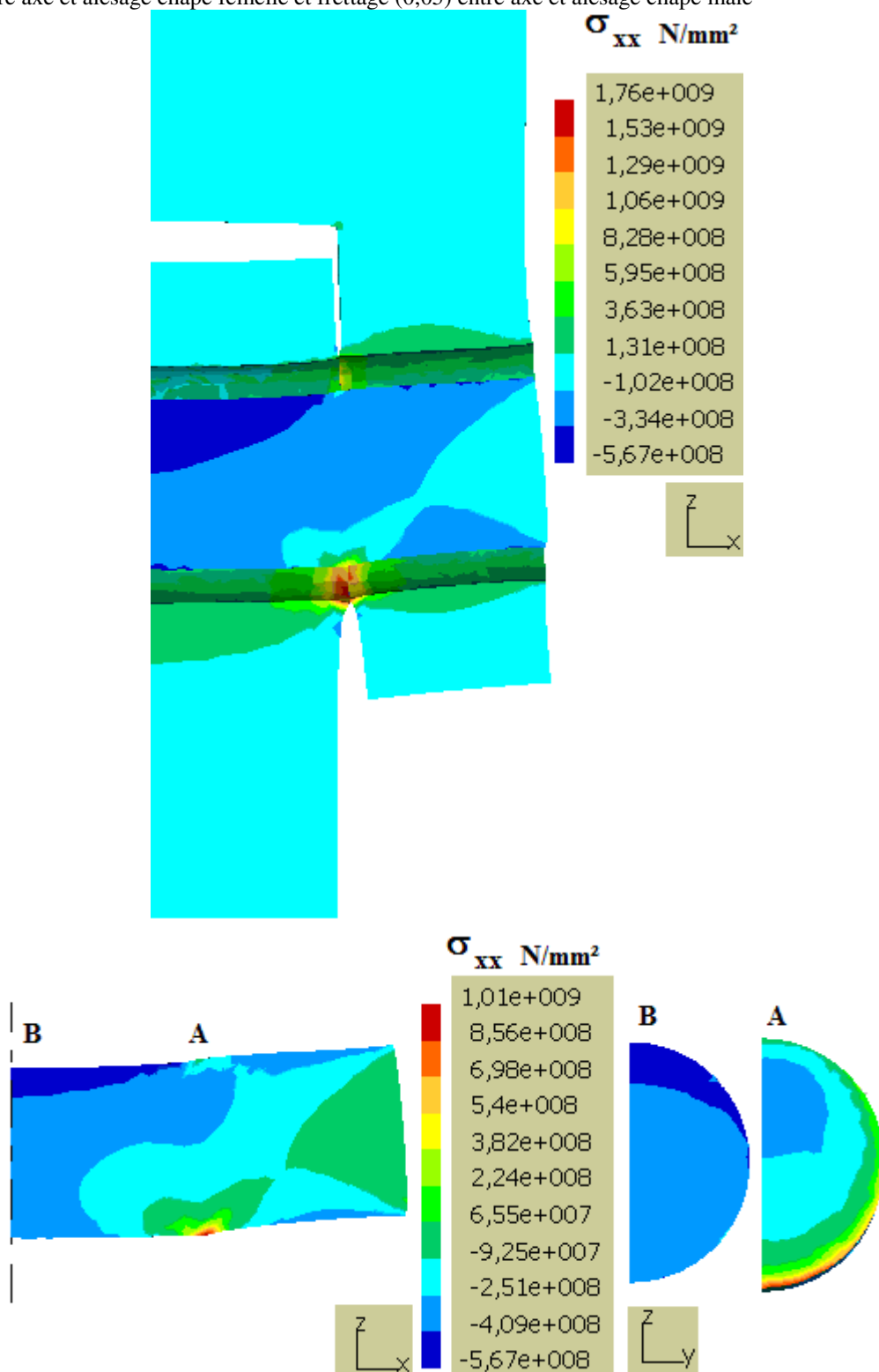
- frettage (0,05) entre axe et alésage chape femelle et jeu radial nul entre axe et alésage chape mâle

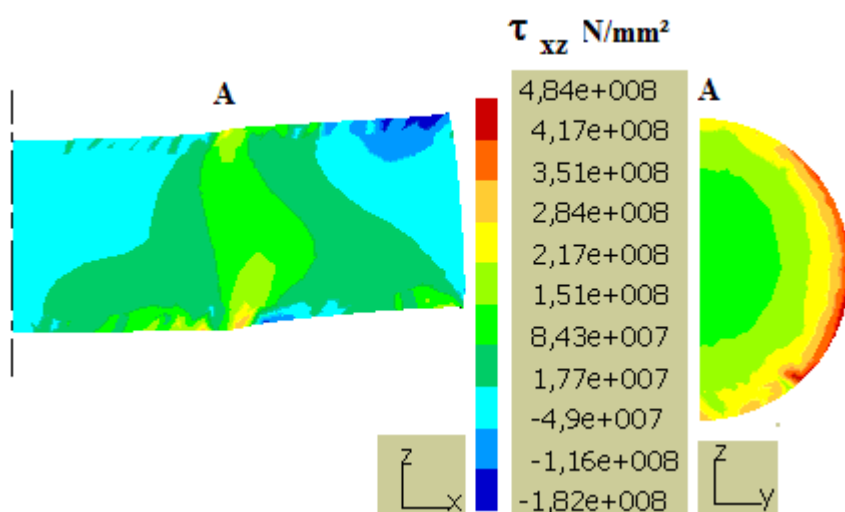
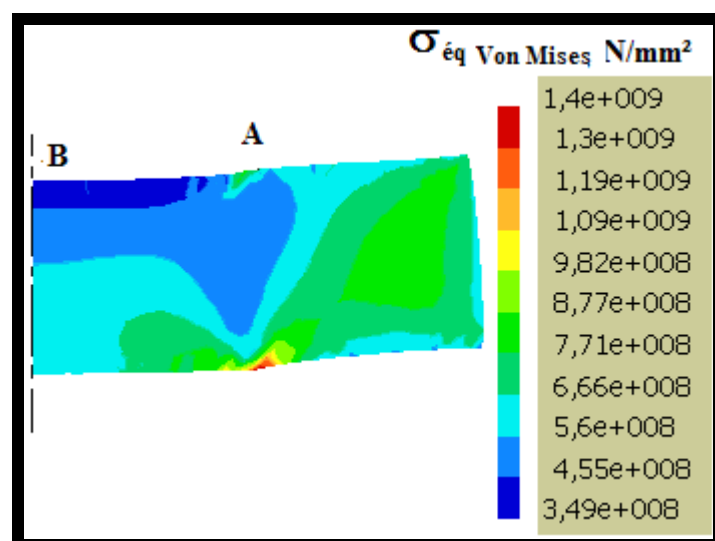
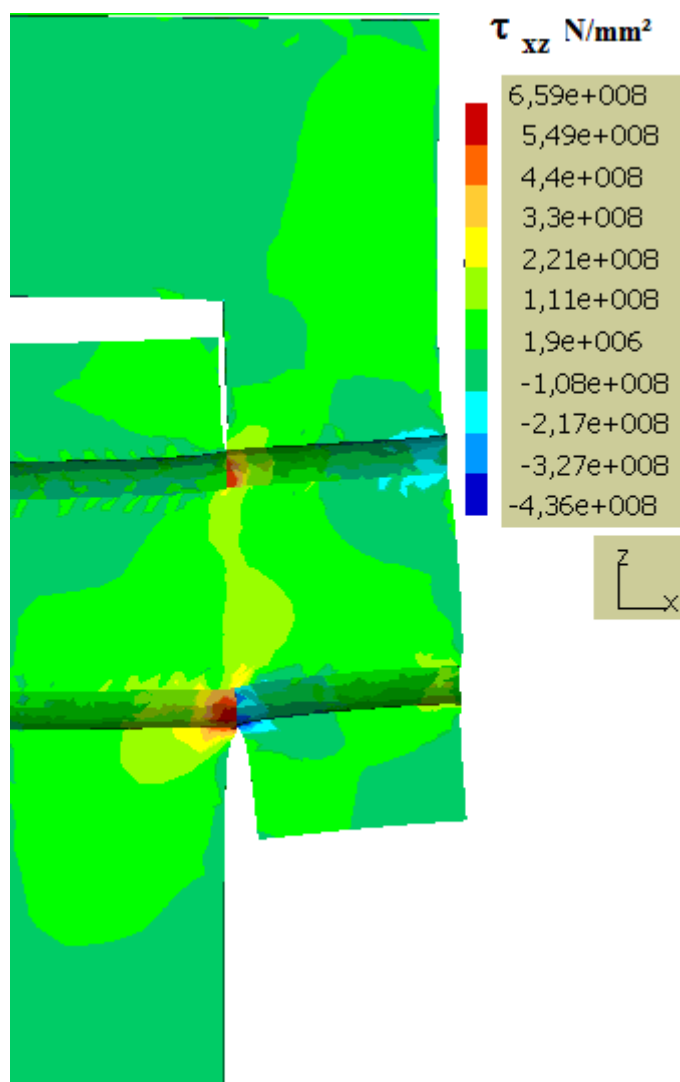




