

PSA PEUGEOT CITROËN

Centre Technique de la Garenne-Colombes



Simulation numérique du soudage chez PSA

22 mars 2012, Journée Simulation Numérique du Soudage : 10 ans de progrès en France, Courbevoie

Ngadia Taha NIANE – DCTC/CMEG/INM/MAHC

Philippe BRISTIEL – DCTC/CIMB/CIFG/UDBO

Antoine MINISINI – DCTC/ICDV/ATRP/ESX

Mathieu MOERCKEL – ALTER SOLUTIONS

Sommaire

Introduction et objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA

Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

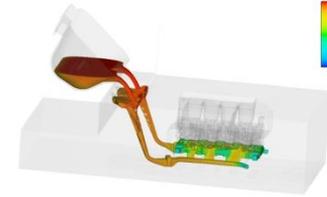
Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

Conclusions & Perspectives

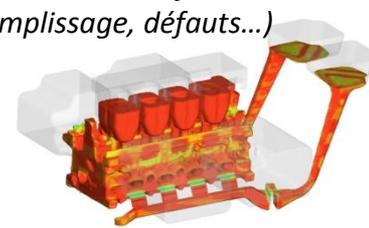
Introduction – Problématique & Objectifs

Les activités de simulation des procédés chez PSA

- ⇒ Fonderie gravité, sous pression (FLOW3D)
- ⇒ Traitements Thermiques et Thermo-chimiques (FLUENT, FIRE, SYSWELD)
- ⇒ Soudage (SYSWELD)
- ⇒ Forge (FORGE)
- ⇒ Usinage (S4M, NESSY)
- ⇒ Divers (ABAQUS) : Galetage, grenailage, frettage...

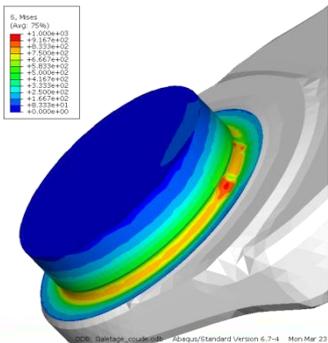


Simulation de la fonderie
(remplissage, défauts...)



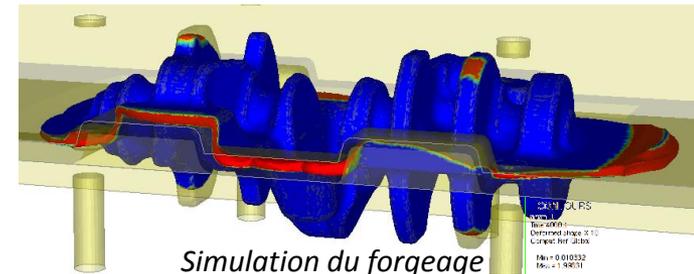
Objectif :
Modélisation au plus
proche de la physique

Simulation du galetage des
gorges de vilebrequins
(contraintes résiduelles...)



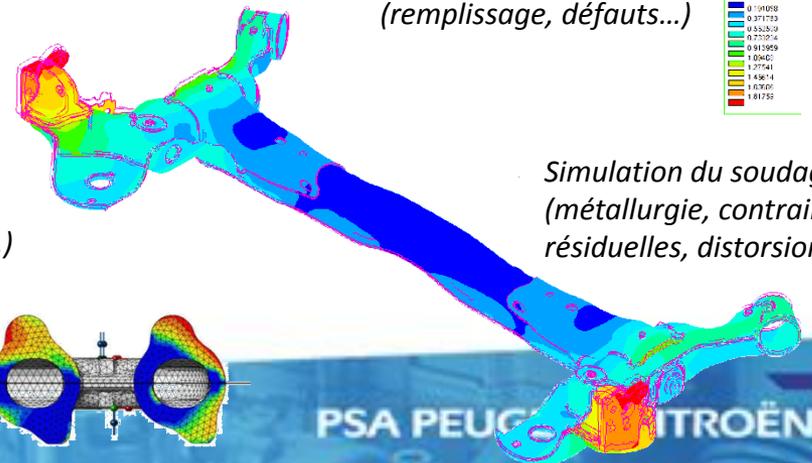
PSA Peugeot Citroën - ABAQUS/Standard Version 6.7-4 - Mon Mar 23
C:\Users\peug\Documents\PSA\...
Simulation de l'usinage

Simulation de l'usinage
(défauts de surface, planéité...)



Simulation du forgeage
(remplissage, défauts...)

Simulation du soudage
(métallurgie, contraintes
résiduelles, distorsions...)



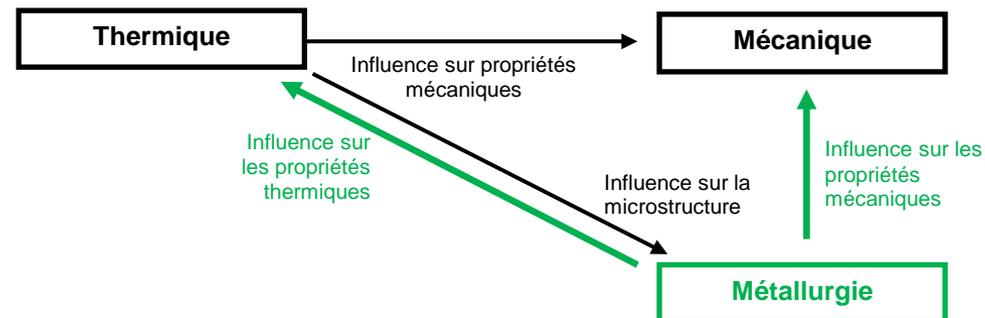
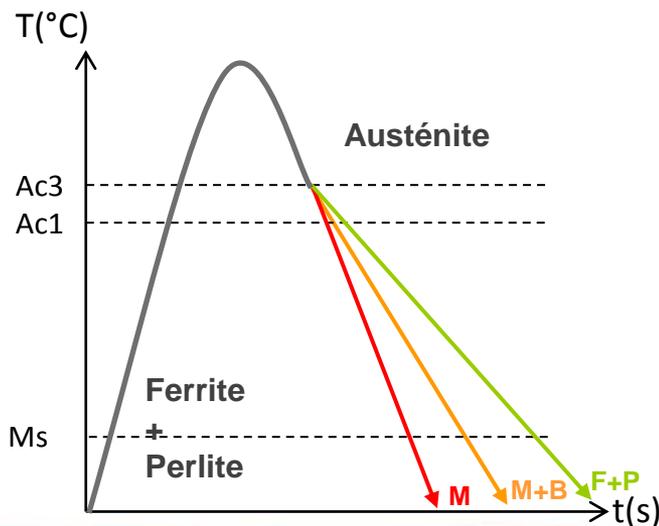
Introduction – Problématique & Objectifs

La problématique

Les procédés de soudage génèrent :

- ⇒ Des **déformations** (distorsions) → défauts géométriques
- ⇒ Des **contraintes résiduelles** → problèmes de tenue mécanique
- ⇒ Des **modifications de la microstructure métallurgique** → problèmes de tenue mécanique

Les contraintes résiduelles et distorsions proviennent des déformations plastiques hétérogènes générées par le procédé (gradients thermiques, gradients métallurgiques, efforts externes...) ainsi que des différences de volume des phases métallurgiques



Introduction – Problématique & Objectifs

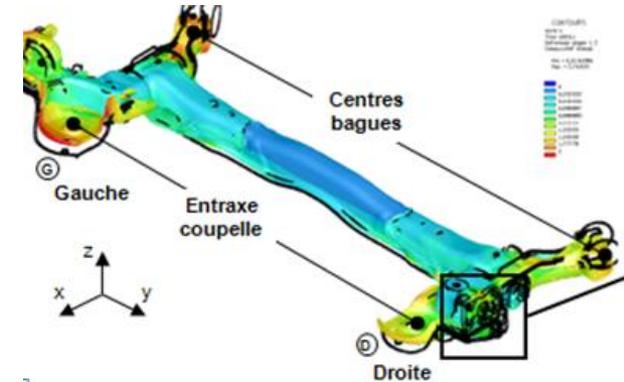
Objectifs de la simulation numérique

- ⇒ **Aide à la mise au point (MAP)** et à l'optimisation des procédés :
 - ⇒ Réduction du nombre d'essais pour mise au point
 - ⇒ Réduction des dispersions et rebuts (diminution des distorsions)
 - ⇒ Amélioration des résultats du traitement (propriétés méca. finales, contraintes résiduelles...)
 - ⇒ Mise au point de nouveaux traitements

