

Simulation numérique d'un choc thermique dans un robinet

Virginie CALONNE-CHATELEE, Jérôme FERRARI, Jean-François RIT (EDF R&D - Dept MMC)

Lionel DEPRADEUX, Valérie CANO (EDF R&D - Dept AMA)



Contexte

Réflexion sur le devenir des moyens d'essais eau-vapeur du département MMC



Peut-on utiliser la simulation numérique dans le processus de qualification des matériels de robinetterie ?

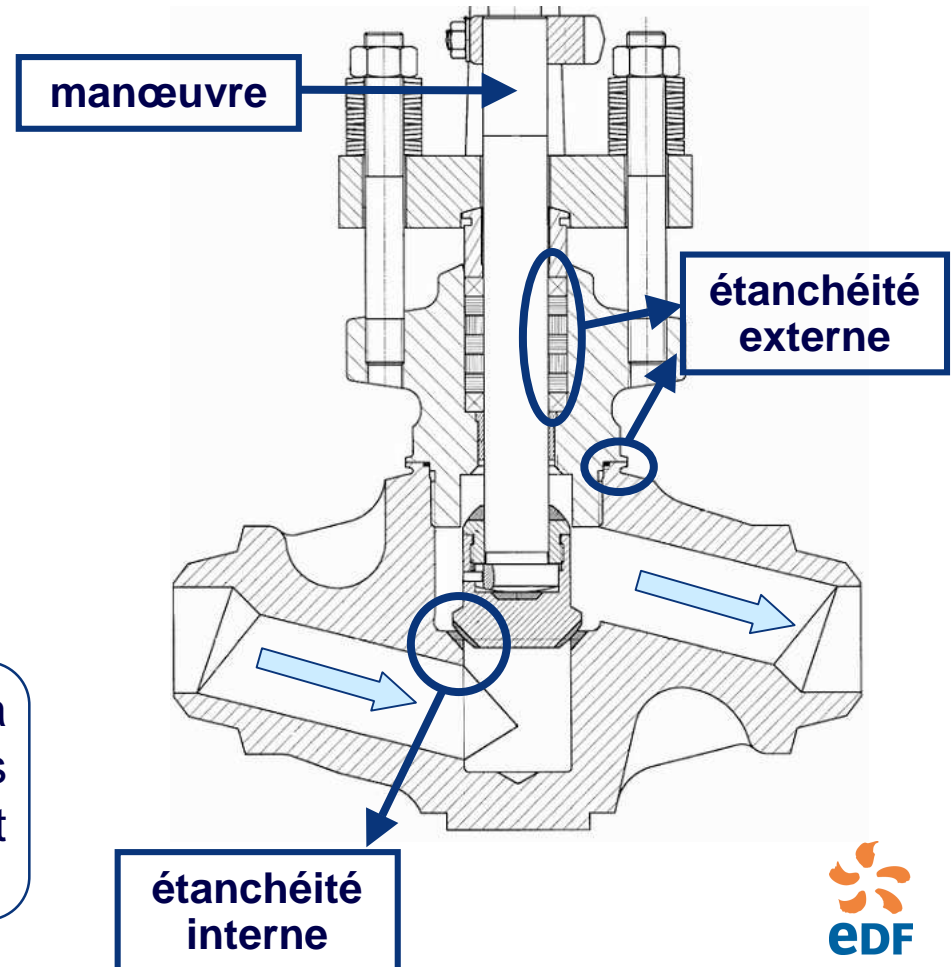
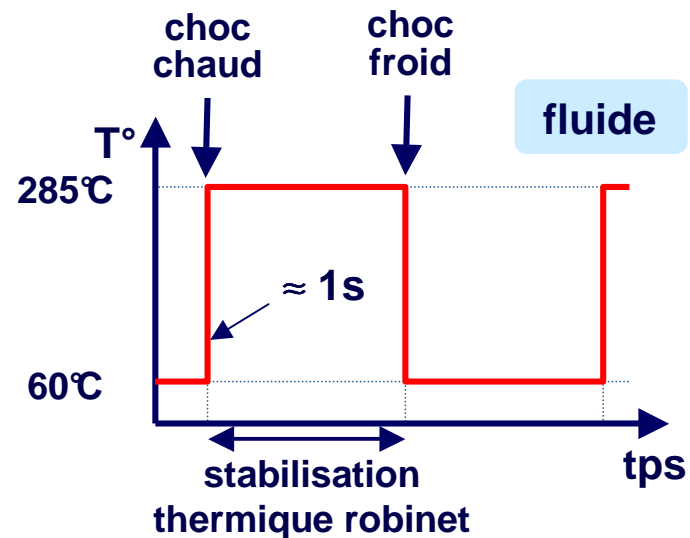


Étude de la faisabilité dans le cadre du projet NICODEME (2004 → 2008)



Qualifier un robinet

- 1000 manœuvres fermeture / ouverture sous ΔP max de 150 bar
- 10 chocs thermiques alternés chaud / froid



➔ Vérifier l'aptitude du matériel à réaliser ces fonctions dans des conditions de fonctionnement normales et incidentelles

Simuler pour qualifier

Simuler pour qualifier = simuler le passage d'un robinet sur boucle

- ⇒ Calcul d'un robinet entier
- ⇒ Conditions enveloppes de fonctionnement

On se limite à ce qu'on sait bien simuler

Niveau 1 : déjà essayé (ex : chaînage fluide/solide)

Assembler les calculs et les pièces de composants

Niveau 2 : supposé marcher

(ex : dépose revêtement, grds déplacements + contact frottement)

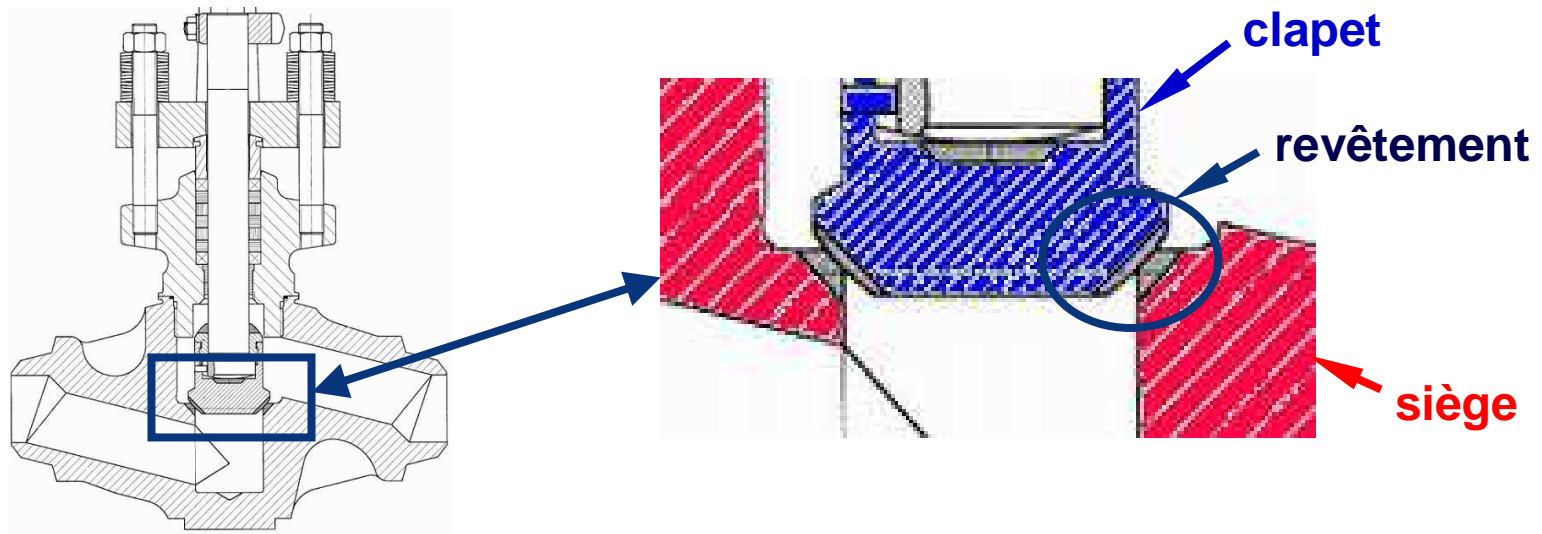
Introduire des simulations nouvelles pour la robinetterie

