

Evaluation des contraintes résiduelles dans les assemblages soudés et amélioration de leur durée de vie par techniques de parachèvement

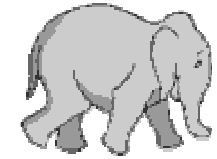
S. Chataigner, L. Dieng, Y. Falaise, M. Grasset

Laboratoire SMC/ Département MAST/ IFSTTAR Nantes

GC 2015, 18-19 Mars 2015.



IFSTTAR



Plan

1. Introduction
2. Investigations expérimentales
3. Investigations numériques
4. Comparaison des résultats dans le cas des assemblages non parachevés
5. Conclusion



1) Introduction

- Contexte

- Un patrimoine important de structures à maintenir.
- La fatigue est la seconde pathologie rencontrée pour ce type de structures (surtout aux niveaux des assemblages: **géométrie** et **présence de contraintes résiduelles**).
- Nécessité de disposer de méthodes d'amélioration du comportement en fatigue des détails critiques.

- Objectifs

- Pouvoir étudier l'influence des paramètres de soudure sur l'état de contraintes post-assemblage (contraintes résiduelles) : modélisation du processus de soudage (utilisation du code aux éléments finis Marc & Mentat).
- Comparer les résultats numériques obtenus aux résultats expérimentaux pour juger de l'adéquation du modèle utilisé.
- Etudier l'influence de plusieurs méthodes de parachèvement sur le comportement en fatigue des assemblages soudés via leur impact sur la géométrie et les contraintes résiduelles.



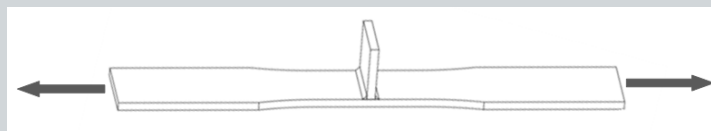
2) Investigations expérimentales

- Echantillons étudiés :

- Géométrie typiquement rencontrée sur les ouvrages: assemblages en T.
- Procédé de soudage: MAG (Metal Active Gaz)
- Une seule passe un côté après l'autre à une vitesse de 7.5 mm/s (tous les échantillons ont été réalisés à partir d'une seule et même tôle initiale et d'un seul raidisseur: l'ensemble a été usiné après assemblage)

- Etudes de méthodes de parachèvement:

- 3 échantillons non traités.
- 3 échantillons meulés au niveau du pied de cordon (sur 0.5 à 0.8 mm d'épaisseur).
- 3 échantillons grenaillés par l'entreprise MIC company (diamètre des billes: 0.3 to 1 mm, vitesse: 50 to 100 m/s)



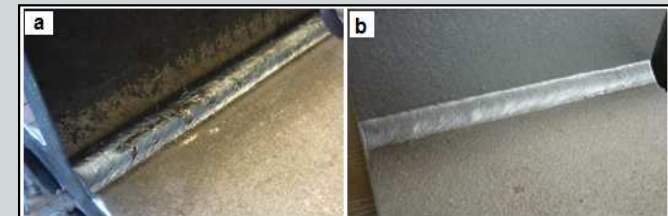
Géométrie des échantillons



Acier S355 J2 – « T Assemblage en T ».

Dimensions :

- 900 x 120 (100) x 15 mm pour la plaque principale.
- 100 x 120 (100) x 15 mm pour le raidisseur.



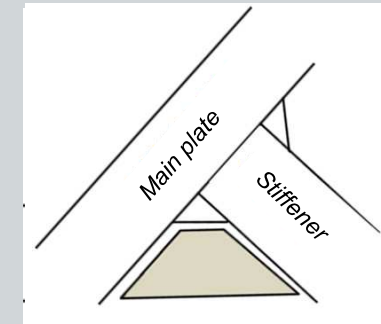
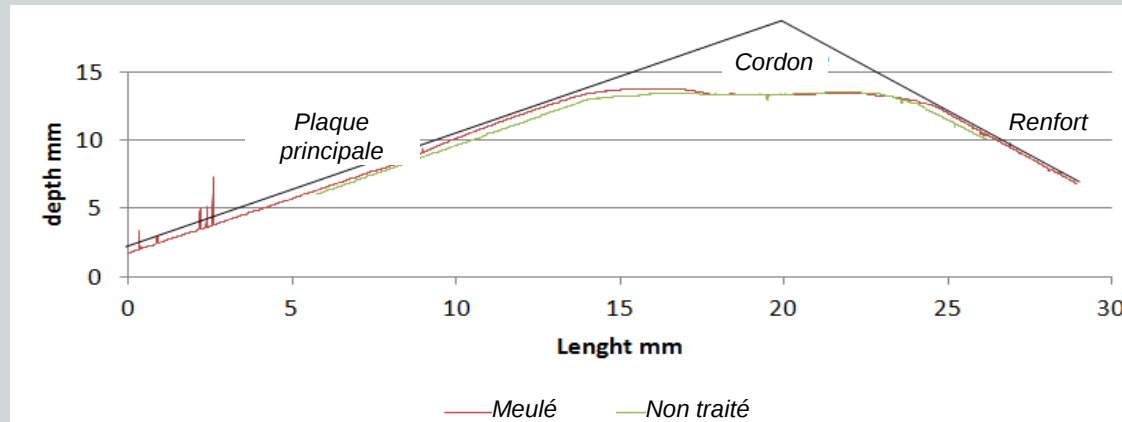
a) Avant grenaillage.

b) Après grenaillage.