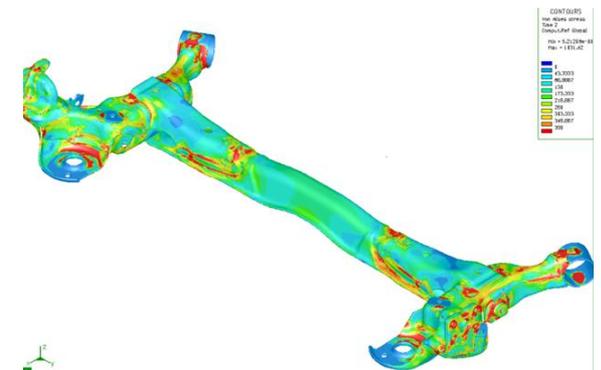
- ➔ Simulation Thermo-métallo-mécanique (SYSWELD)
 - ➔ Résultats attendus : Déplacements, CR, propriétés mécaniques finales

- ⇒ **Dimensionnement** avec prise en compte des résultats du procédé :
 - ⇒ Conception produit-process robuste

- ➔ Simulation Thermo-métallo-mécanique (SYSWELD) + Calcul chargement (SYSWELD ou ABAQUS) + Post-traitement tenue en fatigue (Dang Van)
 - ➔ Résultats attendus : CR, déformations plastiques, propriétés mécaniques finales



1



Sommaire

Introduction et objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA

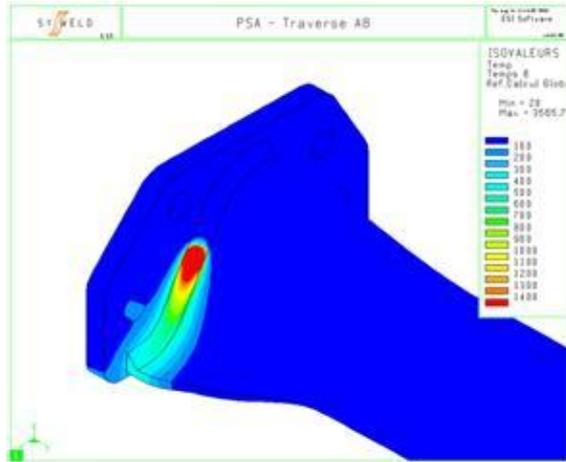
Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

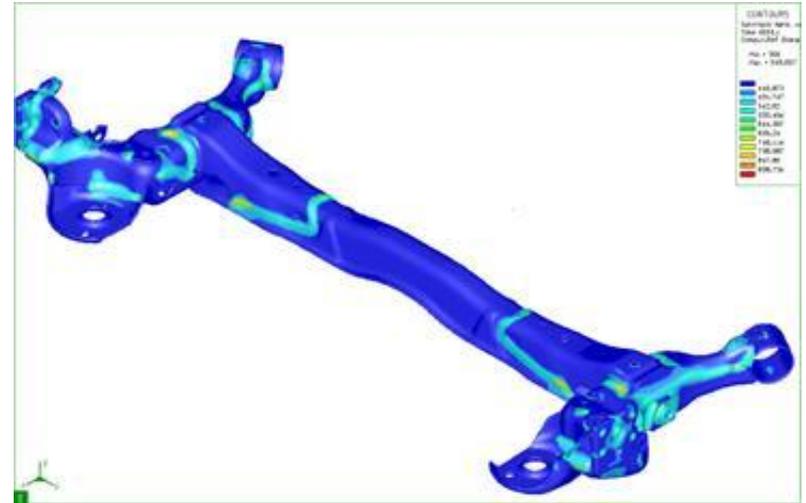
Conclusions & Perspectives

Introduction – Problématique & Objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA



Traverse arrière A8, **6 cordons**
(SYSWELD, 2003)

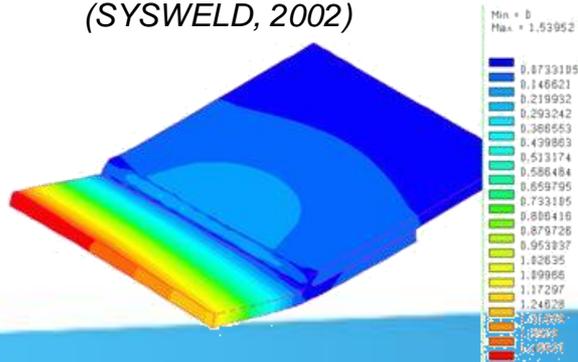


Traverse arrière A51, **90 cordons**
(SYSWELD, 2010)

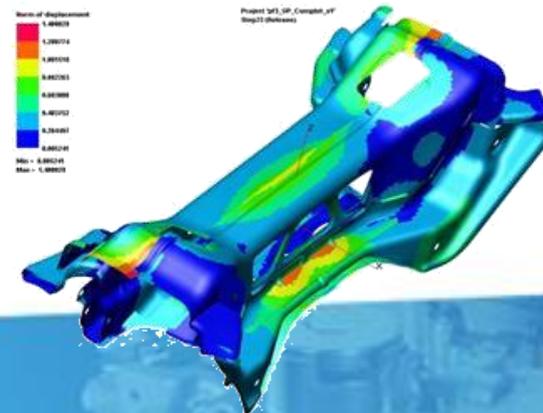
2001
1ers travaux



Eprouvette à clin, **1 cordon**
(SYSWELD, 2002)

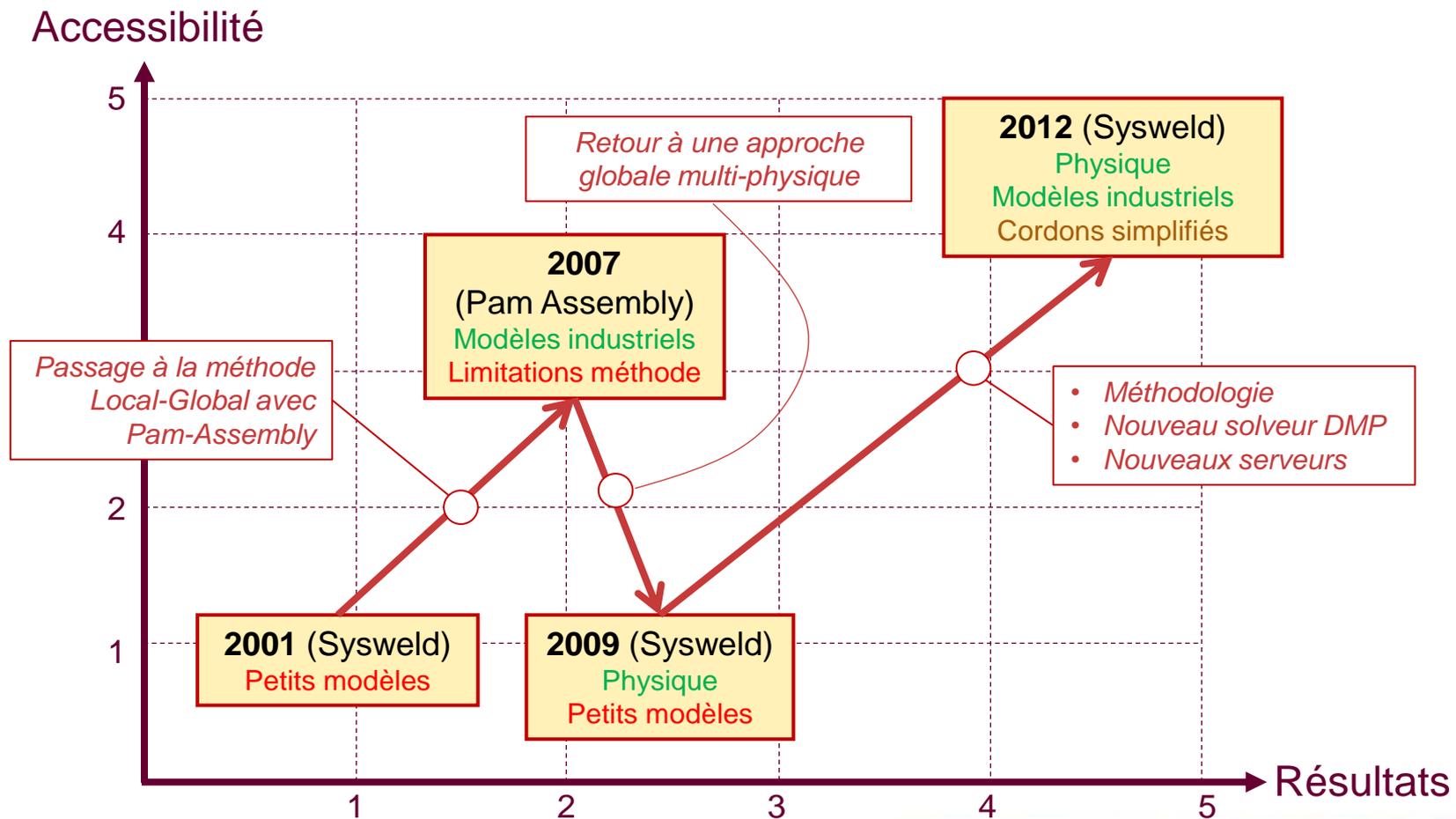


Berceau PF3, **42 cordons**
(PAM ASSEMBLY, 2007)