2.3 Configuration 3 : articulation bloquée

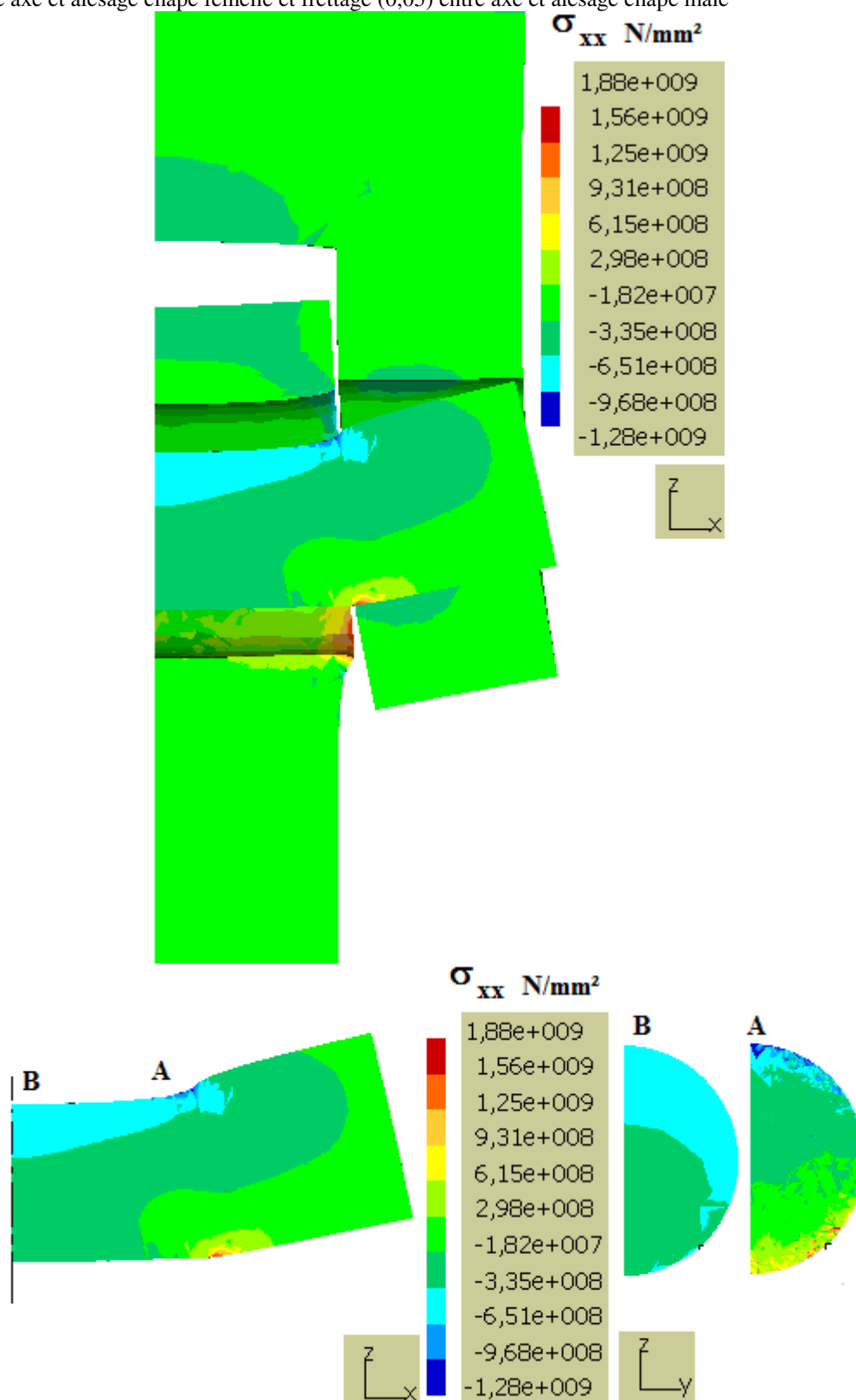
- frettage (0,05) entre axe et alésage chape femelle et frettage (0,05) entre axe et alésage chape mâle

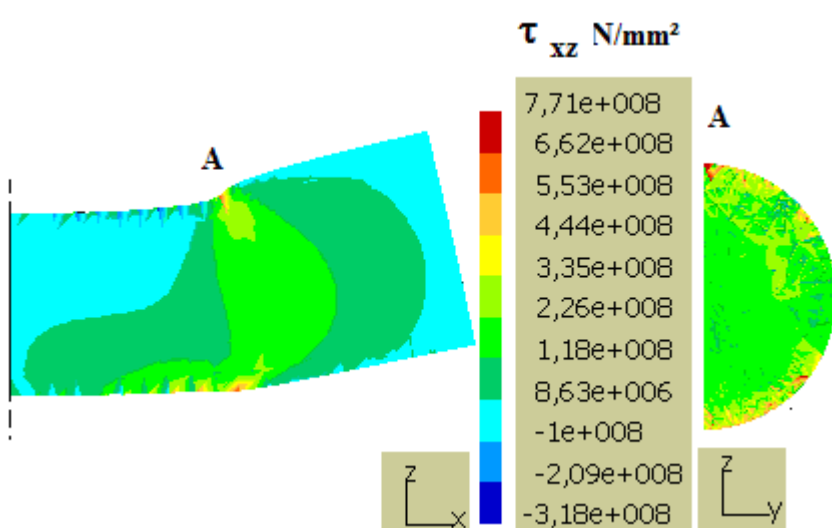
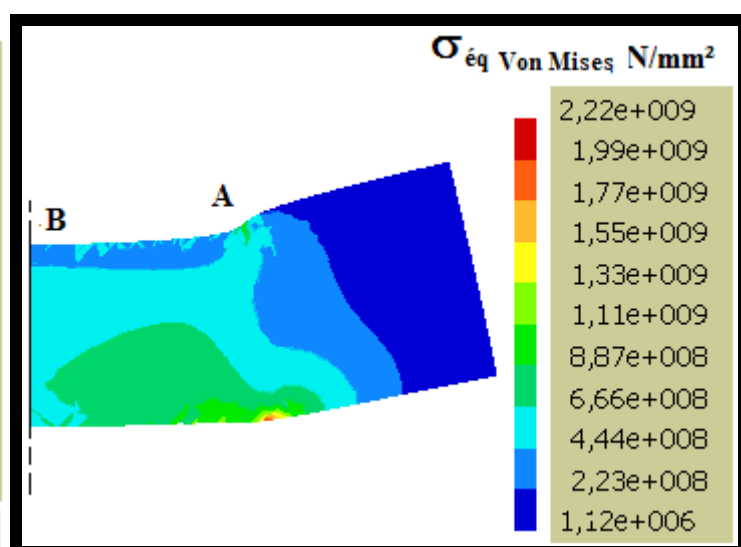
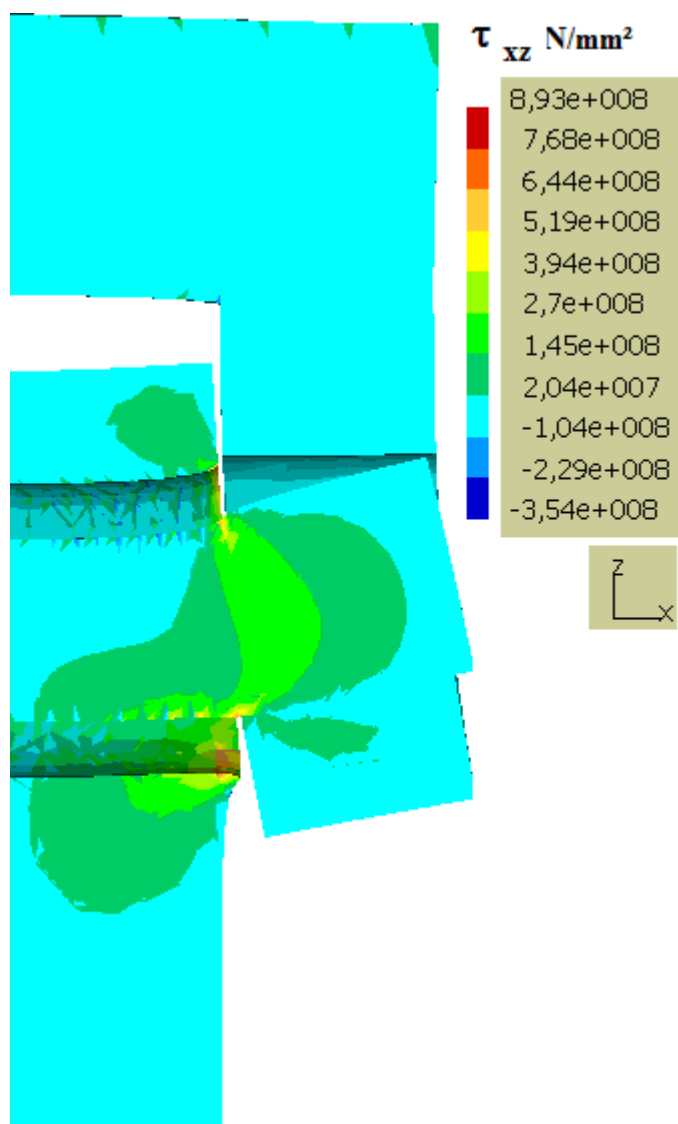