On procède par cas d'étude

Faisabilité des calculs sur un robinet

Comparaison calcul / essai

Simuler un choc thermique



robinet à soupape SJUSSI050

Calcul réalisé en 3 temps :

- 1 – calcul thermo-hydraulique
- 2 – calcul thermo-mécanique
- 3 – calcul des contraintes résiduelles

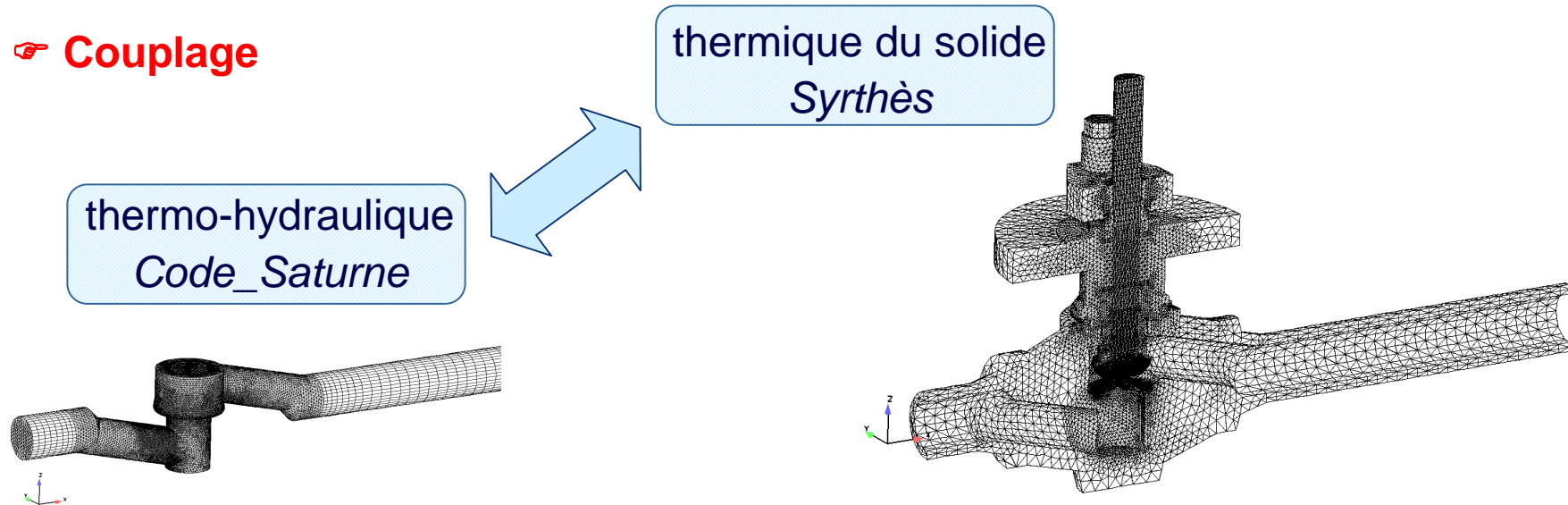
1

Calcul thermo-hydraulique

Jérôme Ferrari (R&D – MMC)

Mise en oeuvre - calcul thermo-hydraulique

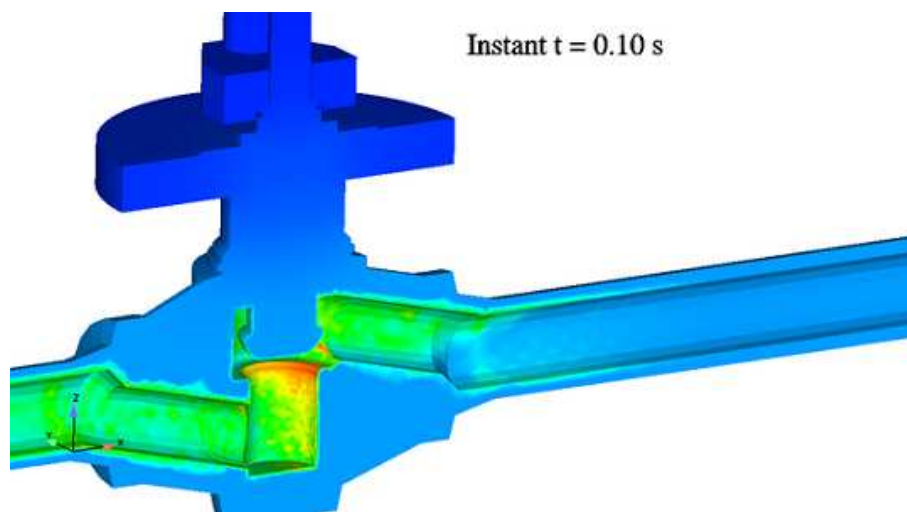
👉 Couplage



👉 Conditions de calcul :

- fluide {
 - en entrée : vitesse 5.33 m/s, variation instantanée 60°C/285°C
 - modèle de turbulence Rij SSG
- solide {
 - adiabatique sur le corps et les conduites
 - contact avec l'air à 35°C pour la partie haute ($h = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 - propriétés fluide et solide variant avec la température