Introduction – Problématique & Objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA



Sommaire

Introduction et objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA

Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

Conclusions & Perspectives

Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

3 Chaines de calculs possibles

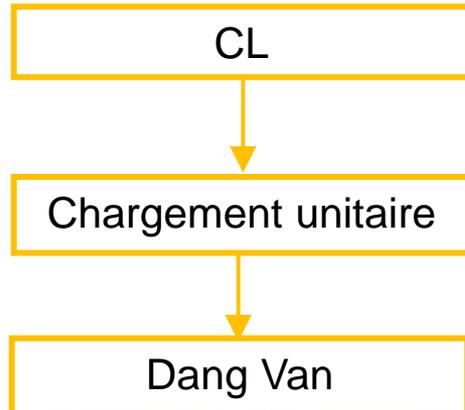
Hypothèse : les paramètres (τ_0 et α) de Dang Van sont constants

- Filière Abaqus
- Filière Sysweld
- Filière Sysweld + Abaqus (métallurgie non transférée)

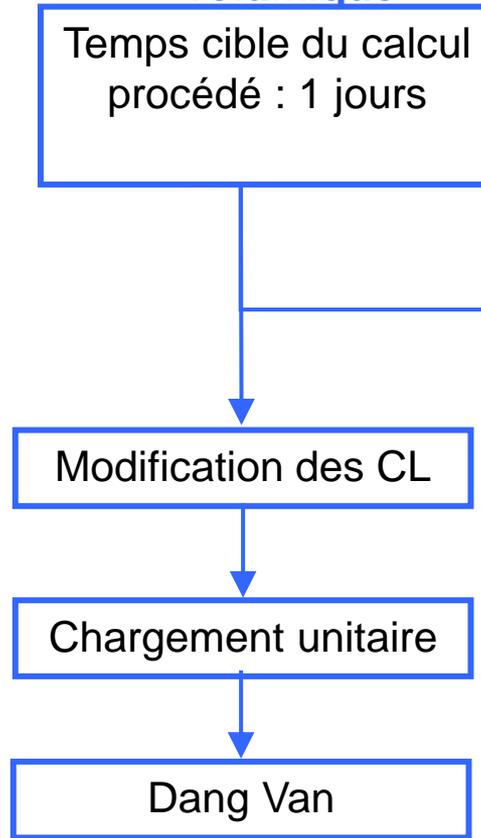
- Critère Dang Van
 - $N = 10^6$ cycles
 - $R = -1$
 - $P = 99.9\%$ (-3σ)

Abaqus maillage coque

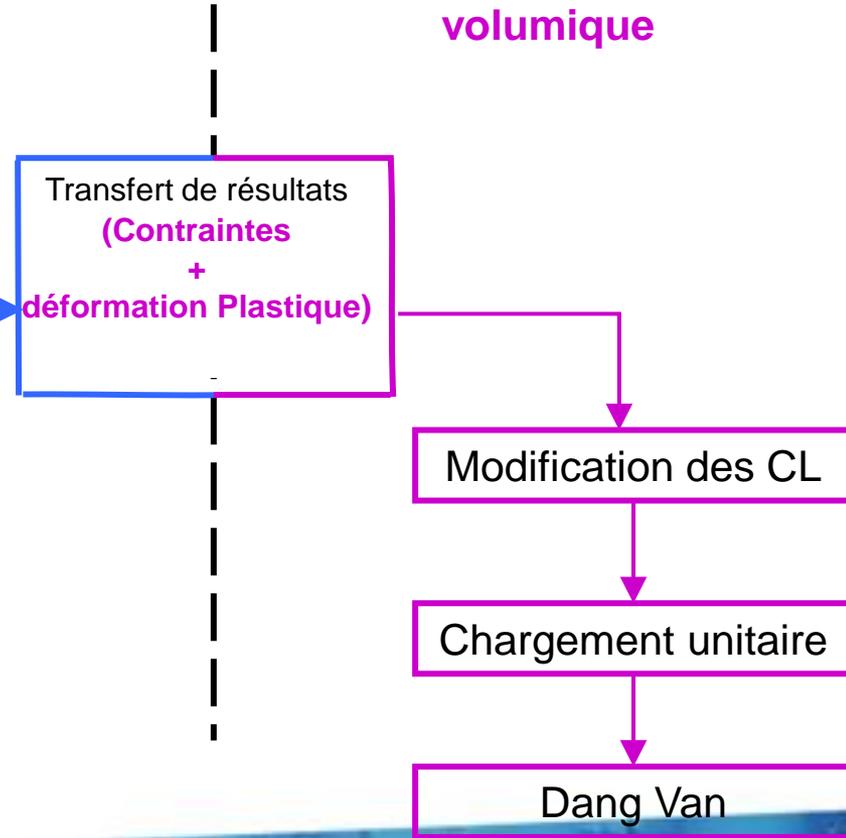
Méthode d'avant :
Non prise en compte en 3D de la géométrie des cordons
Procédé de soudage non simulé (prise en compte du procédé via données matériaux)



Sysweld maillage volumique



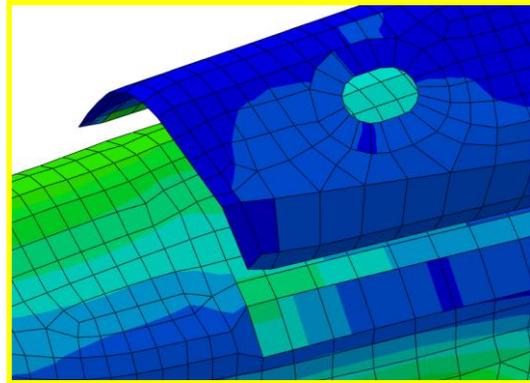
Abaqus maillage volumique



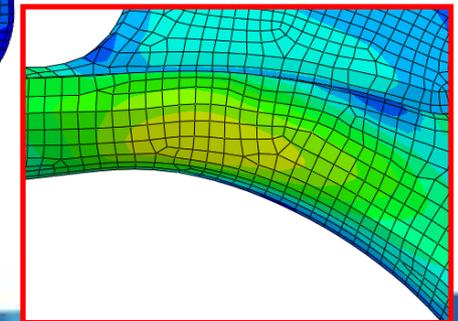
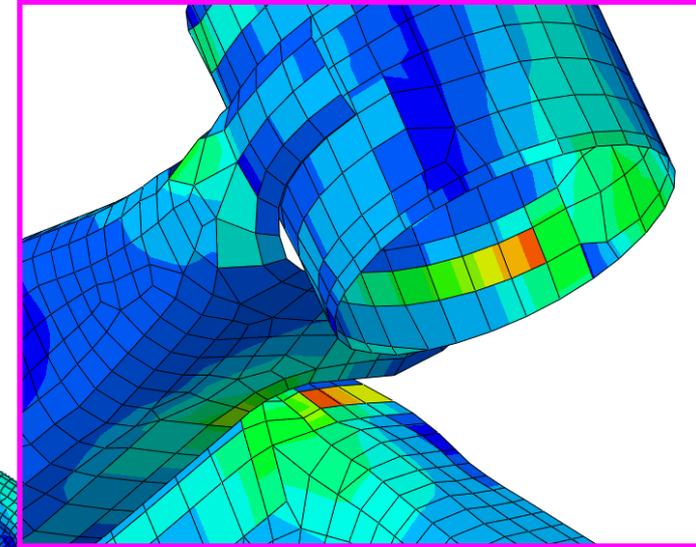
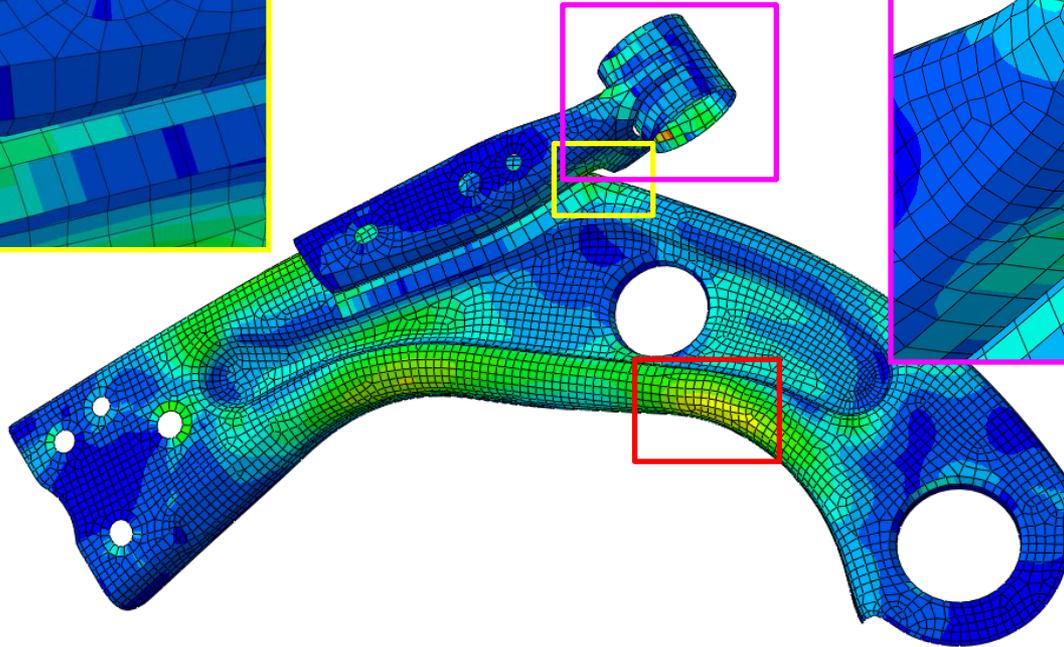
Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle: filiale Abaqus maillage coque