2.4 Configuration 4 : articulation avec axe libre en rotation dans la chape femelle

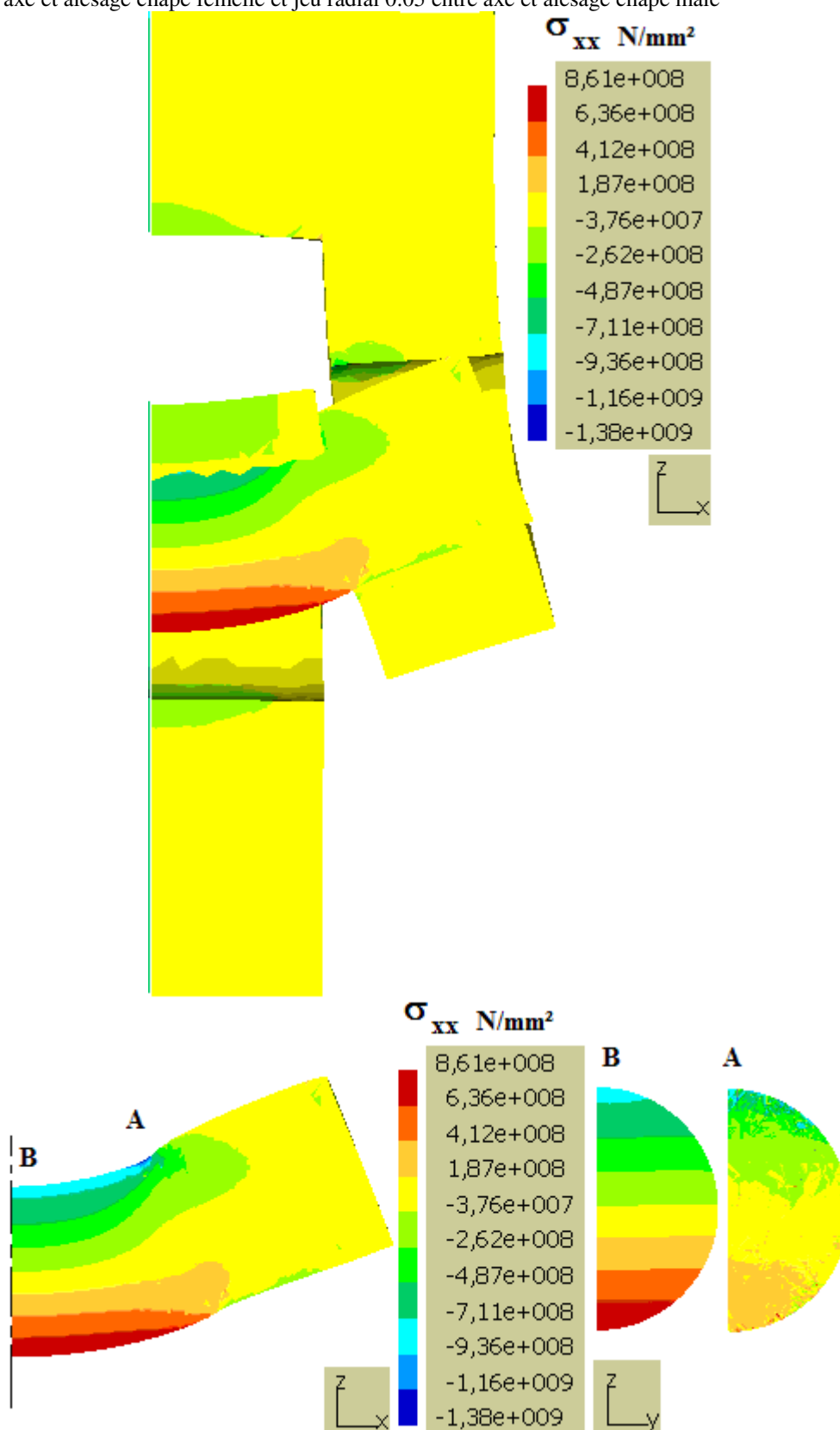
- jeu radial nul entre axe et alésage chape femelle et frettage (0,05) entre axe et alésage chape mâle

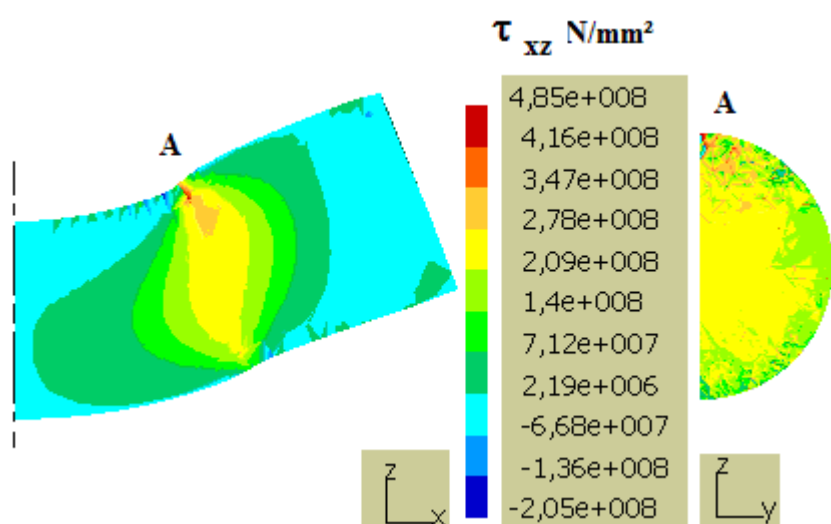
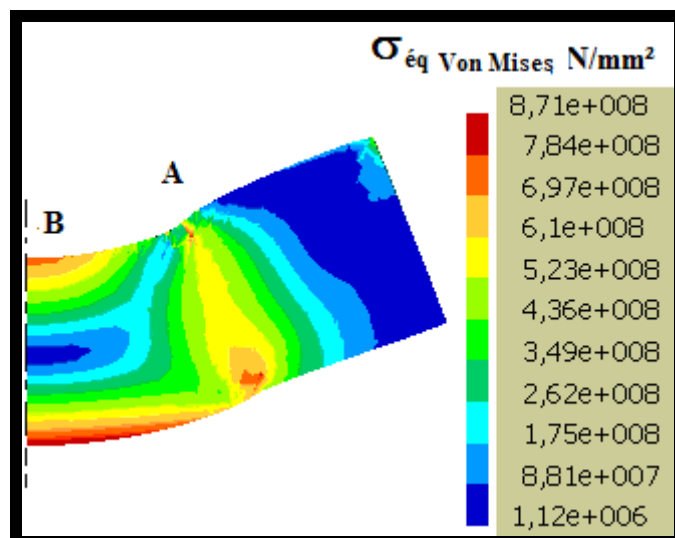
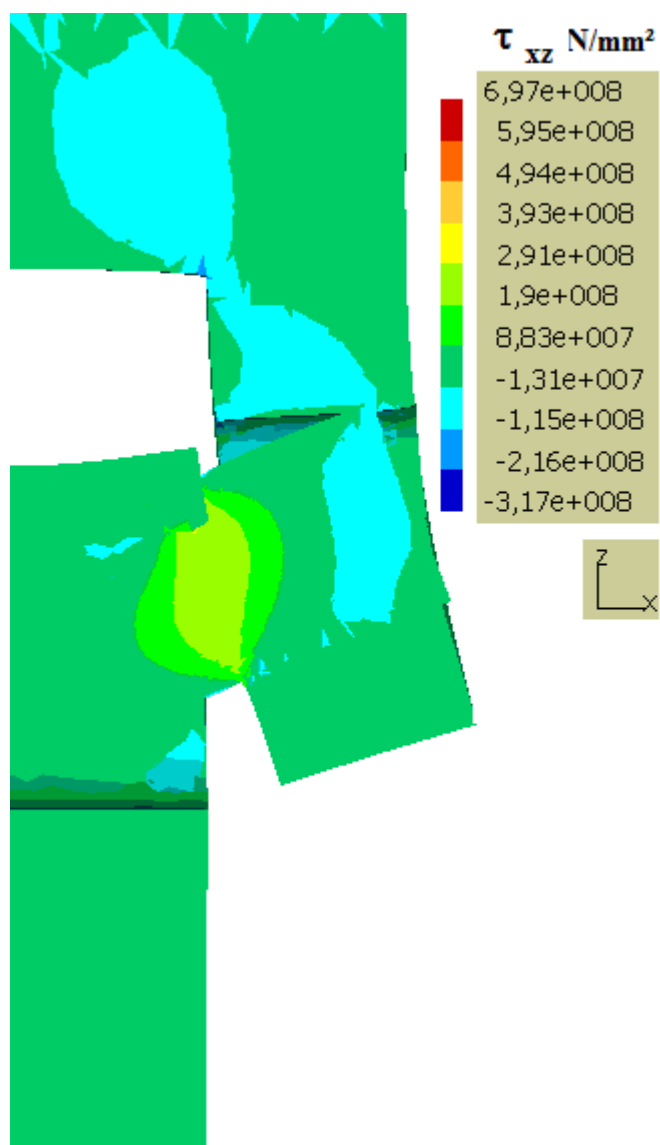