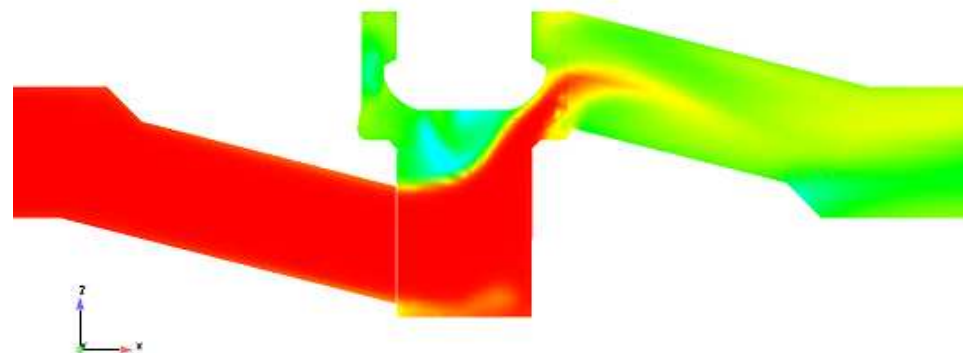
Résultats - calcul thermo-hydraulique



Temperature



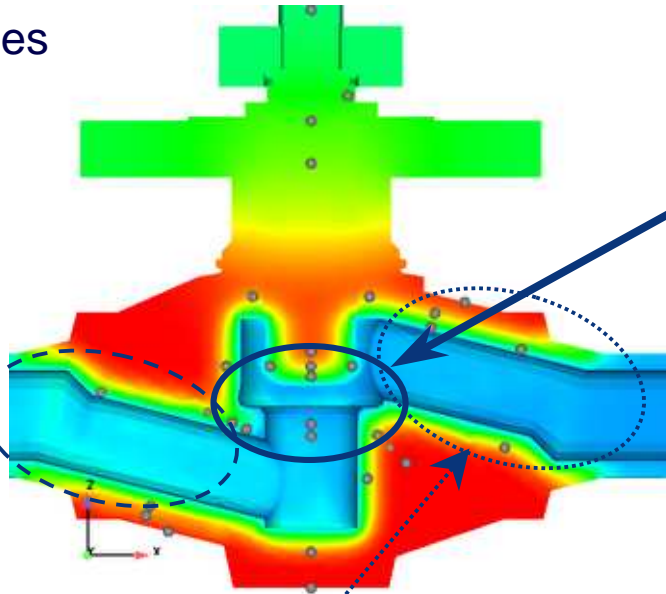
Instant t = 0.10 s



Comparaison simulation / expérience calcul thermo-hydraulique

41 thermocouples

Bon accord
sauf pic initial
à l'amont

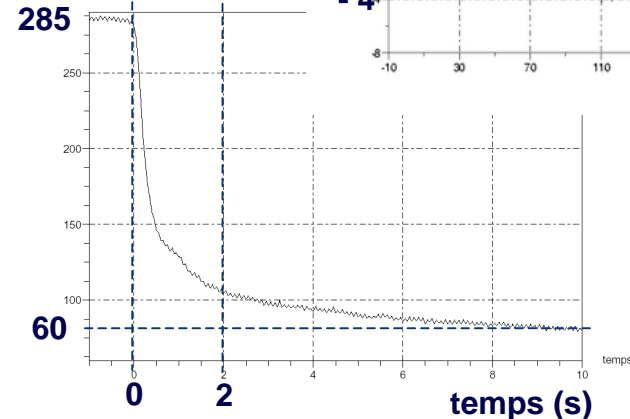


Bon accord global dans la
zone de mélange
malgré un pic de température
initiale

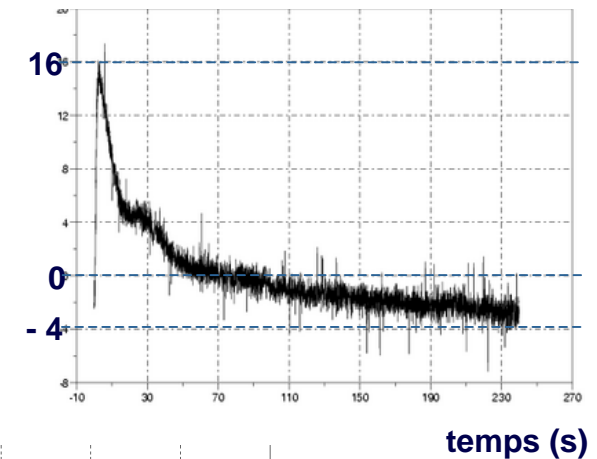
Mauvais accord
à l'aval

principalement dû à la difficulté de
prédire un écoulement complexe

température (°C)
de l'eau en entrée



temp calculée - temp expérience (°C)

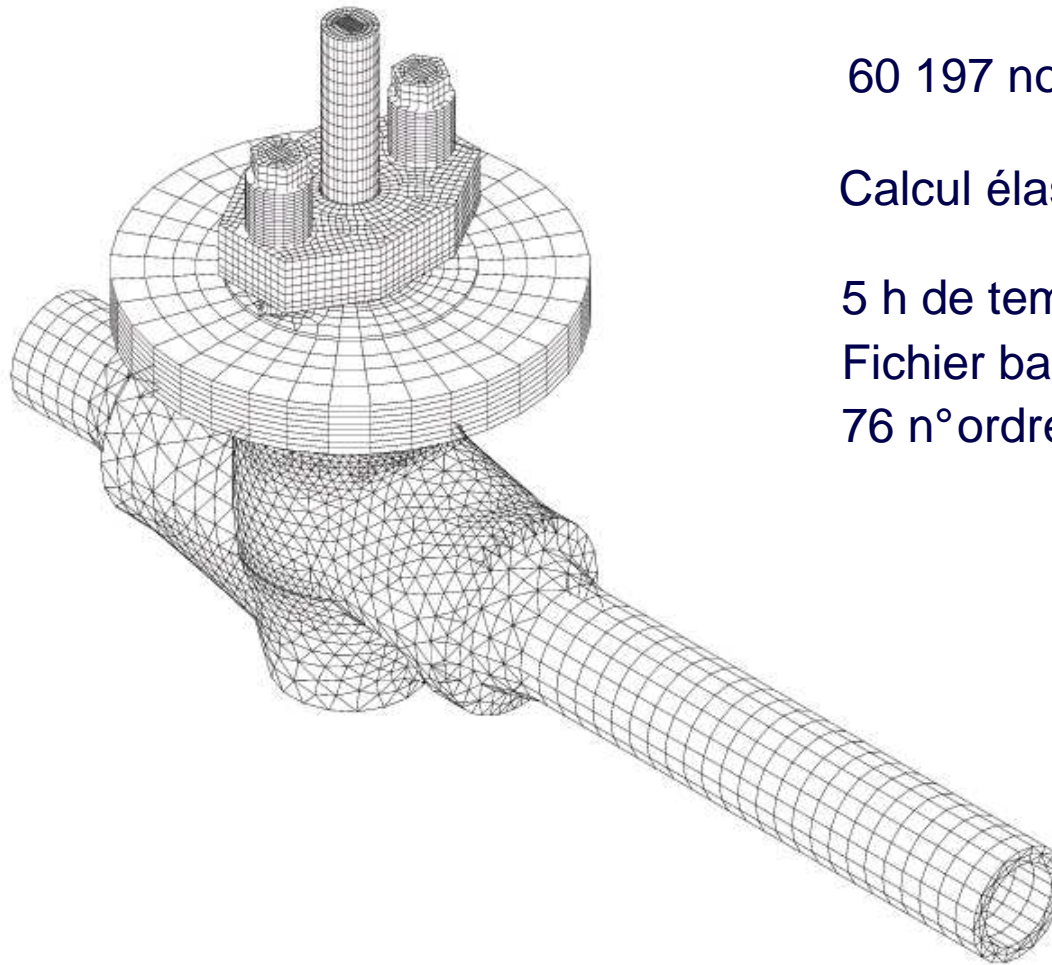


2

Calcul thermo-mécanique

Virginie Calonne-Chatelée (R&D – MMC)