Calcul tenue en fatigue sans prise en compte des contraintes résiduelles



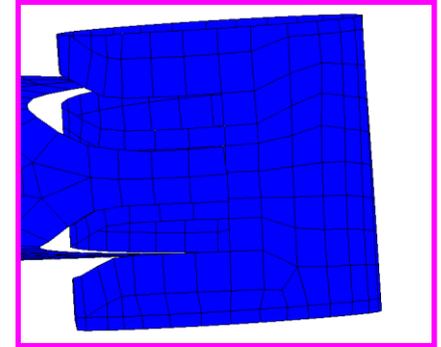
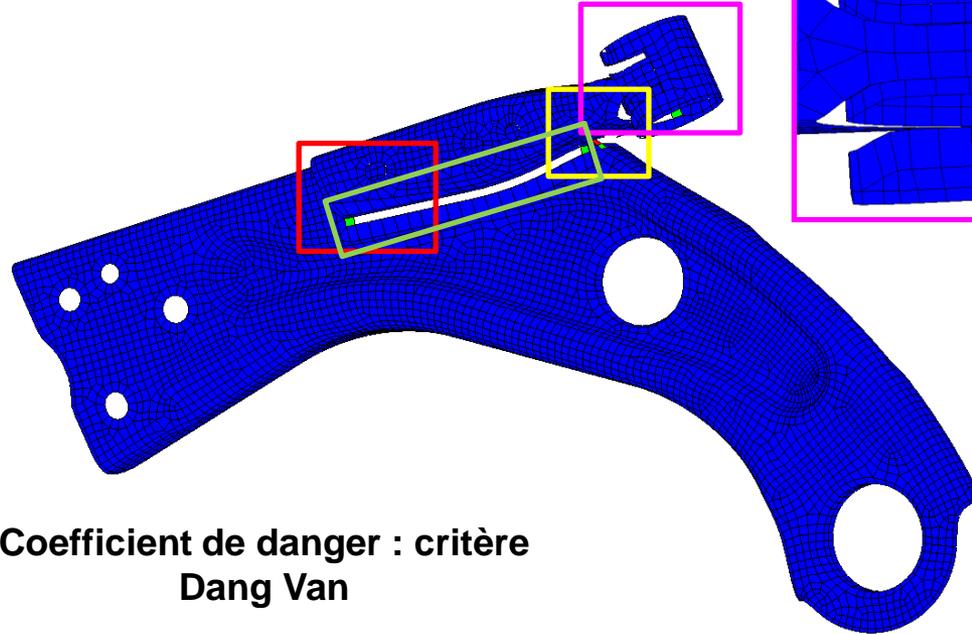
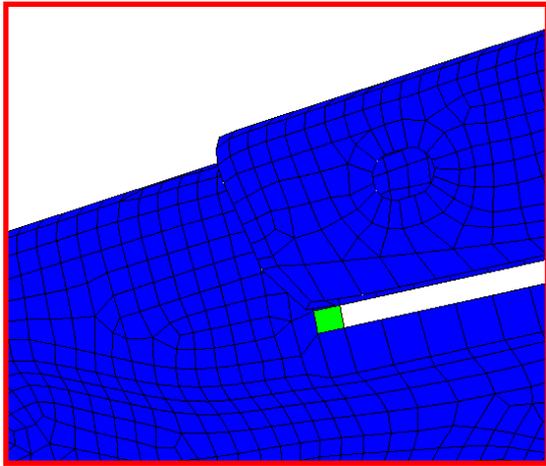
Contrainte de Von Mises



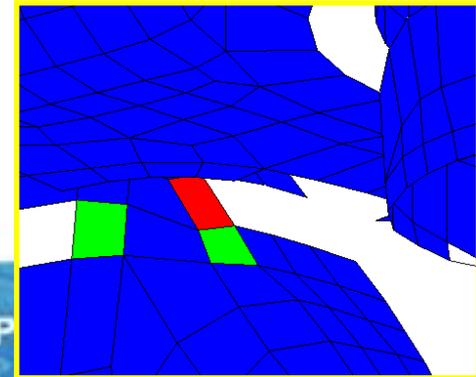
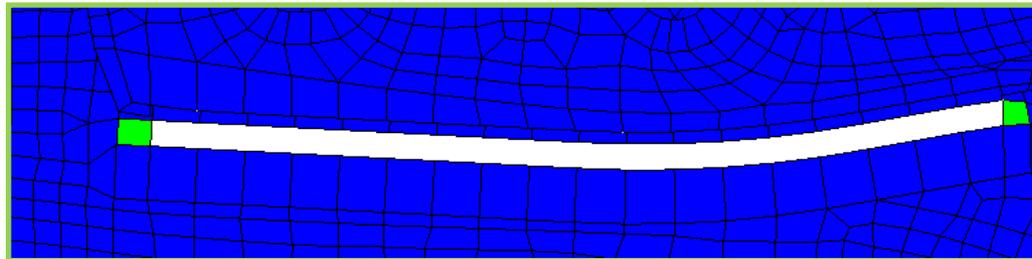
Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle: filière Abaqus maillage coque

Calcul tenue en fatigue sans prise en compte
des contraintes résiduelles



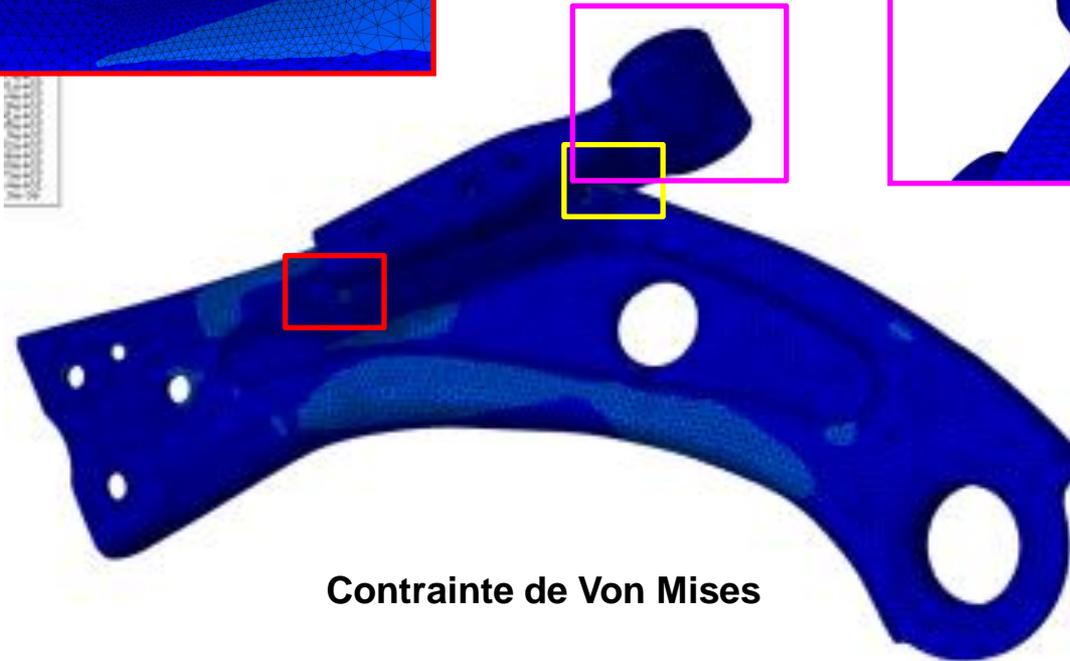
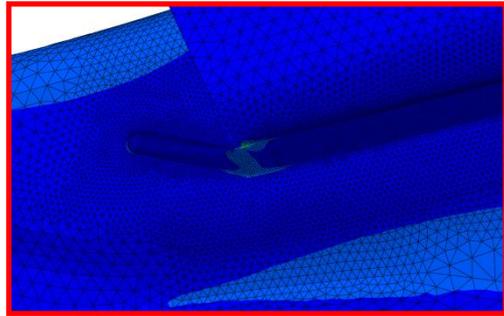
Coefficient de danger : critère
Dang Van



Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle: filière Abaqus maillage volumique

Calcul tenue en fatigue sans prise en compte des contraintes résiduelles



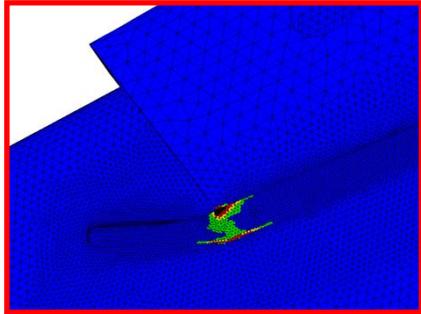
Contrainte de Von Mises



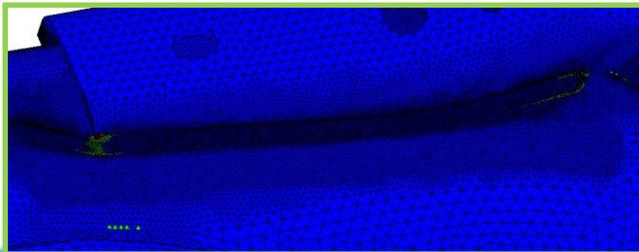
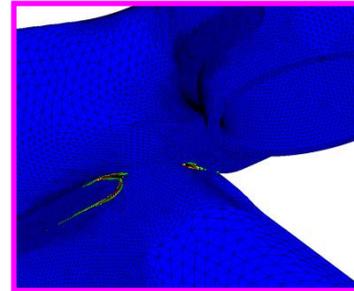
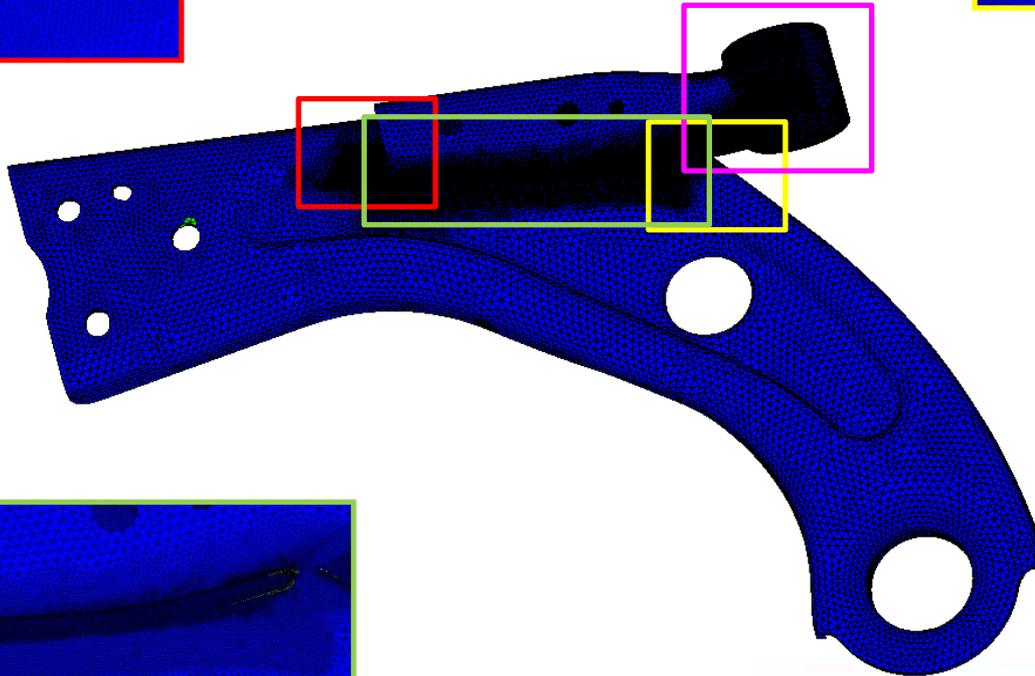
Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle: filière Abaqus maillage volumique

Calcul tenue en fatigue sans prise en compte des contraintes résiduelles

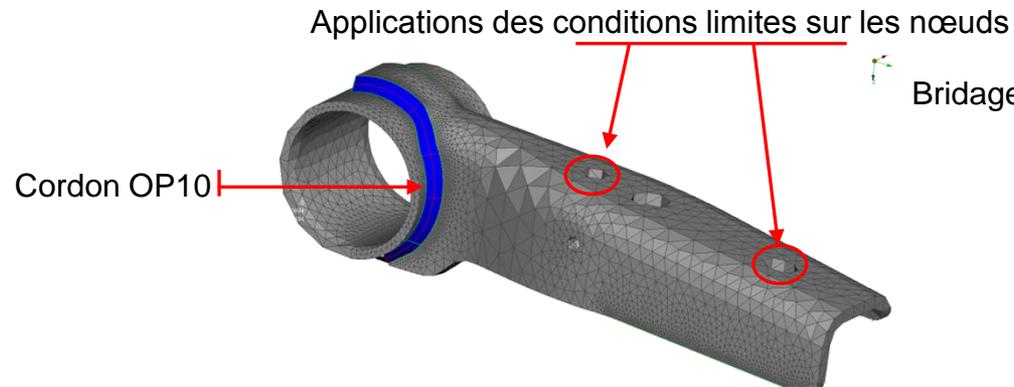


Coefficient de danger :
critère Dang Van



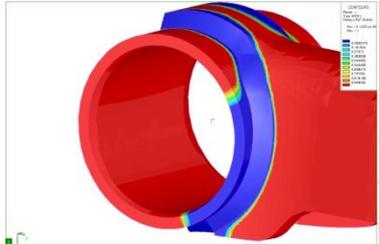
Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle soudage