2.5 Configuration 5 : articulation avec axe libre en rotation dans les deux chapes

- jeu radial nul entre axe et alésage chape femelle et jeu radial 0.05 entre axe et alésage chape mâle





2.6 Commentaires et conclusions

L'endommagement de la liaison par risque de déformation plastique en cisaillement, glissement des sections, est atteint pour une contrainte tangentielle deux fois plus petite que la contrainte normale ($\text{Reg} \approx 0.6\text{Re}$). Si l'essai est prolongé jusqu'à la ruine de l'axe l'articulation, c'est une rupture par cisaillement (en A) qui sera observée.

C'est dans la portée cylindrique chape mâle-axe à jeu radial nul où l'on relève la sollicitation de flexion la plus importante (config 1). La présence d'un jeu radial de 0.05 dans cette portée cylindrique (config 5) fait apparaître une légère augmentation des contraintes normales de traction et de compression en section B. La propagation des effets de flexion est fortement atténuée dans les portées chape femelle-axe à jeu radial nul

Pour la portée cylindrique chape mâle-axe à jeu radial nul ou positif (config 1 ou 5), on peut remarquer dans la section A de l'axe que la contrainte tangentielle maxi est toujours supérieure à la contrainte normale maxi. Dans les autres cas on constate un fort accroissement de la contrainte normale très localisé.

Le frettage d'une des deux portées fait apparaître fortement la tendance au glissement des sections A. Dans ces portées les effets de flexion y étant supprimés par la compression radiale du frettage, on relève seulement sur l'axe que de la compression axiale.

Le frettage de toutes les portées (config. 3) est technologiquement aberrant compte tenu qu'il n'y a plus de mouvement relatif de rotation entre les chapes

Dans la section A de l'axe, quelle que soit la modélisation, apparaît une valeur maximale la contrainte normale équivalente selon Von Mises (parfois très localisée sur une zone de faible étendue).

L'étude du comportement d'une articulation en chape avec des contraintes dimensionnelles et fonctionnelles telles qu'elles ont été citées ne peut se faire quand utilisant les résultats de la théorie de l'élasticité, la théorie des poutres n'étant pas compatible.

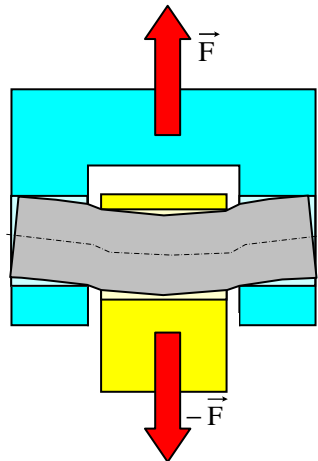
Malgré cela le modèle poutre est utilisée pour des calculs de prédimensionnement et "pour avoir un ordre de grandeur" !

3. MODELISATIONS POUTRES

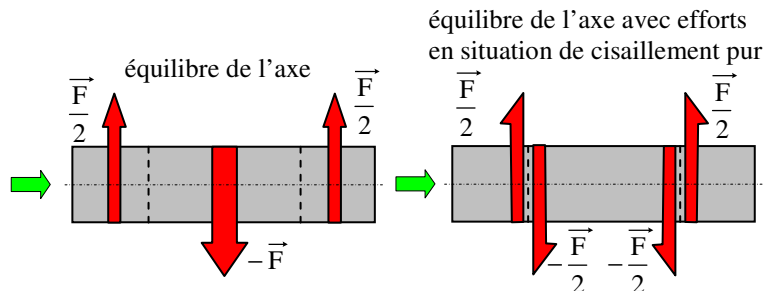
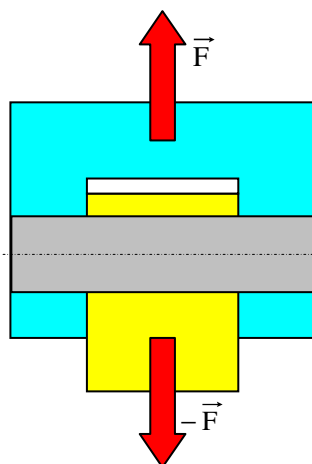
3.1 Théorie simpliste du cisaillement (ou cisaillement technologique).

Les modélisations précédentes sont incompatibles avec le modèle poutre affecté à l'axe pour y être comparée. En effet on est en présence d'un solide peu élancé et avec une zone courante inexistante (les résultats à exploiter sont toujours au droit de conditions aux limites où le principe de Saint Venant est inapplicable). De plus les interactions entre les pièces ne peuvent être prises en compte. Les déformations de flexion des joues de la chape femelles y sont aussi occultées.

Ci-dessous, les déformations attendues de l'axe pour une articulation où les joues des chapes sont indéformables avec des jeux radiaux dans les portées cylindriques et des jeux axiaux entre les joues des chapes. La déformée fortement amplifiée de l'axe souligne les effets conjugués des sollicitations de flexion et de cisaillement.



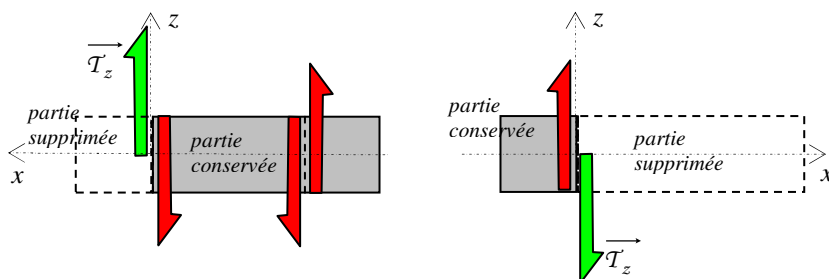
En se plaçant uniquement dans une configuration de cisaillement de l'axe, on obtient cette modélisation des efforts pour l'engendrer.