Mise en oeuvre - calcul thermo-mécanique



60 197 noeuds – maillage linéaire

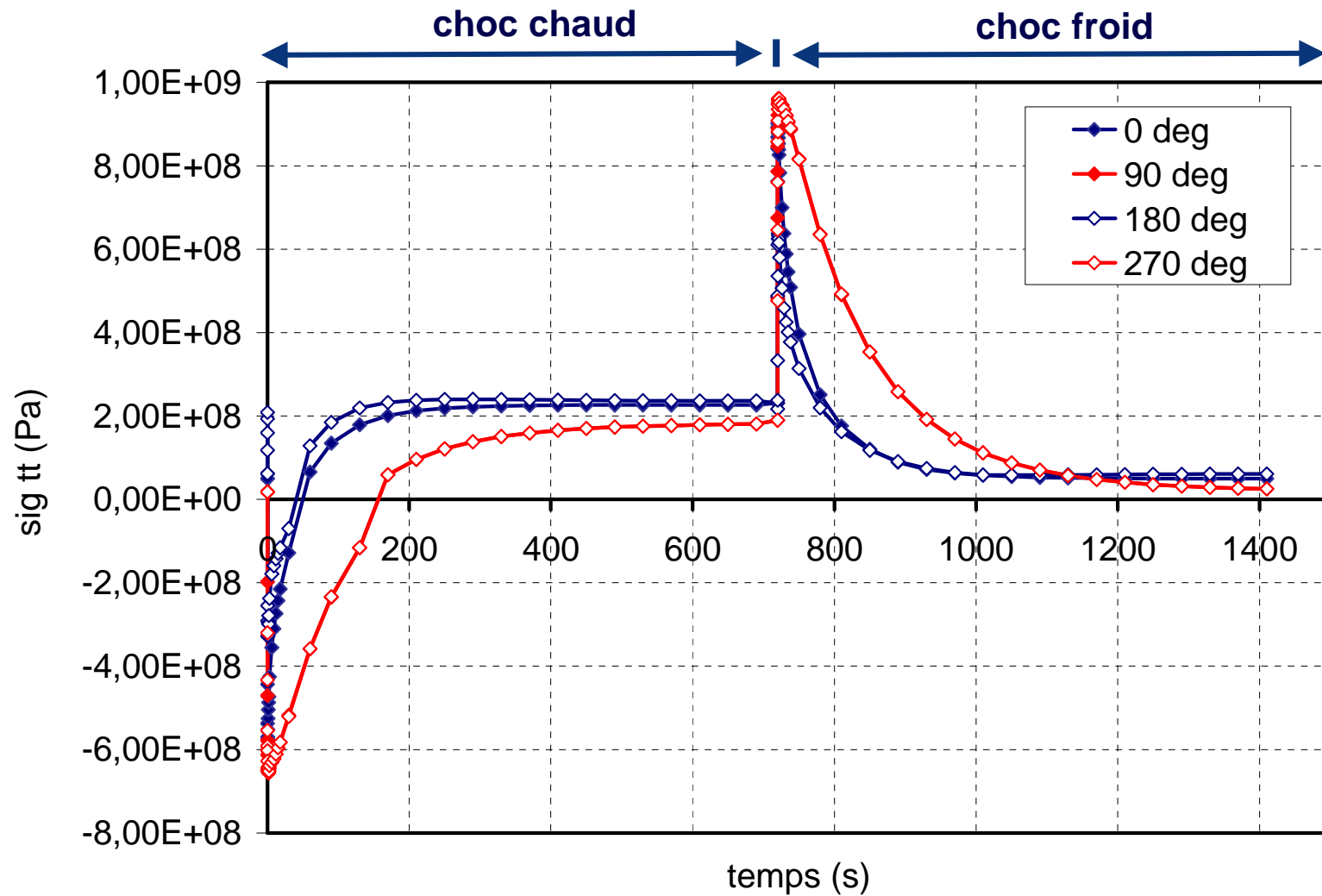
Calcul élastique 3D

5 h de temps CPU sur Clayastr

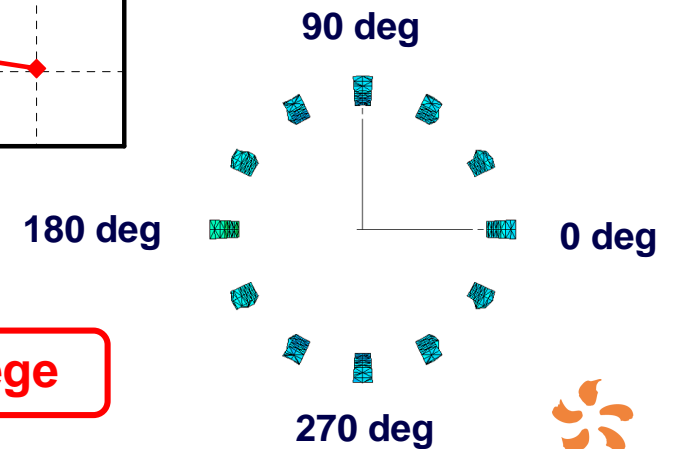
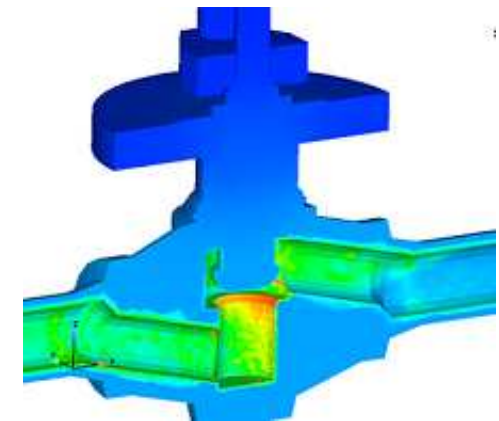
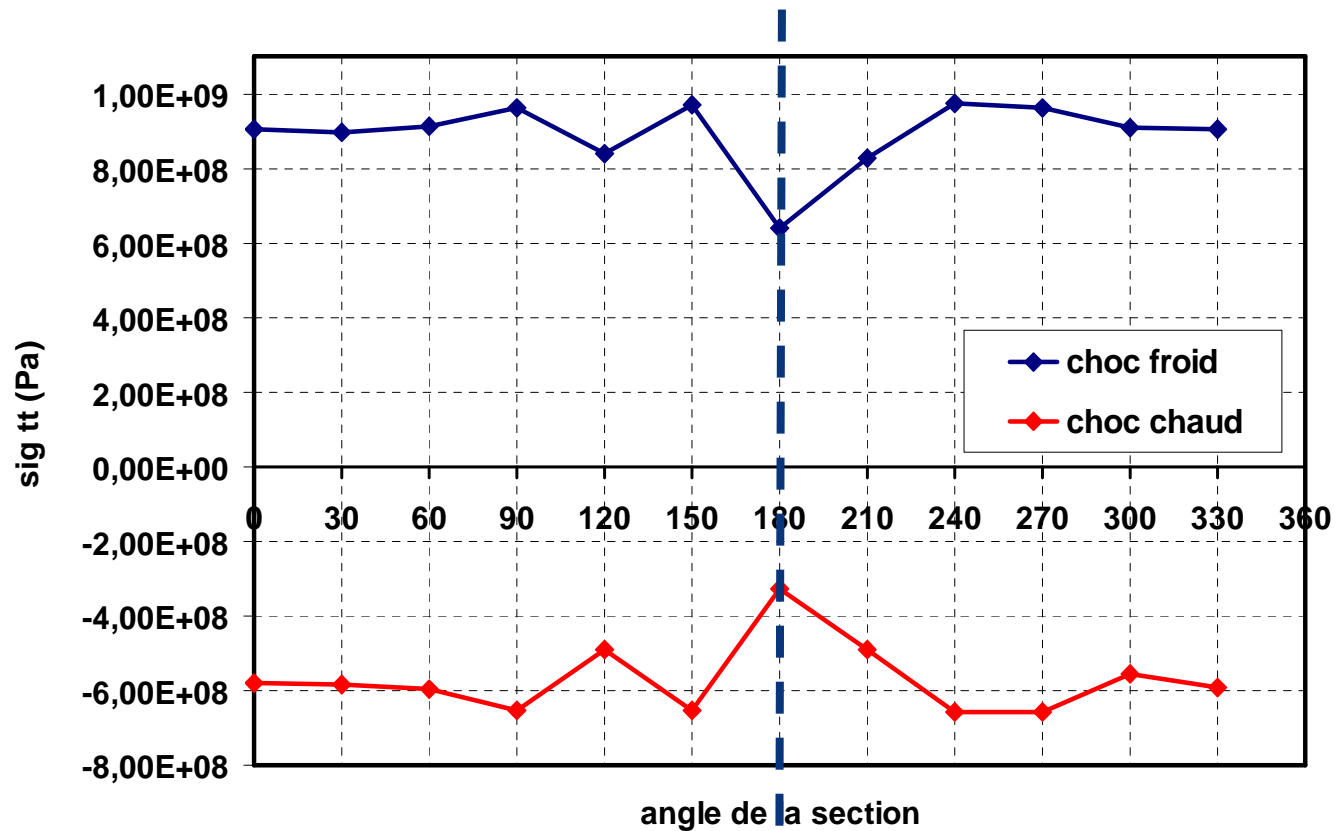
Fichier base = 2Go