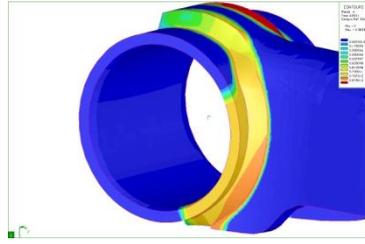


Etat métallurgique en fin de soudage

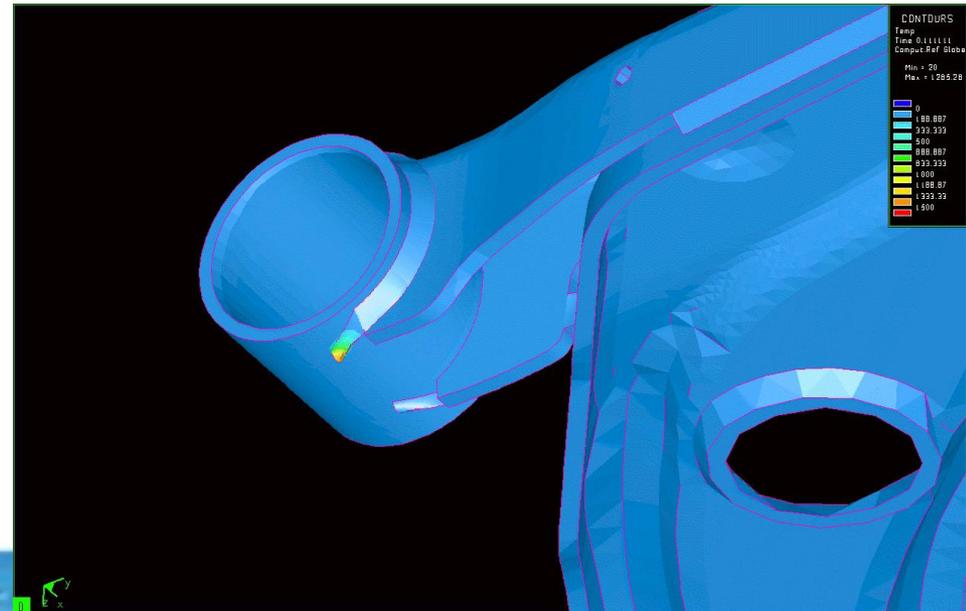
Ferrite



Bainite

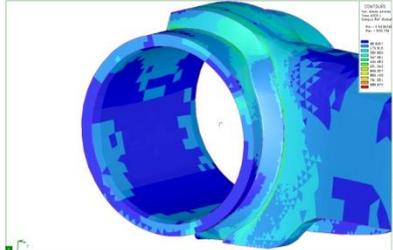


Evolution des températures lors des opérations de soudage

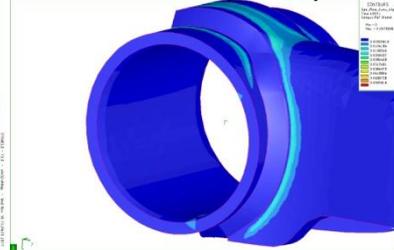


Résultats mécaniques en fin de soudage

Contraintes de Von Mises

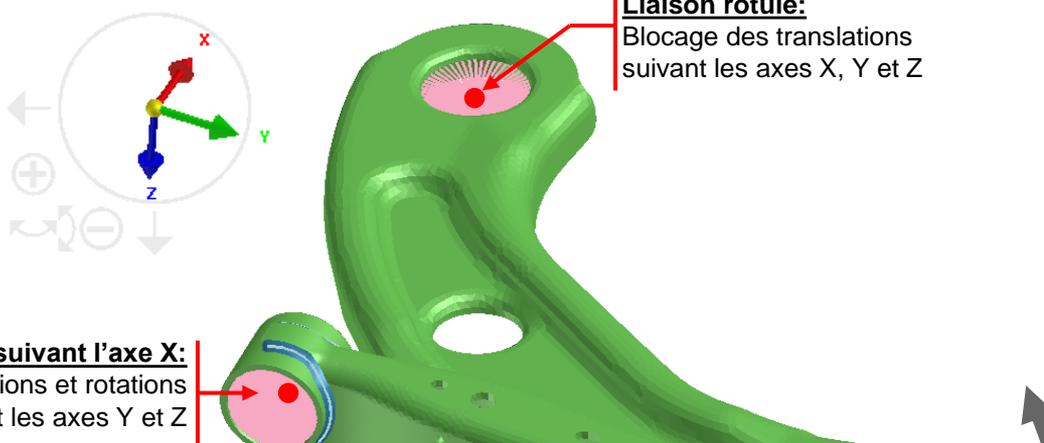


Déformations plastiques



Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Triangle : filière Sysweld-Abaqus



Liaison rotule:
Blocage des translations
suivant les axes X, Y et Z

Liaison pivot glissant suivant l'axe X:
Blocage des translations et rotations
suivant les axes Y et Z

Effort dans le plan XY:
= F1 N
= F2 N

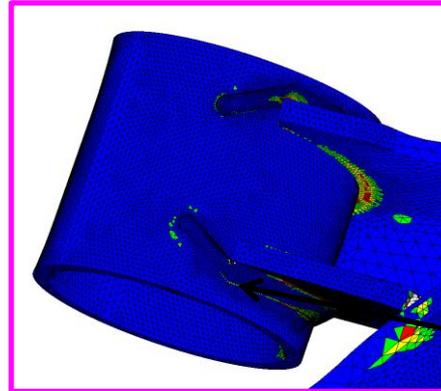
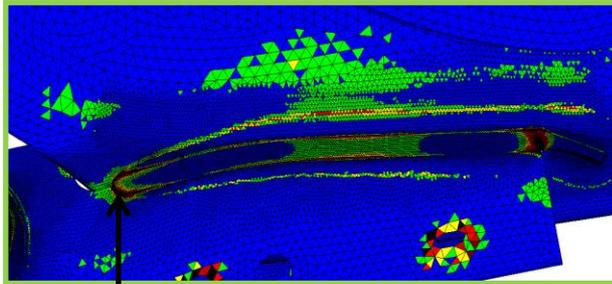
**Le calcul de tenue démarre avec l'état mécanique
calculé précédemment**



Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

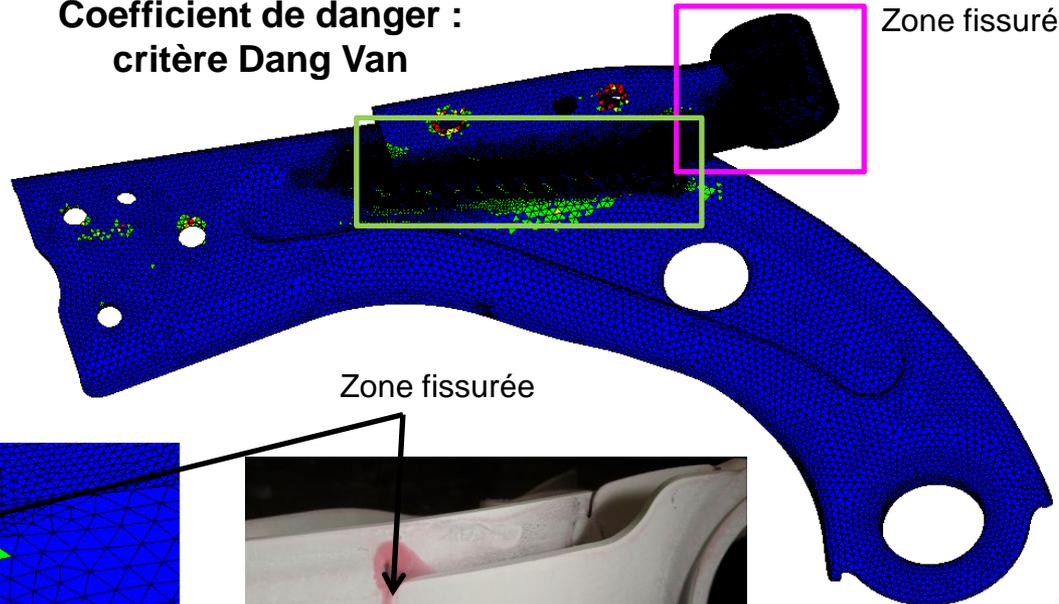
Cas industriel : Triangle: filiale Sysweld-Abaqus

Calcul tenue en fatigue avec prise en compte des contraintes résiduelles



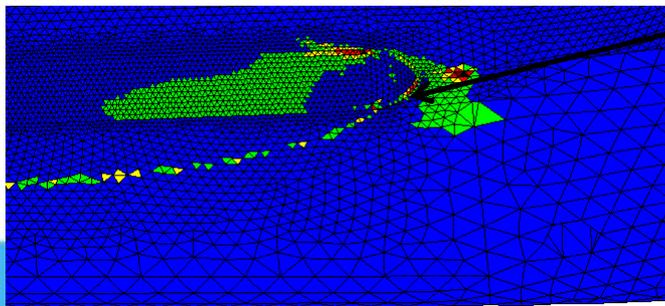
Zone fissurée

Coefficient de danger :
critère Dang Van



Zone fissurée

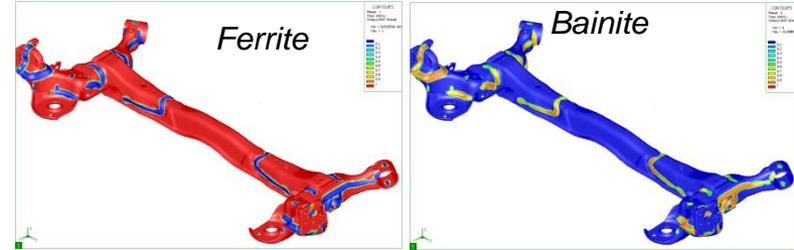
Zone fissurée



Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

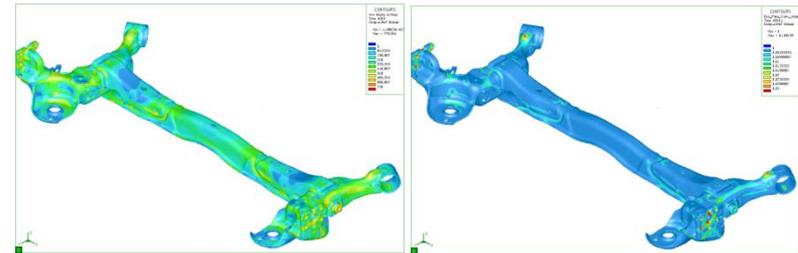
Cas industriel : Traverse A51 soudage

Etat métallurgique en fin de soudage



Résultats mécaniques en fin de soudage

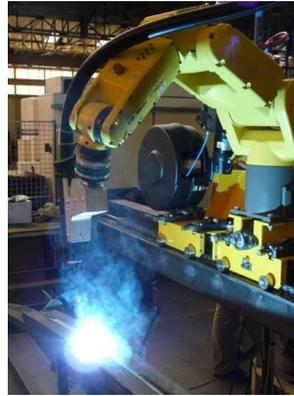
Contraintes de Von Mises Déformations plastiques



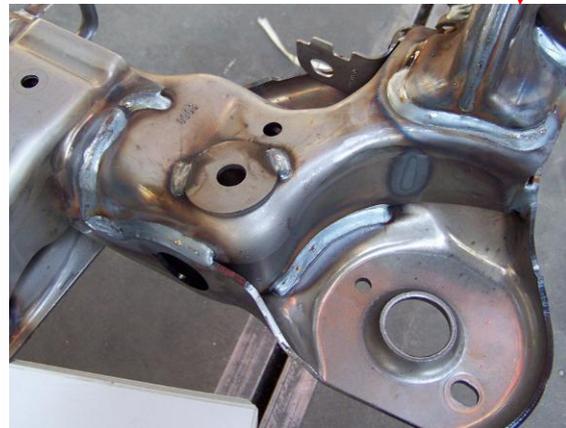
Evolution des températures lors des opérations de soudage