Mesures géométriques

Echantillon meulé



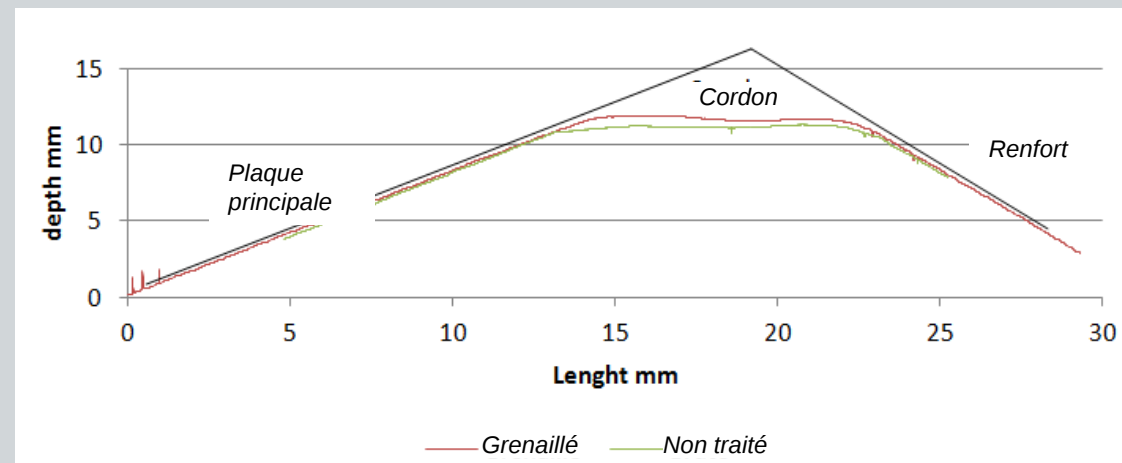
$$K_t(\text{Non traité}) = 2,49$$

$$K_t(\text{Grenaillé}) = 2,35$$

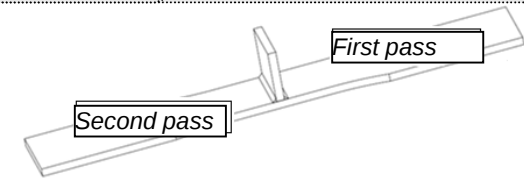
$$K_t(\text{Meulé}) = 2,00$$

(Niu and Glinka, 1987)

Echantillon grenaillé

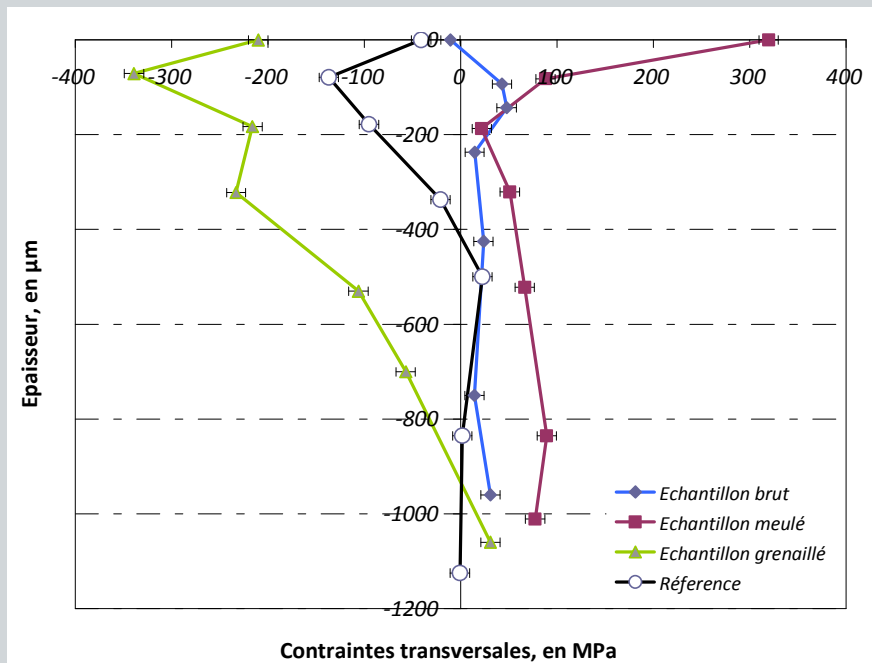
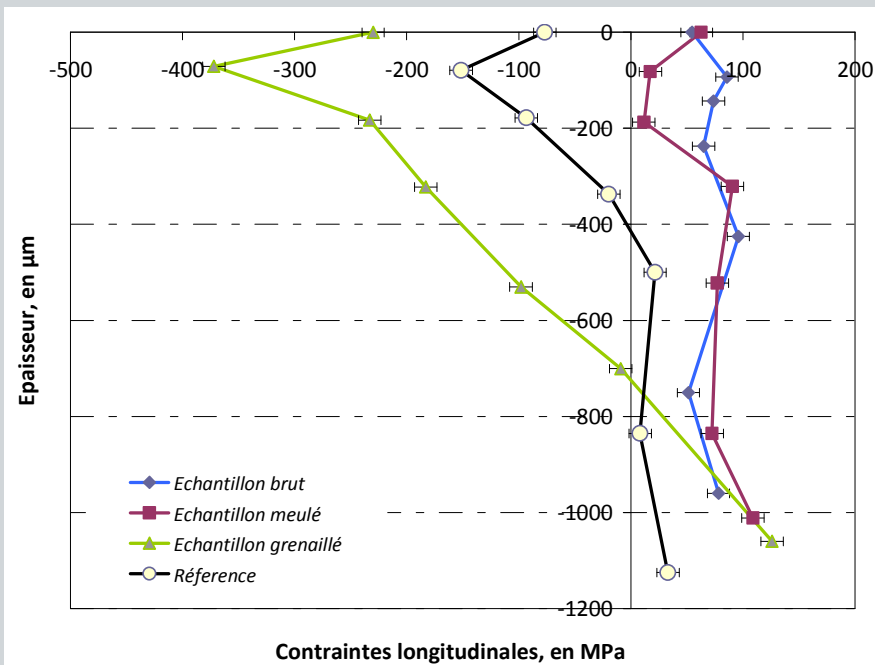