76 n°ordre – 24 min temps réel

Contraintes dans le siège - calcul thermo-mécanique



Contraintes dans le siège - calcul thermo-mécanique



Contraintes plus faibles à l'amont qu'à l'aval du siège

3

Calcul des contraintes résiduelles de soudage

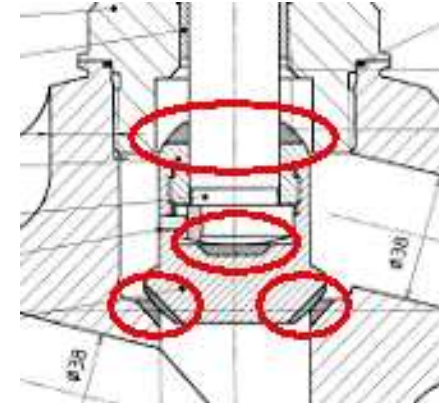
Lionel Depradeux (R&D – AMA)

Mise en oeuvre - calcul des contraintes résiduelles

☞ simulation numérique en 3 étapes

1- calcul thermique non linéaire

- données matériaux => OK pour le stellite et l'inox
- chargement : peu de données sur l'apport de chaleur (dépose manuelle au chalumeau oxyacétylénique)



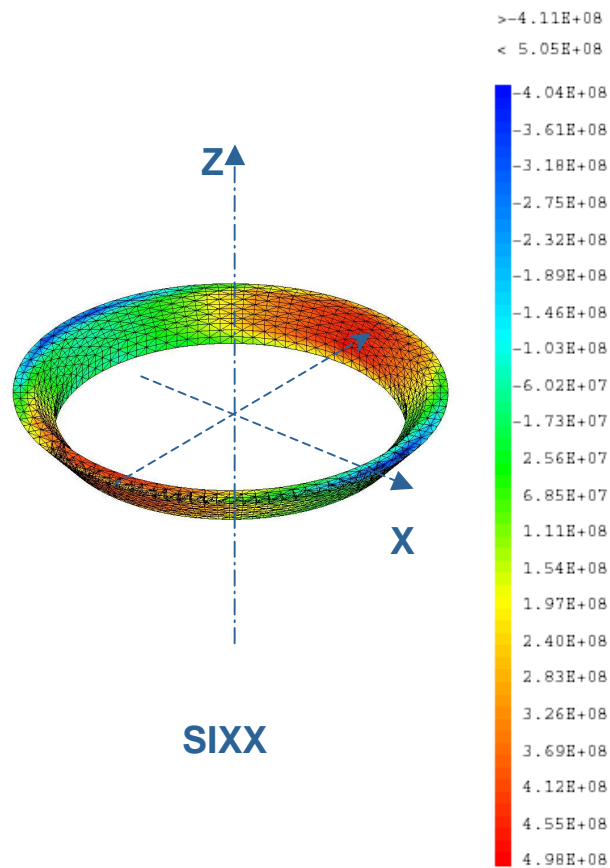
~~2- calcul métallurgique~~

~~Transformations structurales liées à l'histoire thermique
=> Effet sur le comportement mécanique~~

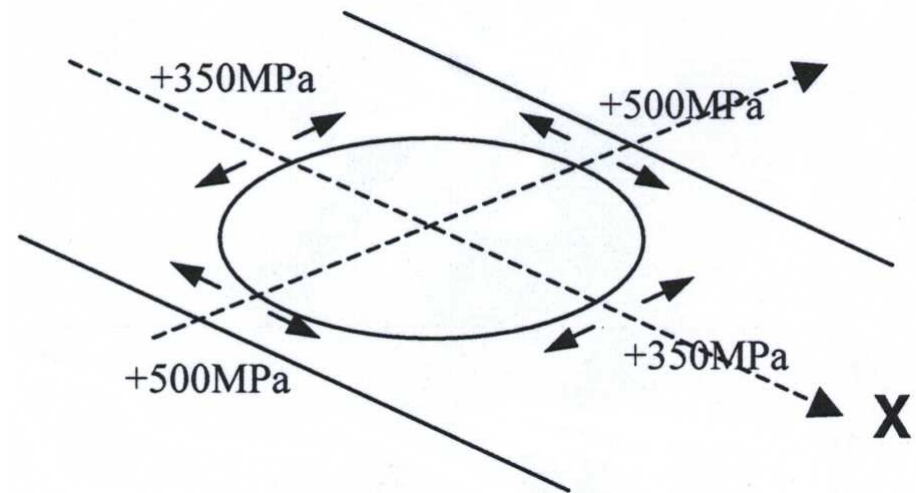
3- calcul mécanique

- données matériaux => OK pour le stellite et l'inox
- chargement purement thermique