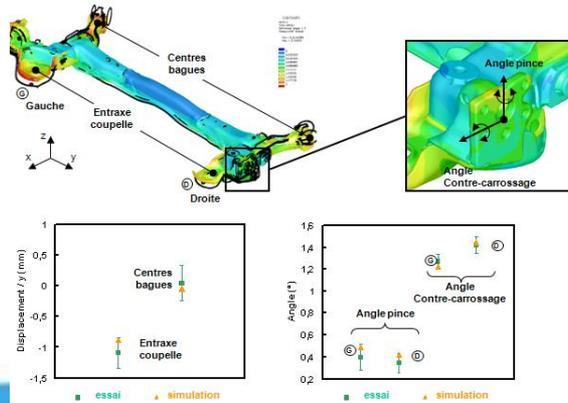
Bridages



Soudage MAG



Cordons de soudure

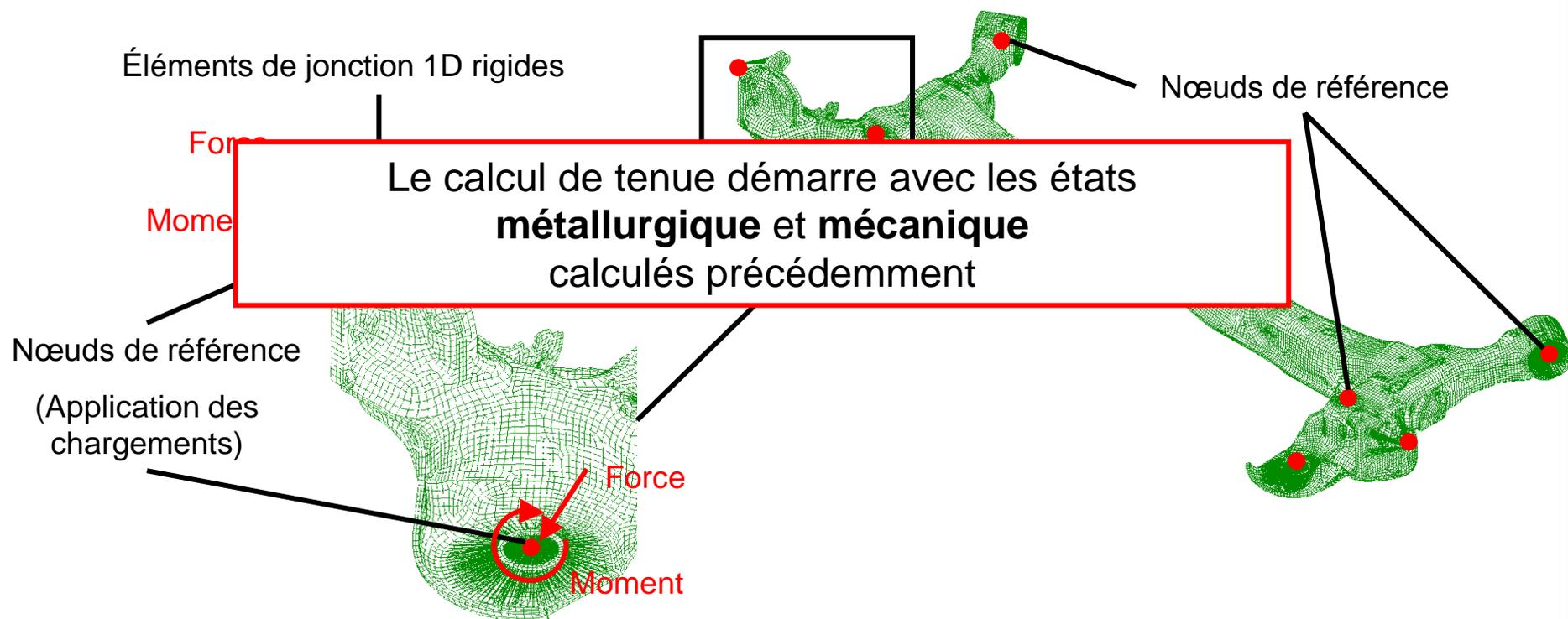


Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Cas industriel : Traverse A51 : filière Sysweld

Calcul tenue – Poursuite du calcul

- ⇒ Modification du maillage (ajout d'éléments 1D rigides)
- ⇒ Application du chargement (forces + moments) sur les nœuds de référence



Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

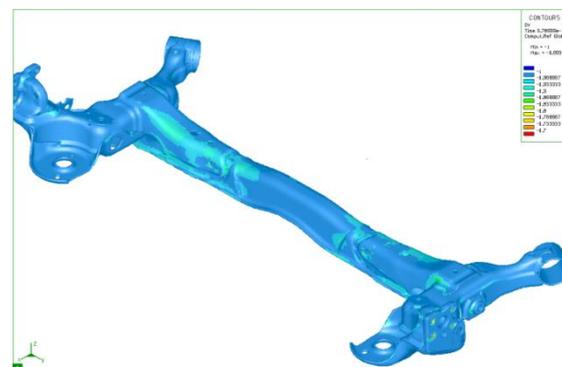
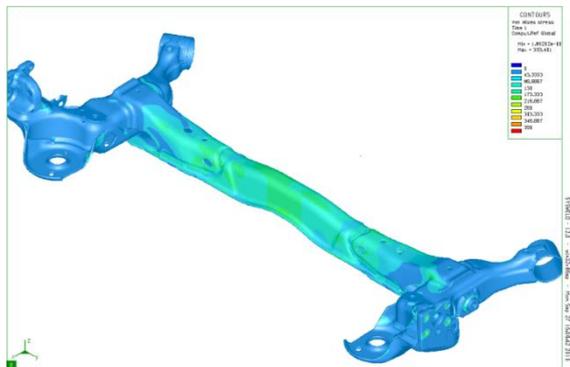
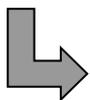
Cas industriel : Traverse A51 : filière Sysweld

Calcul tenue en fatigue – Etat mécanique

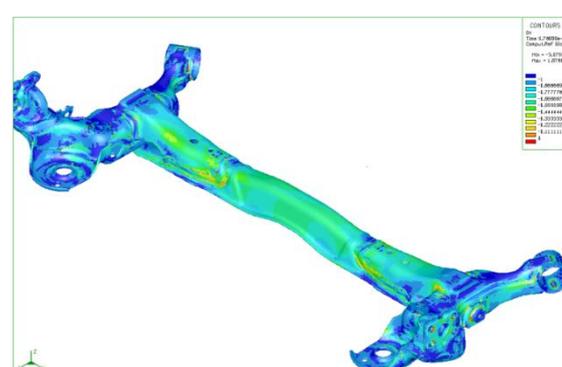
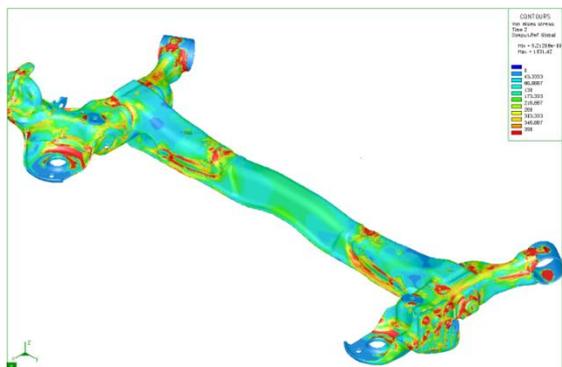
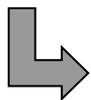
Contrainte de Von Mises

Coefficient de danger : critère Dang Van

avant



après



- ☹ Avant : sans prise en compte des contraintes résiduelles la pièce dimensionnée devrait tenir (ne casse pas)
- ☺ Après : avec prise en compte des contraintes résiduelles certaines zones de rupture observées ont été correctement prédites

Sommaire

Introduction et objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA

Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

Conclusions & Perspectives

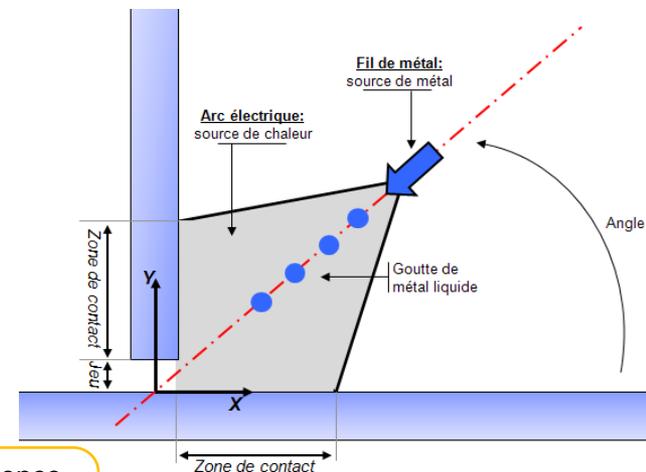
Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