Mesures des contraintes résiduelles

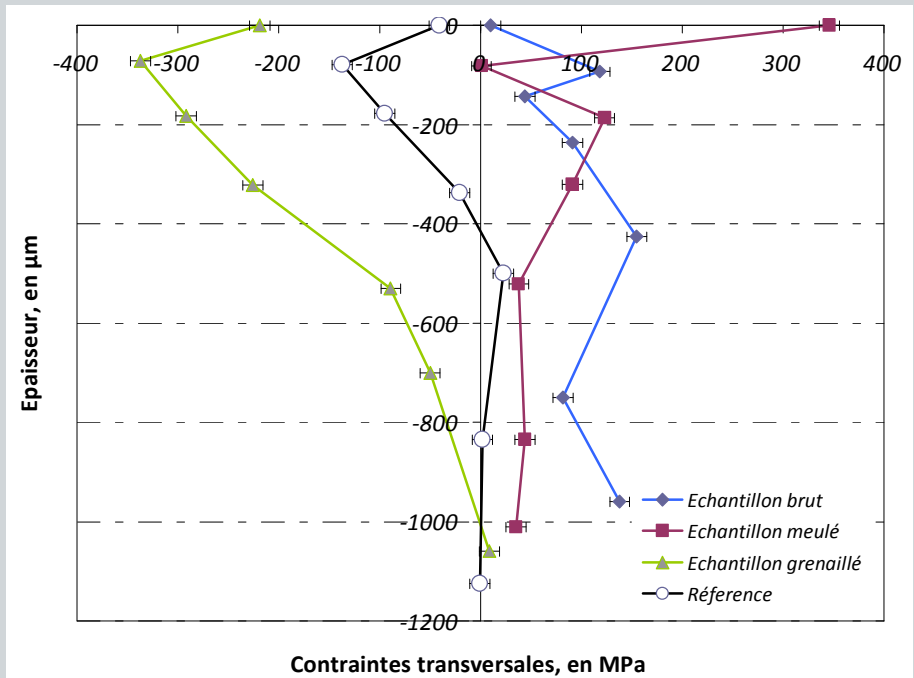
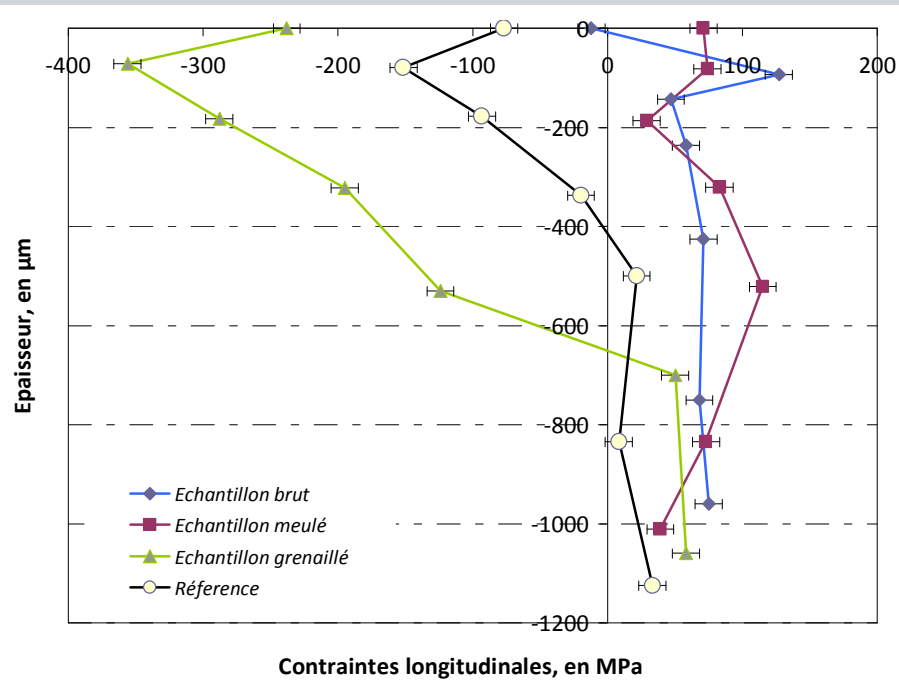


Par diffraction des rayons X: Meliad Company (à 6 mm du pied de cordon, jusqu'à 1 mm de profondeur)

Première passe: point A (à 6 mm du pied de cordon au centre)



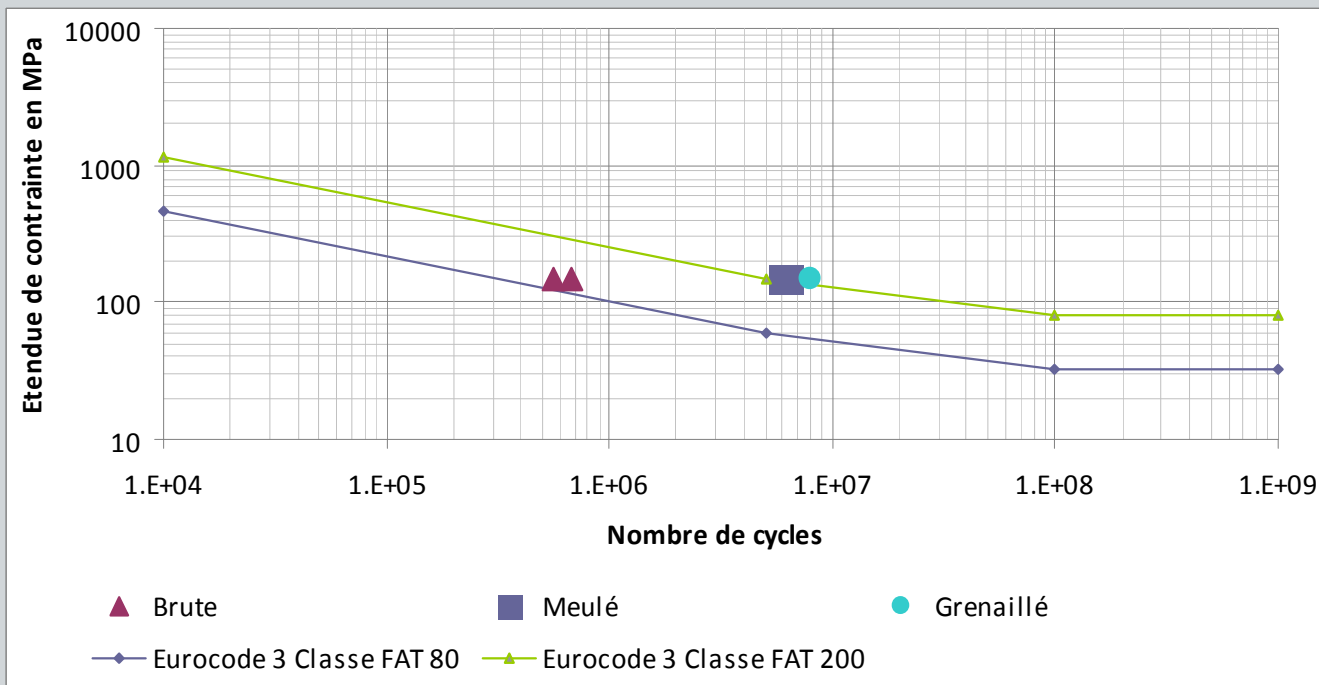
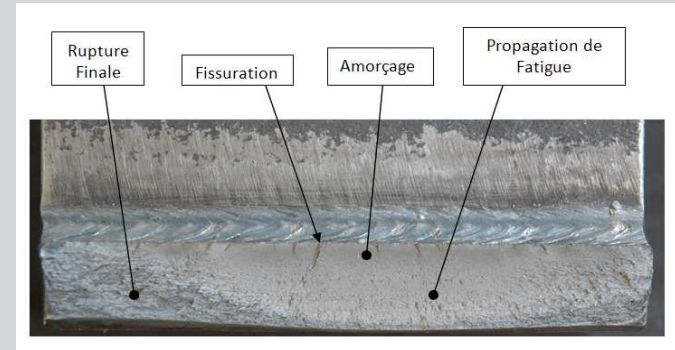
Seconde passe: point B (à 6 mm du pied de cordon au centre)