Résultats - calcul des contraintes résiduelles



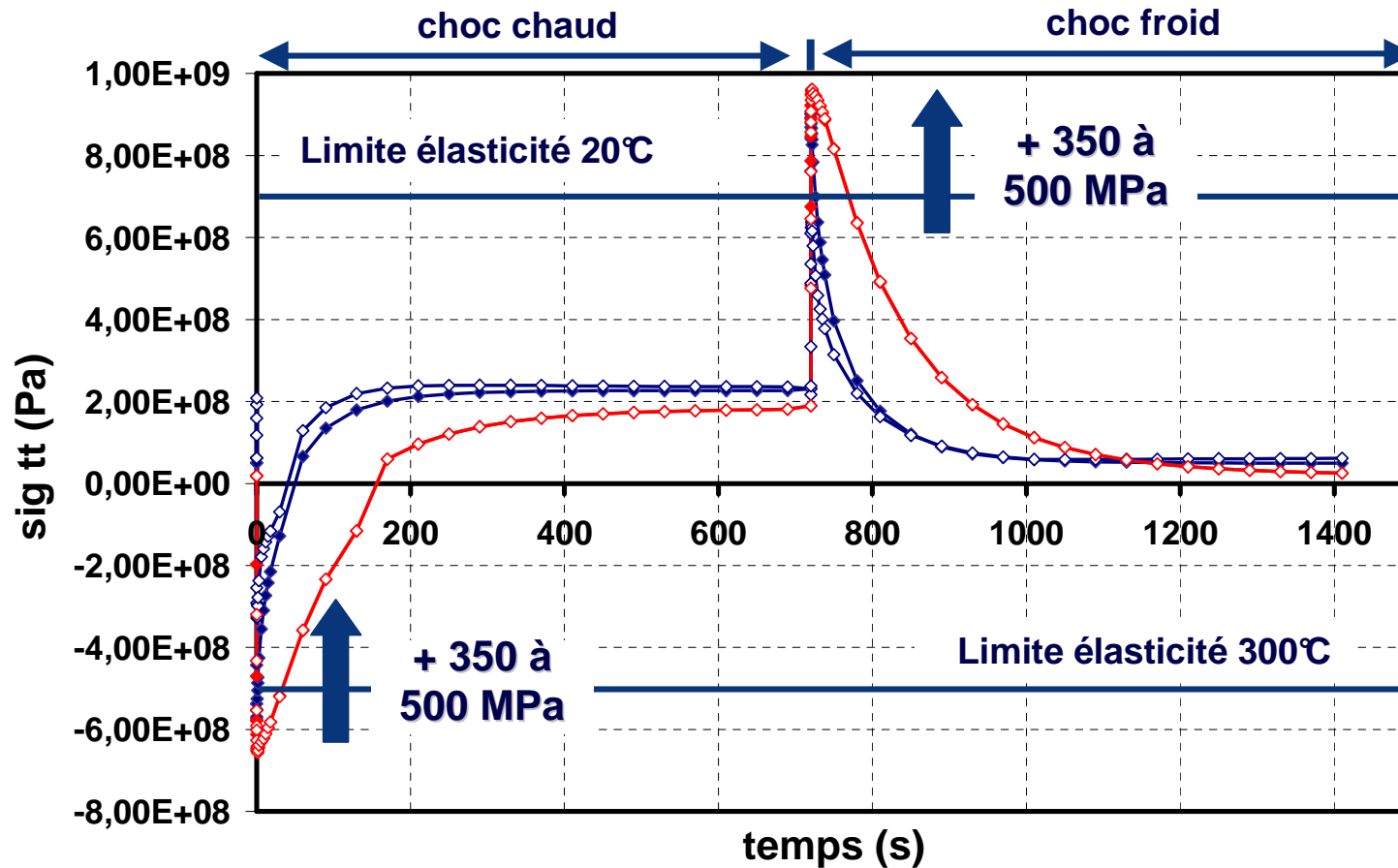
Contraintes orthoradiales



4

Conclusions et perspectives

Comparaison simulation / expérience



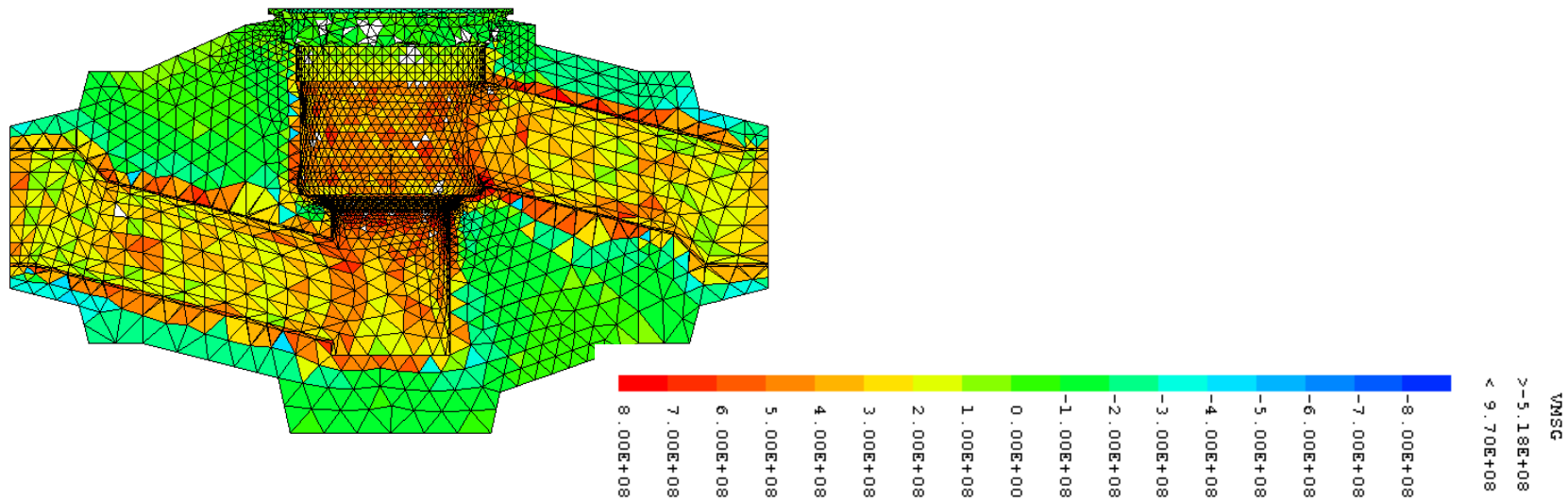
Simulation numérique ⇒ risque de fissuration des revêtements
Essais ⇒ aucune fissure observée