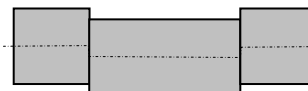
seul élément de réduction du torseur de cohésion au centre géométrique de la section cisillée: **effort tranchant**

équilibre de l'axe avec efforts en situation de cisaillement pur

allure des déformations élastiques (glissement des sections) de l'axe engendrées par T_z



→ représentation simplifiée



→ représentation conforme

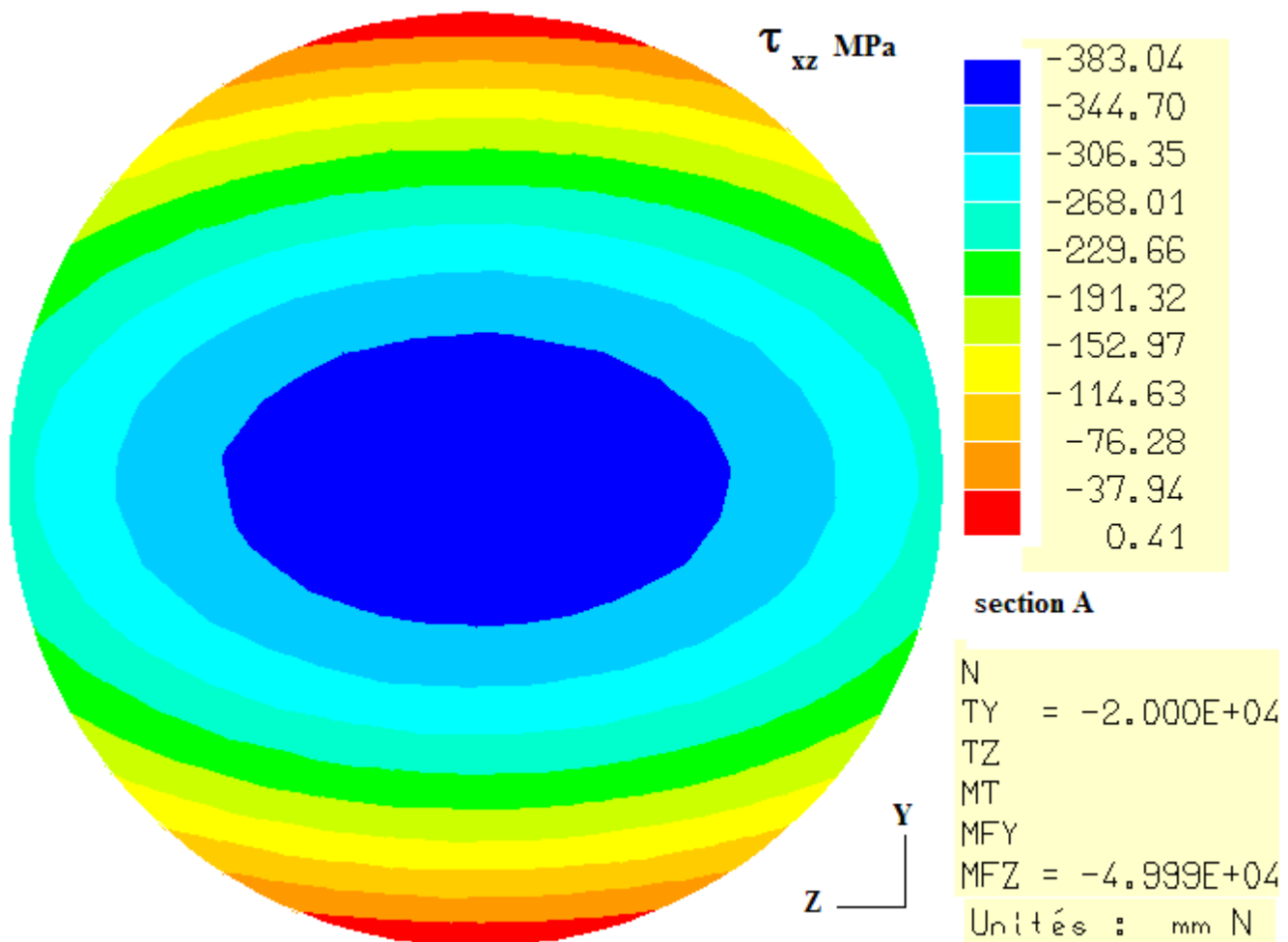
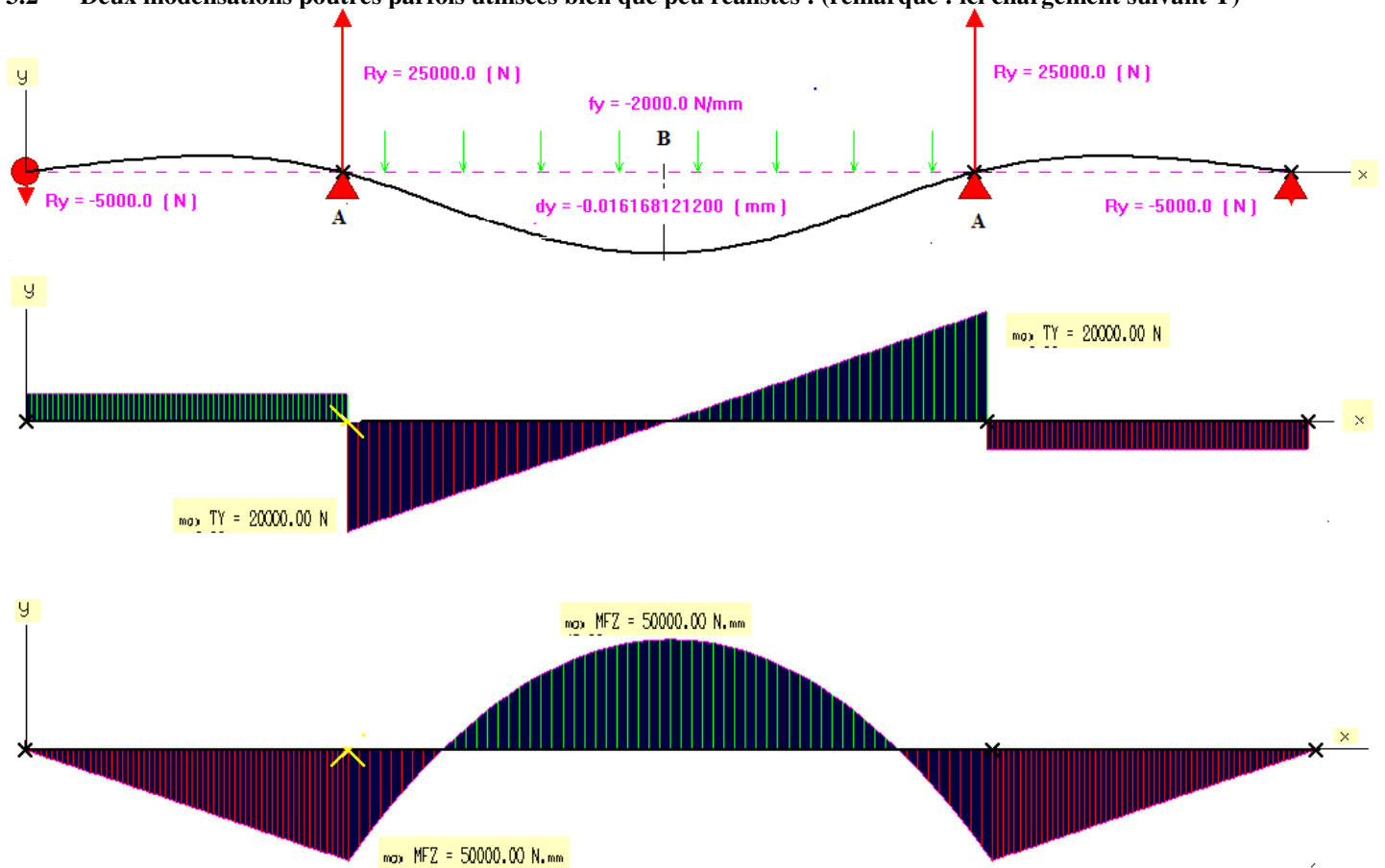