Réalisation d'essais de fatigue

Premières investigations en fatigue réalisées ($R=0,1$, fréquence de 10 Hz):

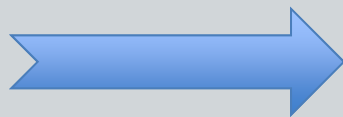
- Echantillon non traité, classe de fatigue = 80 MPa
- Echantillons parachevés > 160 Mpa (classe maximale autorisée dans l'Eurocode 3) (dans les deux cas)



Conclusions concernant le travail expérimental

Efficacité avérée des deux méthodes de parachèvement étudiées:

- **Meulage**: réduit principalement les concentrations de contrainte (K_t).
- **Grenaillage**: agit principalement sur les contraintes résiduelles en permettant la création de contraintes résiduelles de compression en surface.



Amélioration des performances en fatigue de l'assemblage

(quid d'une intervention sur site pendant la durée de vie de la structure?

Quid du contrôle de la mise en œuvre de ces techniques ?)



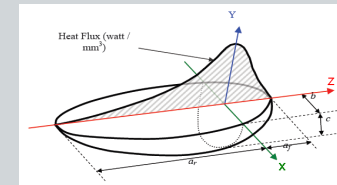
3) Investigations numériques

Utilisation du code Msc Marc Mentat:

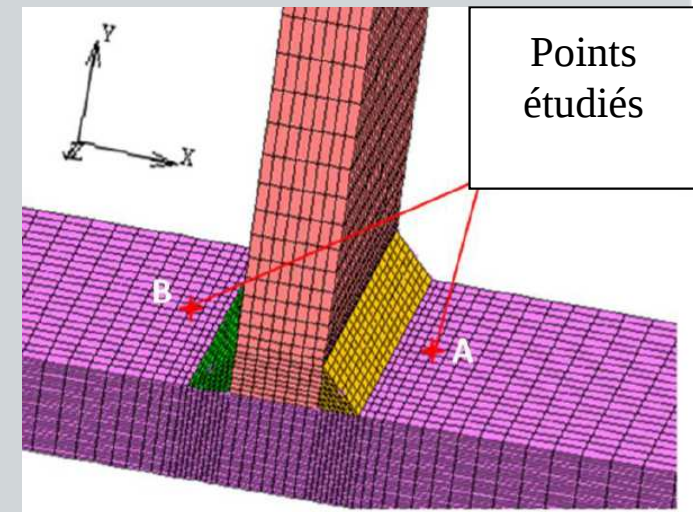
- **Birth and death method**: pour la génération d'éléments pendant l'opération de soudage.
- **Double ellipsoid method**: pour la modélisation du profil de température subit au niveau de la torche de soudage (Goldak, 1984)

Hypothèses:

- Température maximale atteinte: 1200 ° C.
- Prise en compte d'un comportement identique pour l'acier de base et le matériau d'apport (C22: base de donnée de Msc Marc Mentat): dépendance vis-à-vis de la température du module d'Young, du coefficient d'expansion thermique, de la chaleur spécifique, de la conductivité thermique, et du comportement en traction.



Modélisation du profil de température

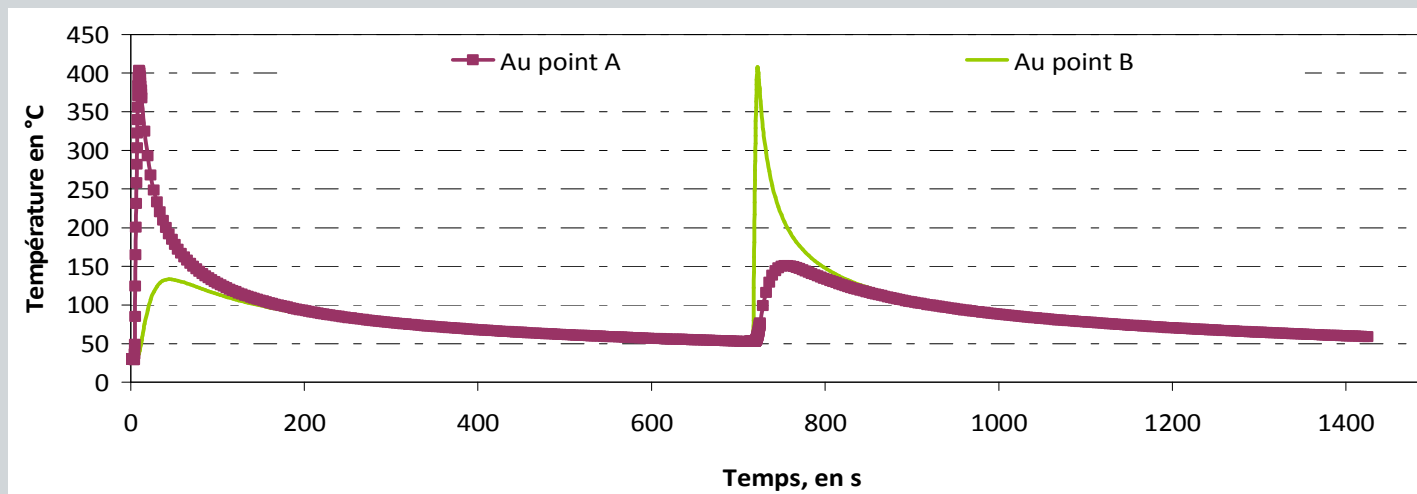


Maillage utilisé



Evolution de la température aux points étudiés

- Les points A et B sont affectés par les deux passes (température maximum atteinte de 250° C)