Cas Test : Té

Modélisation, avec *Flow 3D*, du soudage du cas test de 2 plaques en Té

Simulation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage afin de :

- visualiser l'influence des paramètres de soudage sur la géométrie du cordon
- prendre en compte la géométrie réelle du cordon lors des simulations sous *Sysweld*



Modélisation de l'apport de matière

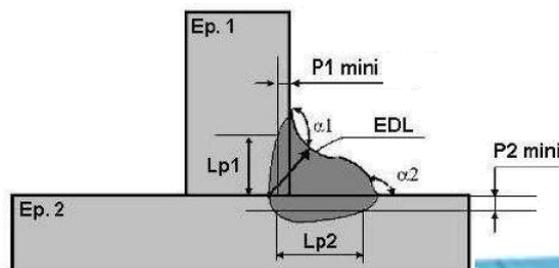
Objectifs :

Les objectifs des simulations sont de visualiser l'influence des paramètres de soudage sur la géométrie du cordon:

- Débit de métal d'apport
- Puissance de l'arc électrique
- Angle de la torche
- Jeu entre les plaques
- Zone de contact de l'arc électrique

Validation des simulations

La géométrie du cordon après soudage est comparée aux critères d'acceptation PSA Peugeot Citroën



Critères de validation des cordons

EDL, Epaisseur De Liaison

P1, P2, Profondeur de pénétration

Lp1, Lp2, Largeur de pénétration

Alpha1, Alpha 2, Angle de raccordement

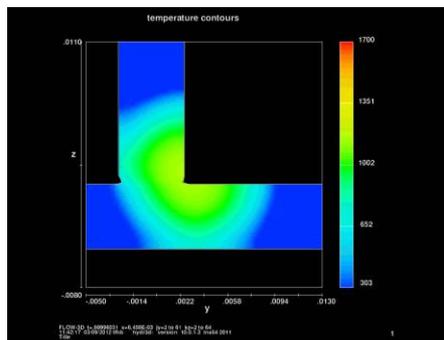
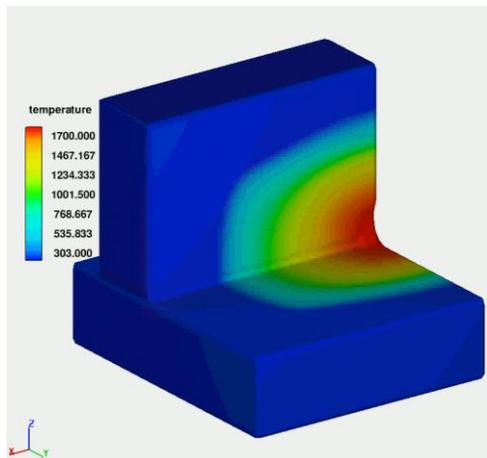


Essai du soudage en Té

Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

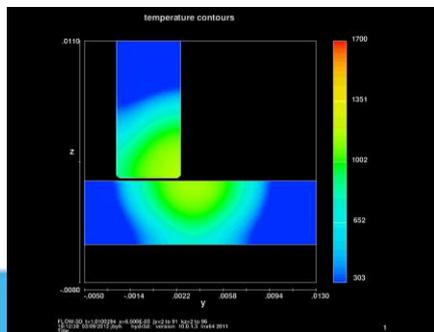
Influence du jeu entre les plaques

Cas Test : Té

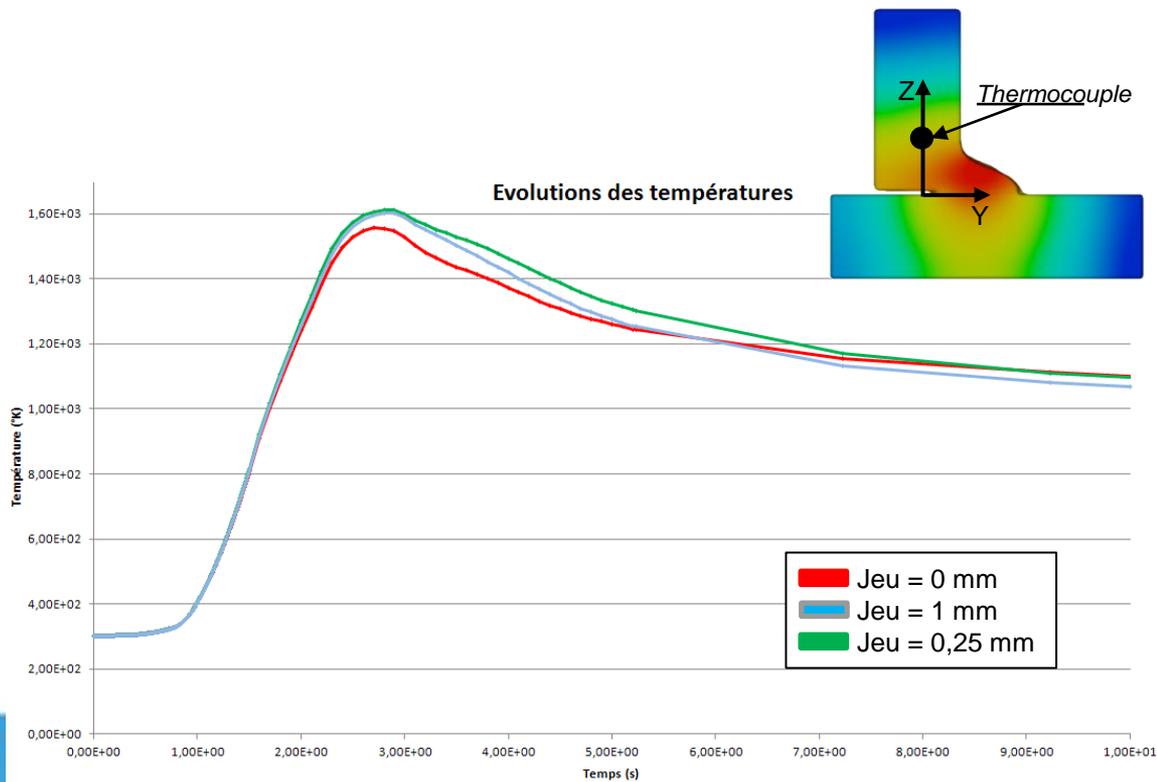
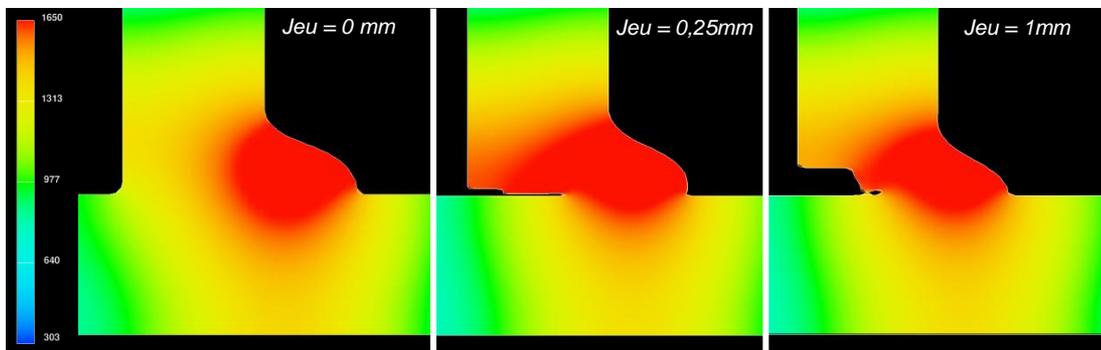


Jeu = 0 mm

Jeu = 0,25mm



Section du cordon à $t = 2,4$ s :



Sommaire

Introduction et objectifs

10 ans de simulation numérique du soudage chez PSA

Intégration de l'historique du procédé de soudage dans les calculs de tenue

Modélisation de l'apport de métal fondu lors des opérations de soudage

Conclusions & Perspectives

Conclusions & Perspectives

Méthodologie du chaînage des calculs OK

- Soudage OK
- Tenue statique ou en fatigue OK

Bonne prédictivité de la simulation

- Tendances OK
- Précision de quelques dixièmes de mm sur cas industriels pour les distorsions
- Bonne prédiction de la tenue de la pièce sur certaines zones

Mise en œuvre

- Développement de méthodologies et d'outils pour pré - traitement
- Délai de restitution d'un calcul moins d'une journée sur une traverse
- Caractérisation des données matériau (JMatPro)

Travail en cours

- Evolution des paramètres de Dang Van en fonction des phases
- Transfert de la métallurgie pour la filière Abaqus
- Meilleure prise en compte de la géométrie des cordons (couplage micro-macro)
- Prise en compte du Procédé d'emboutissage sur les calculs de soudage
- Propagation ou non d'une fissure après initiation