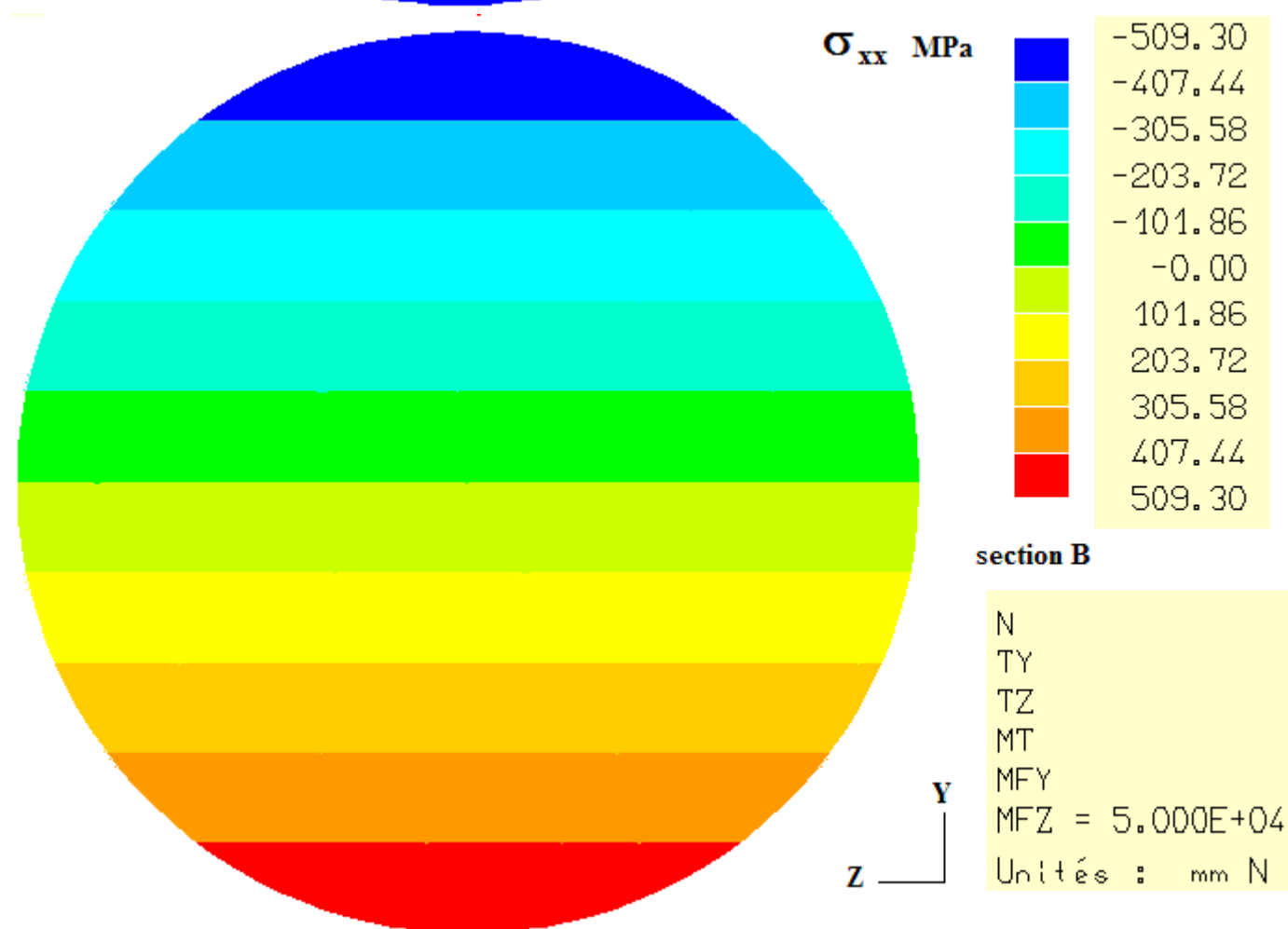
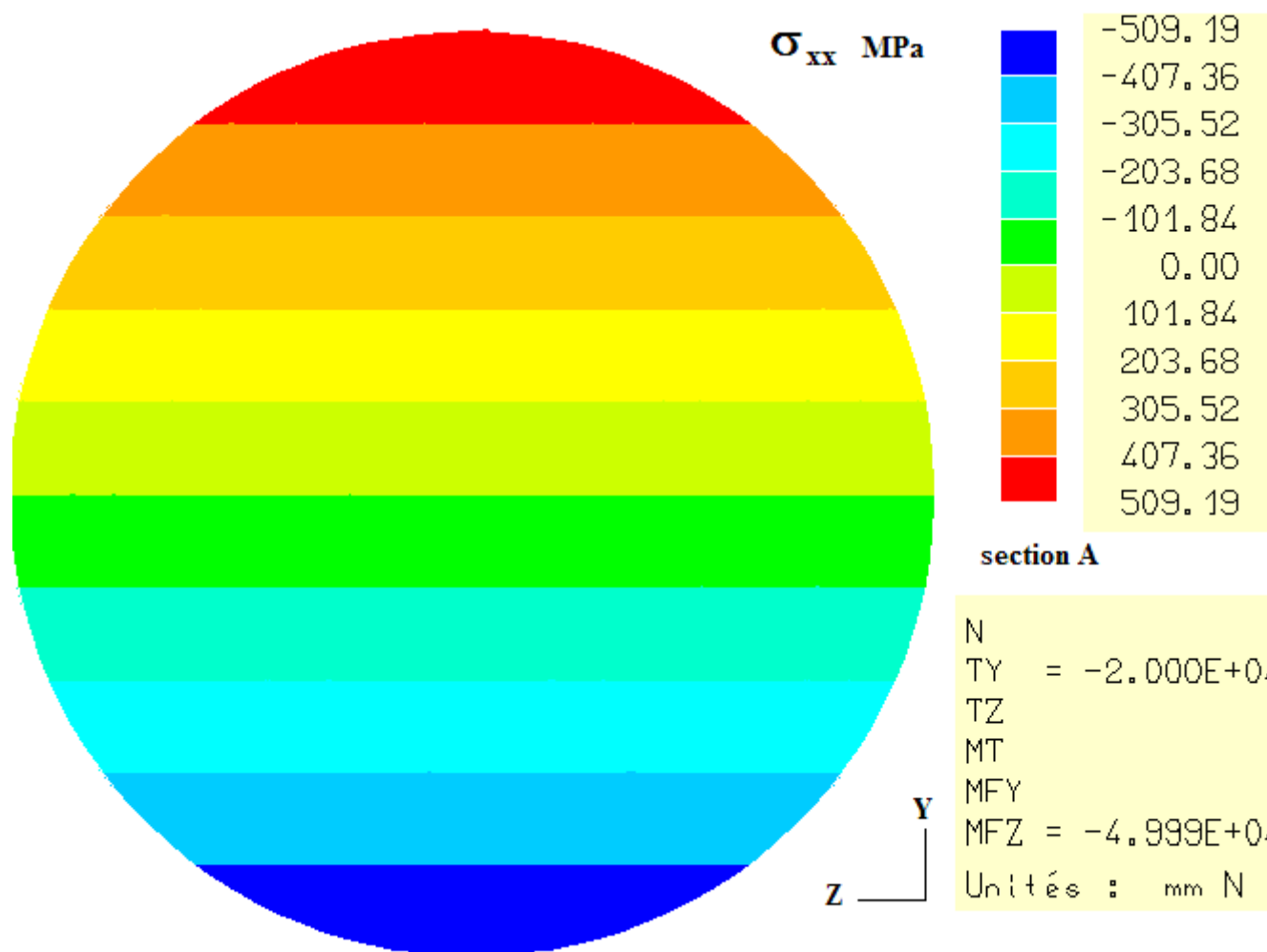
L'expression suivante, où l'on se contente d'apprécier la valeur moyenne de la contrainte tangentielle, donne dans la section le même ordre de grandeur des contraintes tangentielles que l'articulation en configuration 1 :