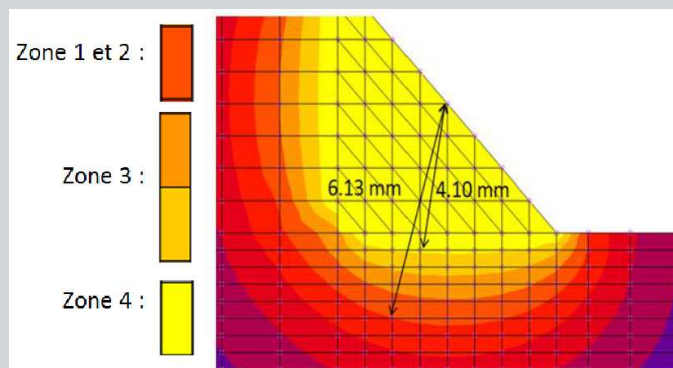


- Observation de la ZAT (Zone Affectée thermiquement)

(600 à 900 ° C)

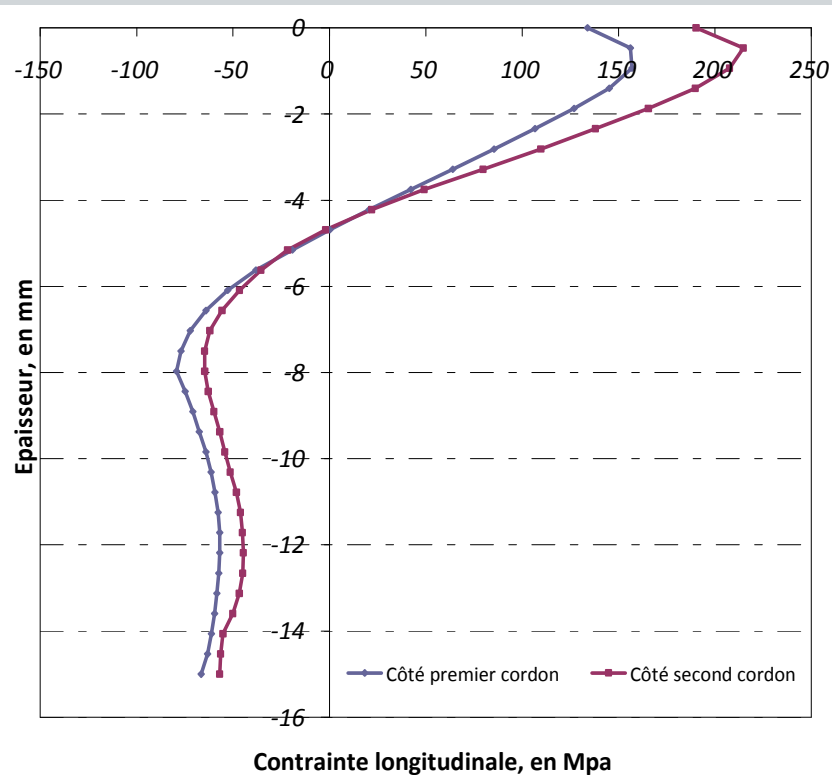
(900 à 1100 ° C)