⇒ CALCUL
SURESTIME



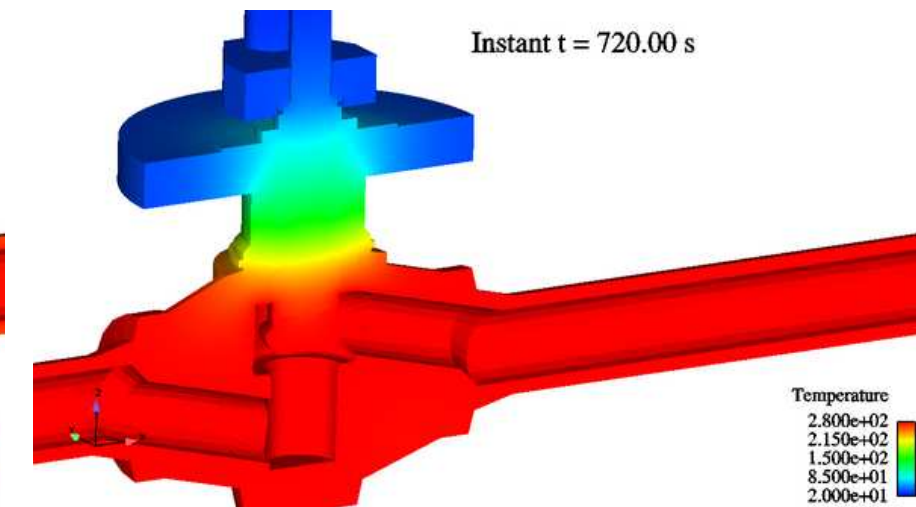
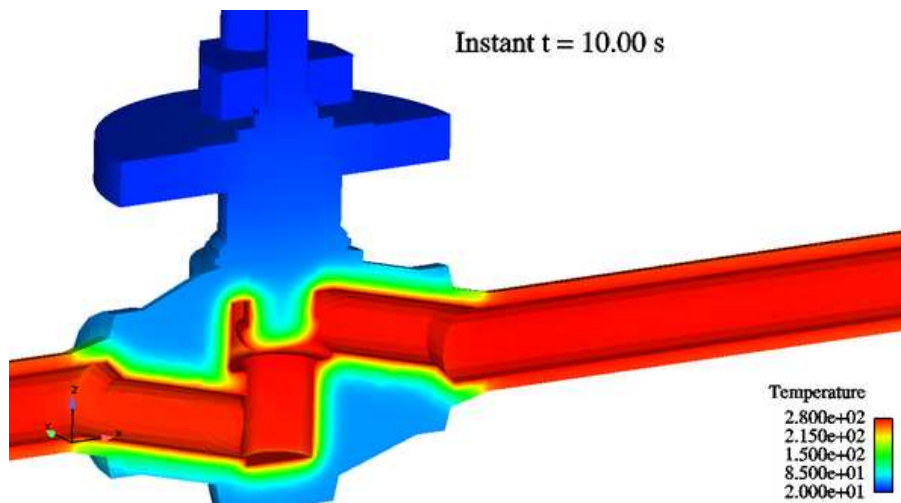
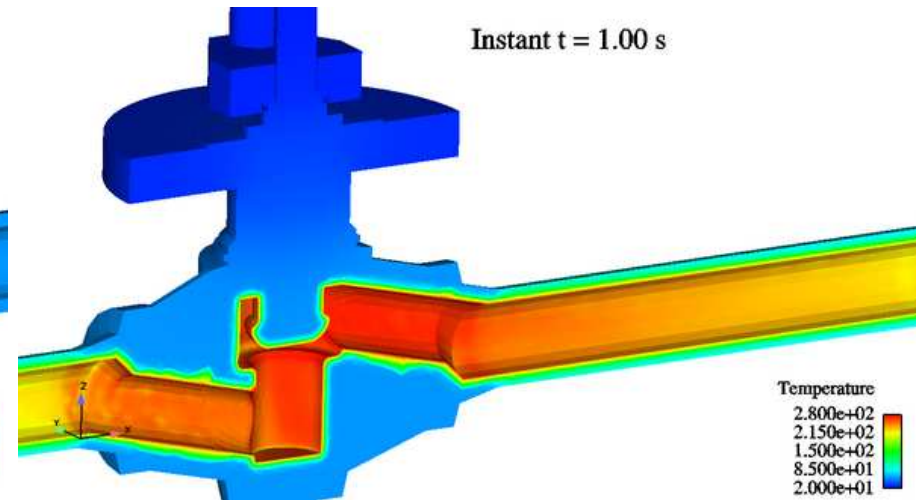
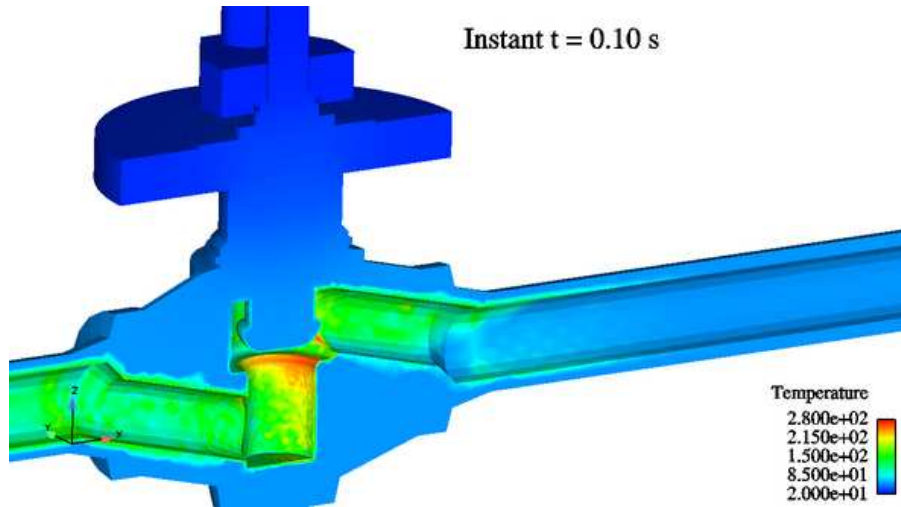
Pistes d'amélioration

- ➔ **mieux estimer le chargement thermique** avec notamment
 - une variation de température du fluide en entrée plus proche de l'expérience
- ➔ **affiner le calcul thermo-mécanique :**
 - calcul élasto-plastique
 - modifier le maillage : maillage quadratique, mailles plus fines