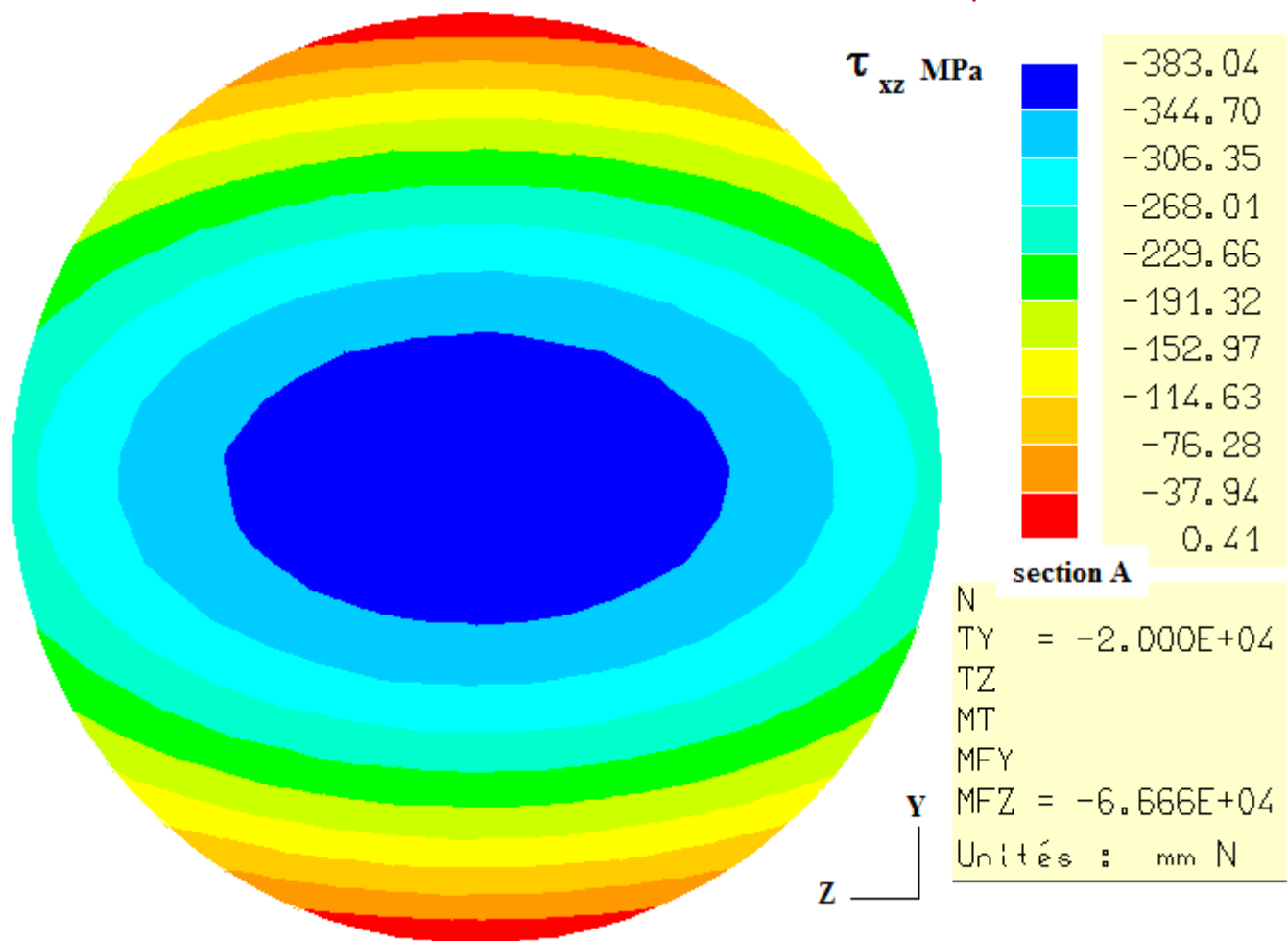
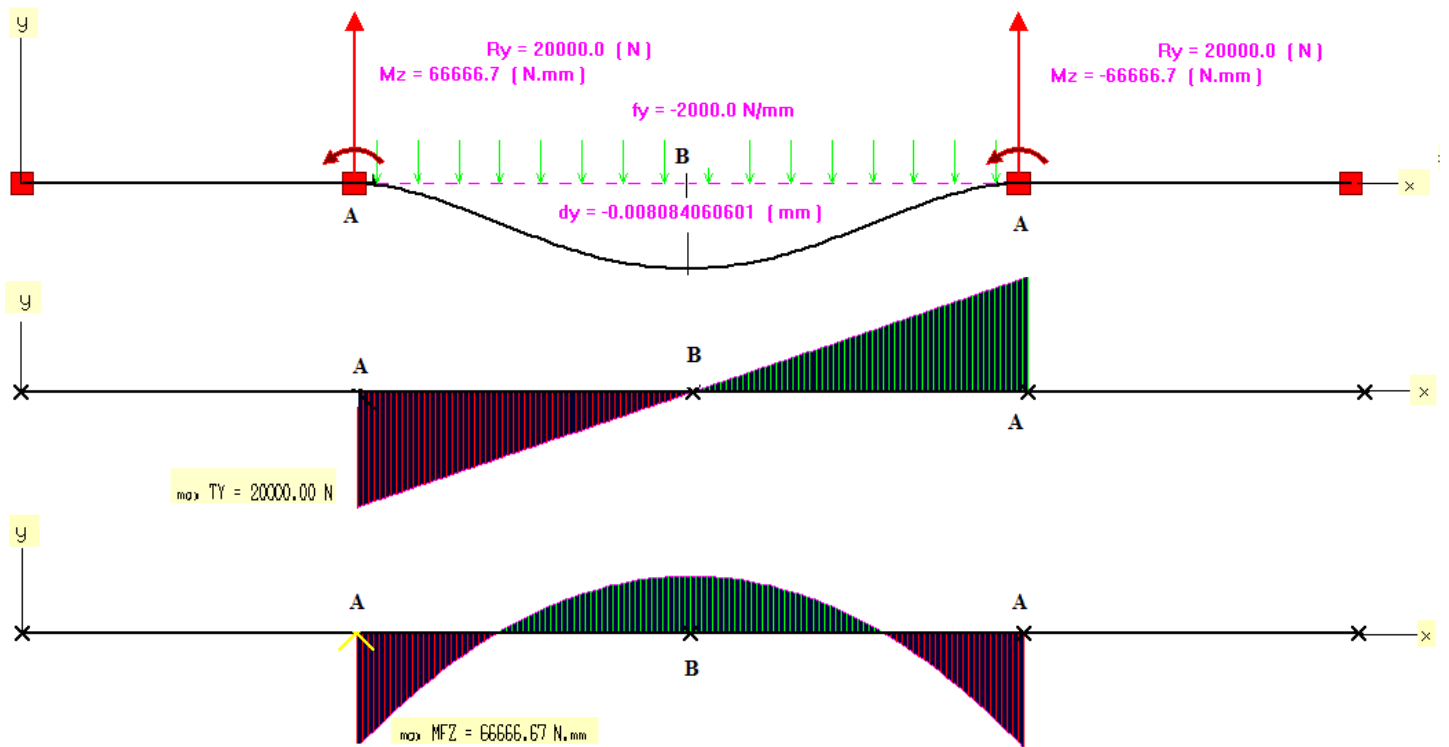
$$\tau_{\text{moyen}} = \frac{T_z}{S} = \frac{20000}{\pi 10^2 / 4} = 254,7 \text{ MPa}$$