Au-dessus de
1100 ° C

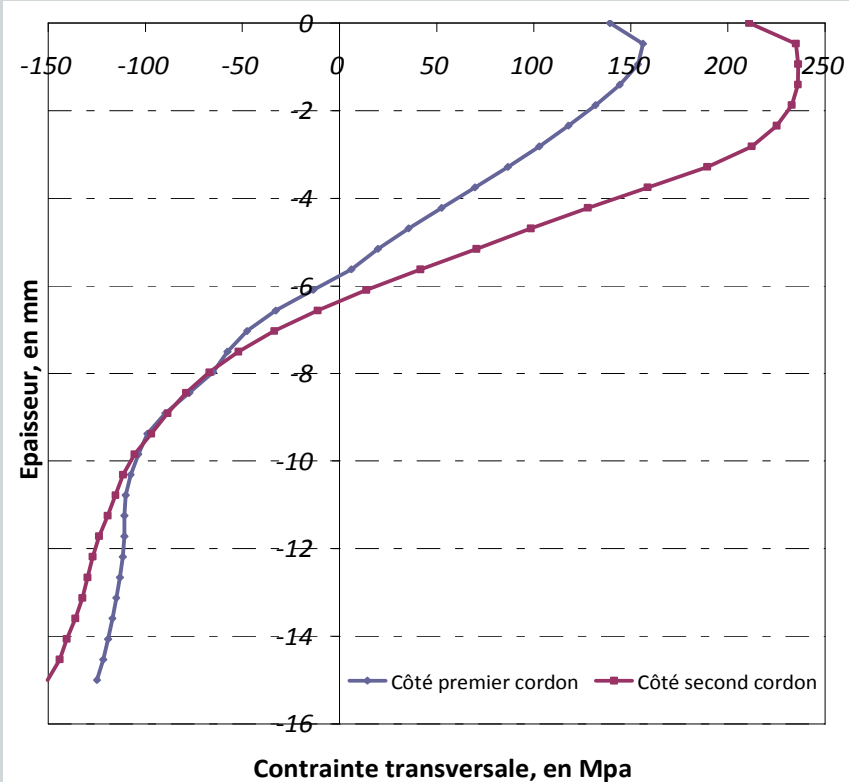


Distribution des contraintes résiduelles

Contraintes longitudinales



Contraintes transversales

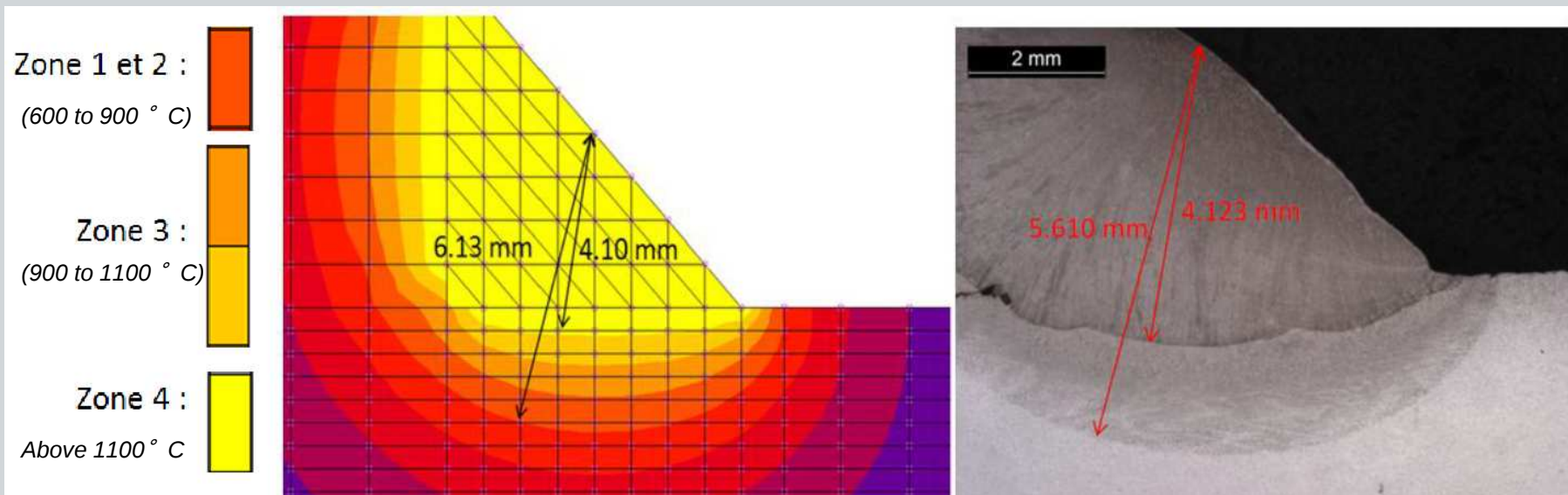


- Résultats similaires à d'autres études (Teng et al., 2001)
- Légère relaxation thermique du côté du premier cordon après la seconde passe



Comparaison des résultats

La ZAT (Zone Affectée Thermiquement)

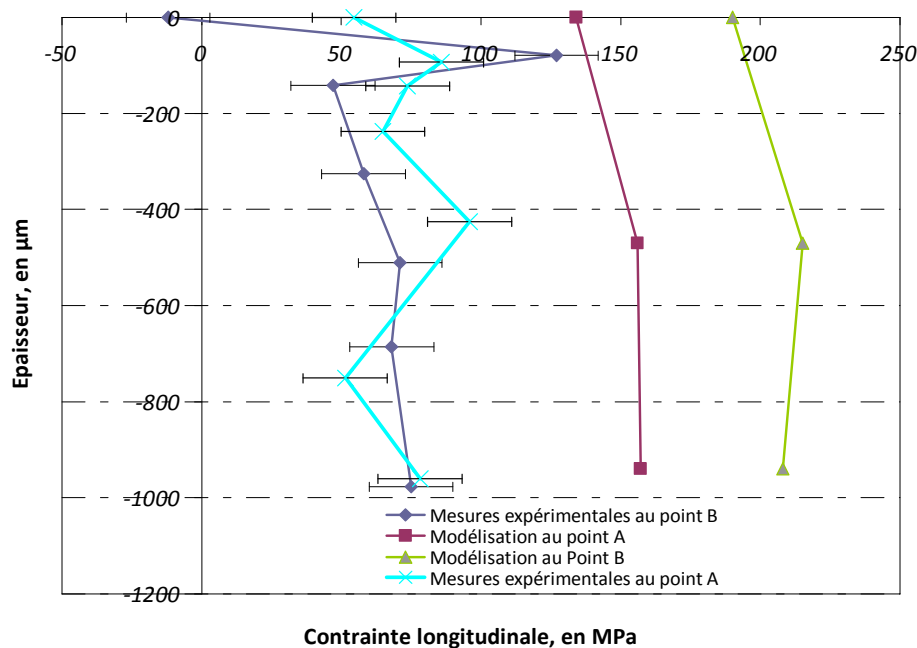


- Résultats similaires en terme de taille de ZAT

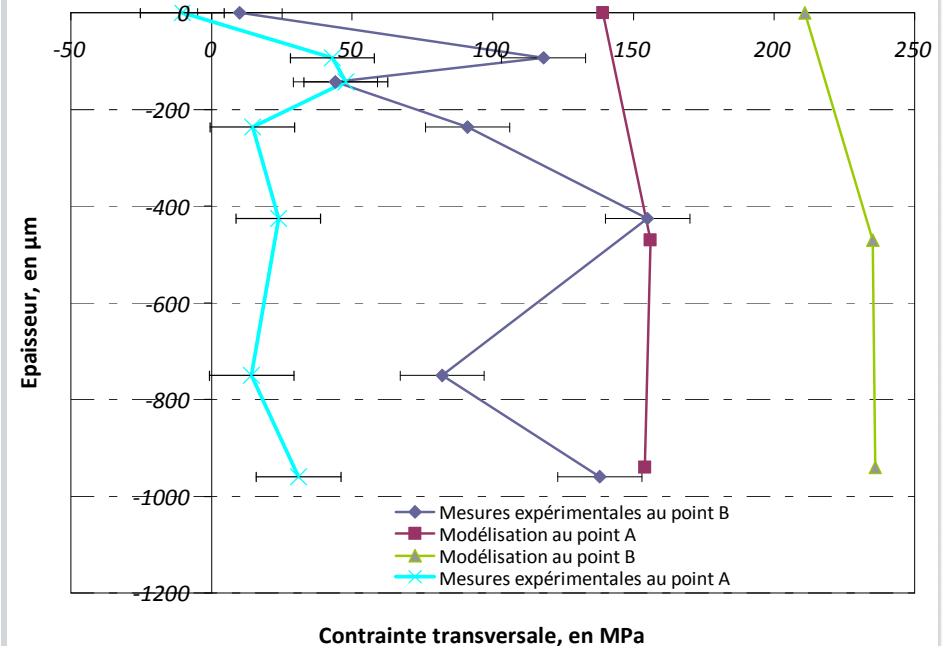


Comparaison des résultats numériques et expérimentaux

Contraintes longitudinales



Contraintes transversales



- Surestimation des contraintes résiduelles par le modèle numérique
 - > Amélioration à apporter: prise en compte de l'état de contraintes résiduelles initial du au procédé de laminage.
 - > Besoin d'un maillage plus fin pour le modèle utilisé.



Conclusions

- **Fatigue des assemblages soudés:**
 - Importance de la géométrie (concentration de contraintes) et du niveau de contraintes résiduelles,
 - Existence de méthodes de parachèvement basée sur l'amélioration de la géométrie ou la diminution/inversion des contraintes,
 - Aucune données n'existe sur l'utilisation de telles méthodes sur site avec le gain apporté en termes géométriques ou de contraintes résiduelles.
- **Détermination des contraintes résiduelles:**
 - Pas de méthodes non destructives applicables sur site,
 - Besoin d'outils adéquats de modélisation,
 - Utilisation du code Msc Marc Mentat dans cette étude. Premiers résultats intéressants mais surestimation du niveau de contrainte résiduelle,
 - Travail en cours sur l'inclusion de l'état de contraintes résiduelles initial.
- **Perspectives:**
 - Besoin de modélisation les opérations de parachèvement pour pouvoir étudier l'impact des paramètres (grenailage dans un premier temps).