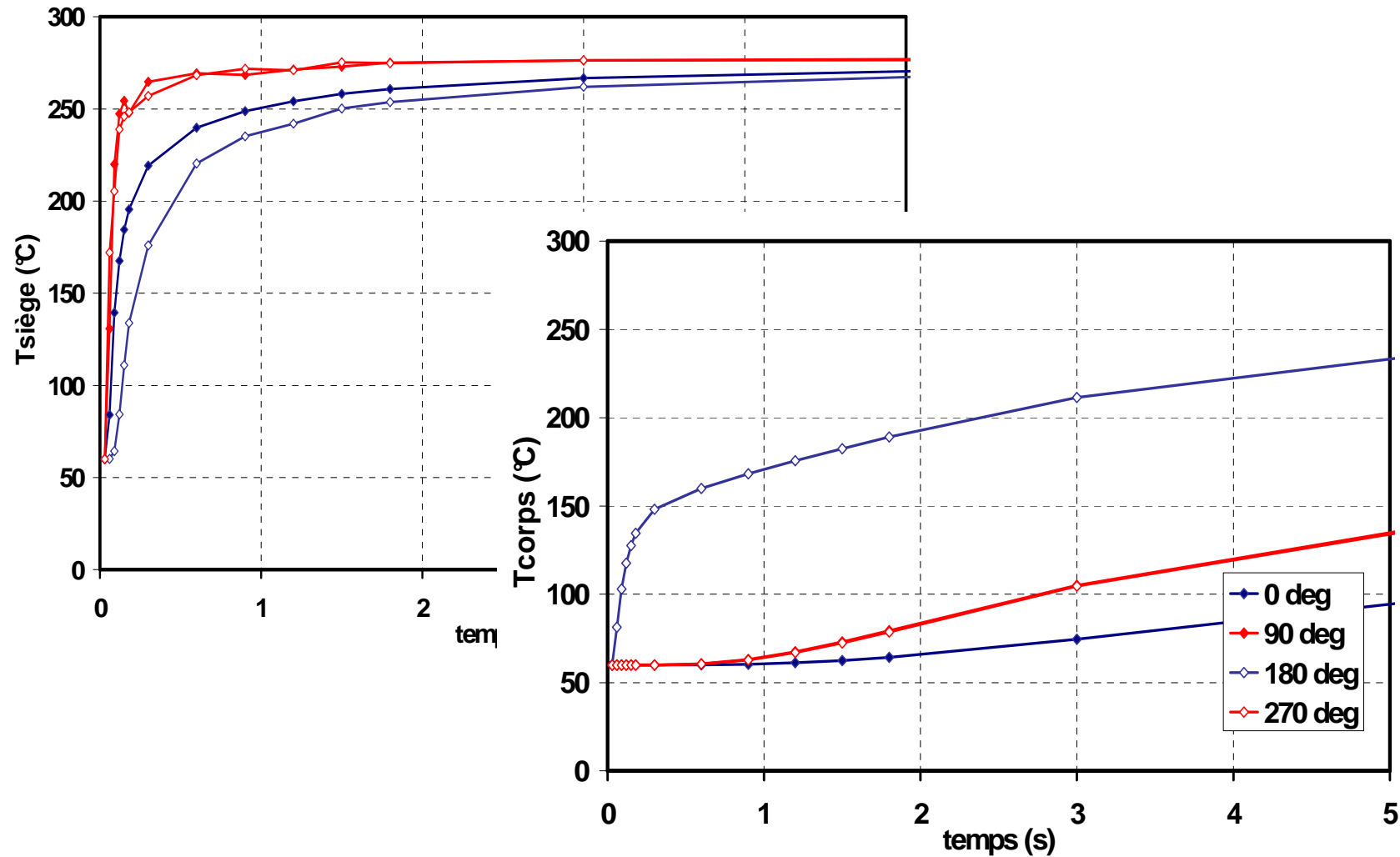




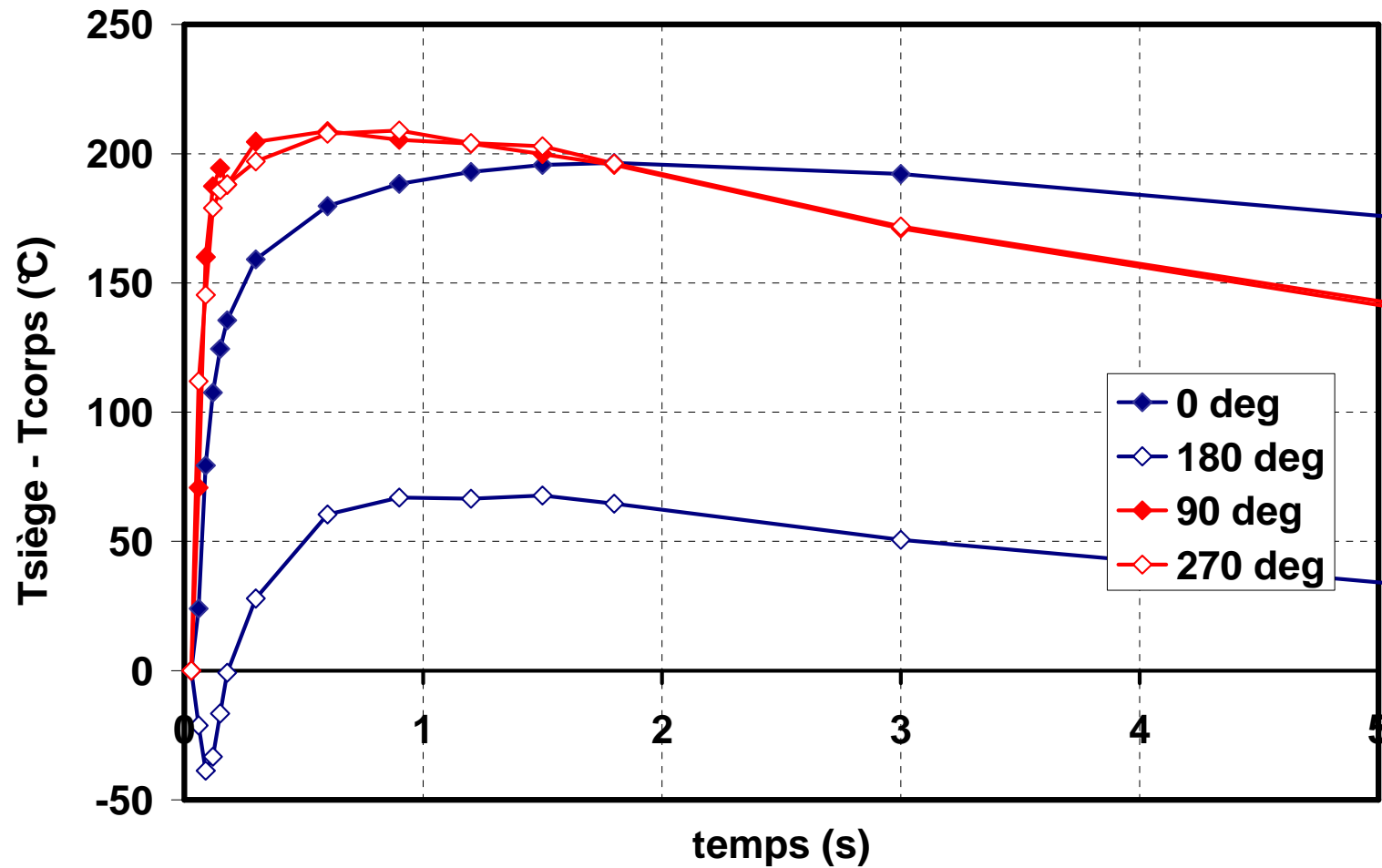
Résultats - calcul thermo-hydraulique



Contraintes dans le siège - calcul thermo-mécanique



Contraintes dans le siège - calcul thermo-mécanique



Contraintes dans le clapet