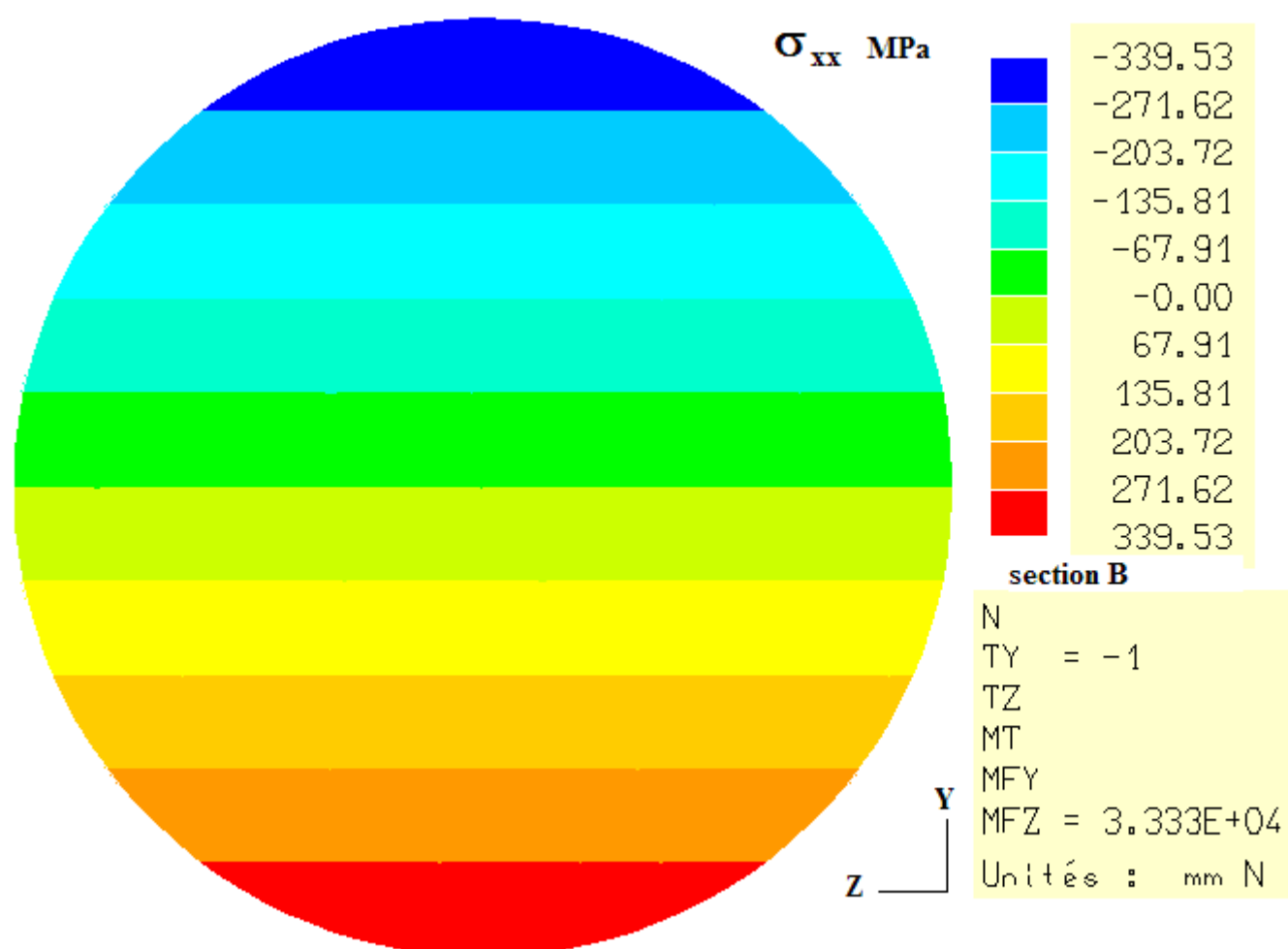
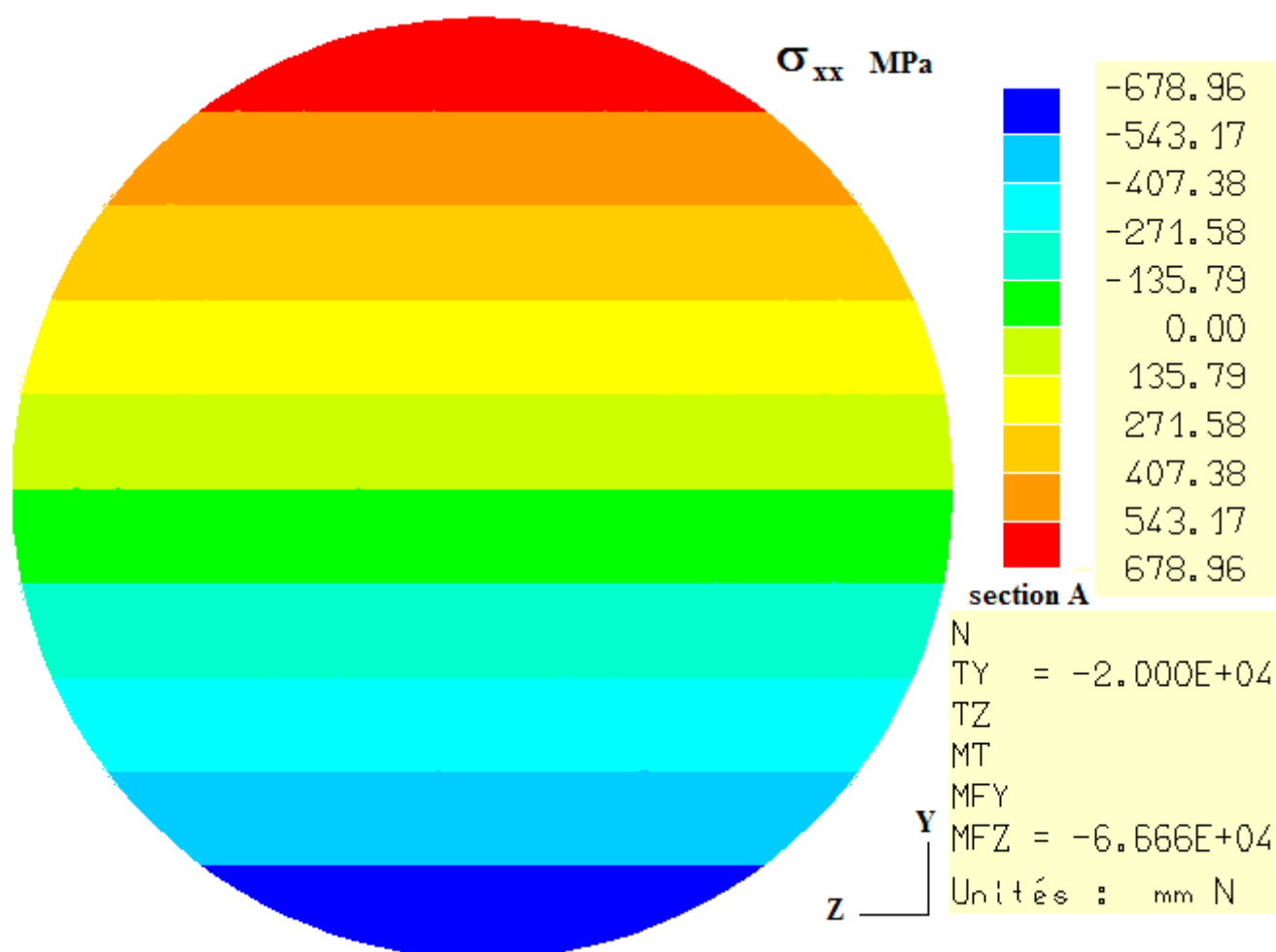
L'utilisation de l'expression $\tau_{xz \text{ max}} = 2 \frac{T_z}{S}$, issue de la théorie des poutres, valable en zone courante et faisant apparaître la section réduite n'est donc pas admissible avec cette sollicitation où la force appliquée coïncide avec la section cisillée. On retrouve cette situation dans le cas des rivets, des boulons, des cordons de soudures

3.2 Deux modélisations poutres parfois utilisées bien que peu réalistes ! (remarque : ici chargement suivant Y)









3.3 Critère de dimensionnement pour l'axe-poutre sur 4 appuis ponctuels:

Quelle est la sollicitation, cisaillement ou flexion, qui est la plus dimensionnante pour l'axe-poutre juste avant les déformations permanentes (fin du domaine élastique) avec $Reg = K * Re \approx 0.6Re$ et par exemple pour acier faiblement allié où $Re=600$ MPa ?

$$\text{Cisaillement pur : } Reg = K * Re \geq \frac{T_y}{\frac{\pi d^2}{4}} \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4T_y}{\pi K * Re}}$$

AN : pour la section A : effort tranchant $T_y = 20000$ N

$$d \geq \frac{206,01}{Re^{1/2}} \Rightarrow d \geq 8,4 \text{ mm}$$

$$\text{Flexion : } Re \geq \frac{M_z}{\frac{\pi d^4}{64}} \times \frac{d}{2} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32 M_z}{\pi Re}}$$

AN : pour la section A : moment de flexion $M_z = 50000$ Nmm

$$d \geq \frac{79,85}{Re^{1/3}} \Rightarrow d \geq 9,4 \text{ mm}$$

Conclusion : la flexion serait plus dimensionnante que le cisaillement pour un axe-poutre

4. ANNEXES

FEUILLE DE CALCUL ICAB (eurocode 3)

Guide de conception en calcul de structure [sommaire](#)

Entrez votre e-mail pour recevoir la fiche de calcul: [entrer e-mail](#)

Assemblage par axe d'articulation.

- a (mm) épaisseur de chaque plat extérieur
- b (mm) épaisseur de la chape centrale
- c (mm) jeu intérieur entre plats
- d (mm) diamètre de l'axe; pour tube creux, épaisseur ep
- fyp (MPa) limite élastique de l'axe
- fup (MPa) limite de rupture de l'axe (R_r axe)
- fy (MPa) limite élastique de la chape
- Fsd (N) effort de sollicitation

Résistance de calcul pour assemblages par axes d'articulation

Cette clause concerne les assemblages par axe d'articulation qui doivent présenter une totale liberté de rotation.

- a 5 mm épaisseur de chaque plat extérieur
- b 6 mm épaisseur de la chape centrale
- c 1 mm jeu intérieur entre plats
- d 10 mm diamètre de l'axe (rond plein)
- fyp 235 MPa limite élastique de l'axe
- fup 355 MPa limite de rupture de l'axe
- fy 235 MPa limite élastique de la chape

Vérification selon EC3 Partie 1-1, section 6.5.13

Fv.Rd 13 383 N cisaillement de l'axe

M.Rd 14 765 N.mm flexion de l'axe (module élastique $W_{el,y} = 98 \text{ mm}^3$)

Fb.Rd 16 920 N pression diamétrale entre chape et axe d'articulation

Efforts de sollicitation

Fsd 2 000 N cisaillement

Msd 5 000 N.mm flexion

critères de résistance valides si <1

cisaillement et flexion combiné de l'axe 0.347

pression diamétrale 0.118

L'assemblage peut résister aux sollicitations

dans la section cisillée de l'axe

a) effort de cisaillement (effort tranchant): $F_v.R_d = 0,6 A f_{up} / \text{©Mp}$ (6.10)

b) moment de flexion : $M.R_d = 0,8 W_{el} f_{yp} / \text{©Mp}$ (6.11)

c) Lõike ja painde koosmõjule:

$$(M_{Sd} / M.R_d)^2 + (F_v.S_d / F_v.R_d)^2 \leq 1 \quad (6.12)$$

d) Plaadi augu ääre muljumisele:

$$F_b.R_d = 1,5 t d f_y / \text{©Mp} \quad (6.13)$$

(3) Liigendtapi arvutusliku paindemomendi leidmine on antud joonisel 6.7.



[retour au sommaire - guide ICAB 2.080116 - 2008](#)