Merci de votre attention.

Merci à nos partenaires industriels dans le cadre de cette étude:

MIC Company (www.metalimprovementcompany.co.uk)

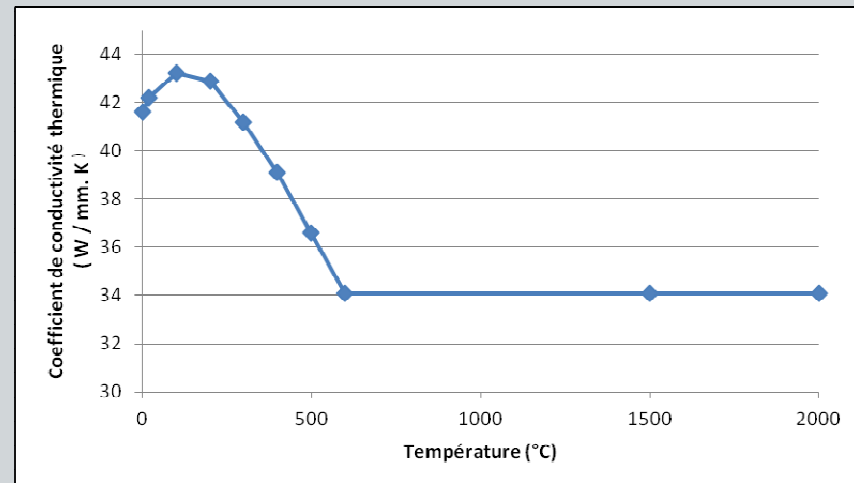
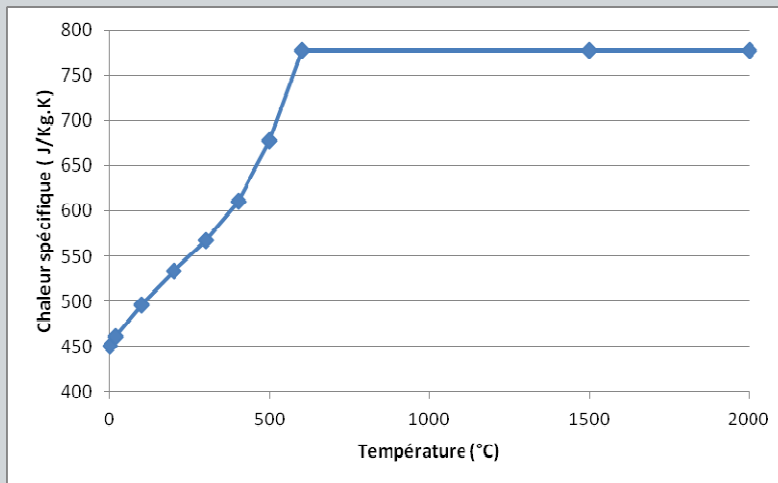
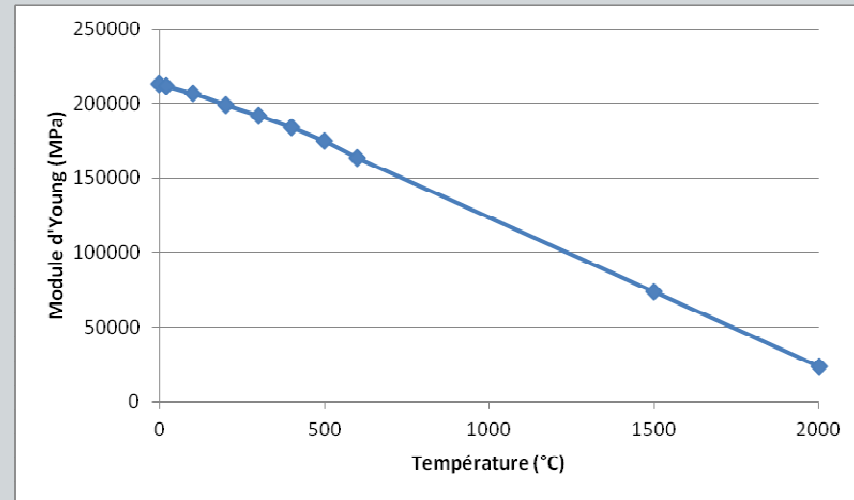
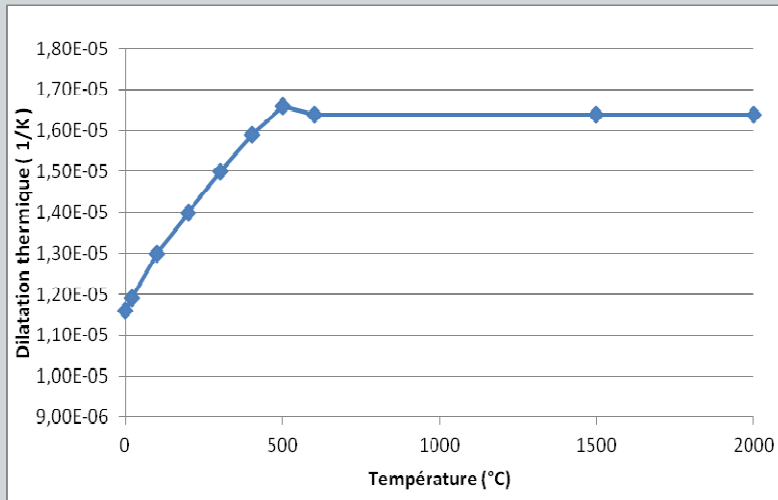
Meliad Company (www.meliad-sas.com)

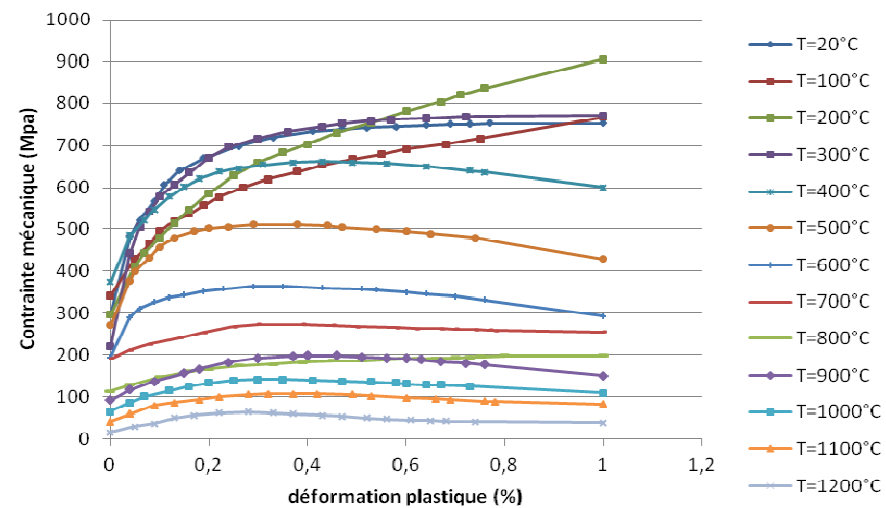
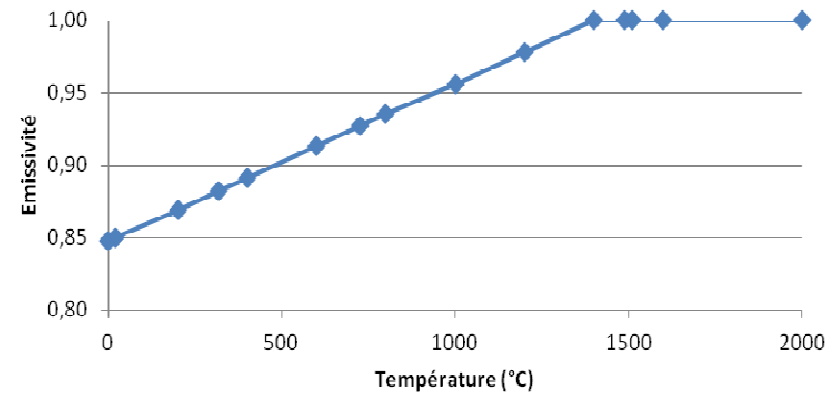
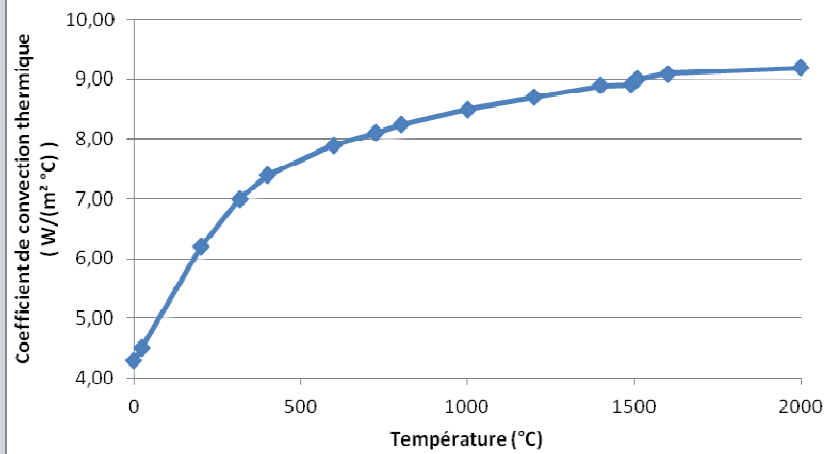
Merci aux deux stagiaires de Master qui ont participé à cette étude (Kevin GUIOT et Victor BERNOALA)

sylvain.chataigner@ifsttar.fr



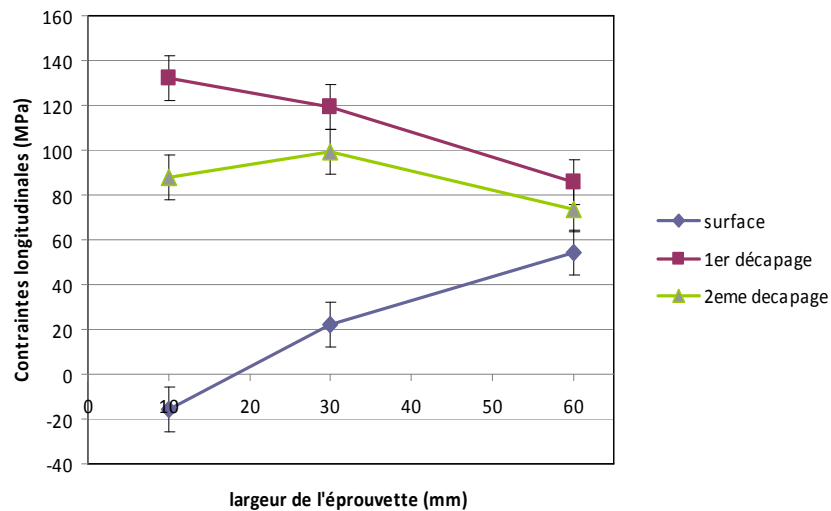
Annexe: Données matériau



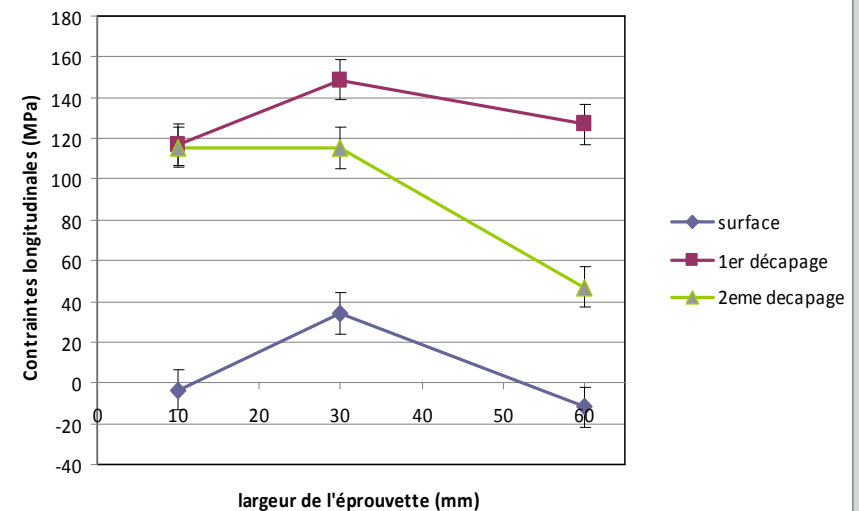


Etude des contraintes résiduelles dans la largeur de l'éprouvette

Contraintes longitudinales le long du cordon
coté A



Contraintes longitudinales le long du cordon
coté B



- Pas de prise en compte de la mesure en surface
- Prise en compte de la mesure au milieu de l'éprouvette

