HAL
open science

Premiers résultats du projet collaboratif FUI - MUSICAS

Olivier Asserin, Stephane Gounand

To cite this version:

Olivier Asserin, Stephane Gounand. Premiers résultats du projet collaboratif FUI - MUSICAS : Méthodologie Unifiée pour la Simulation de l'Intégrité et la Contrôlabilité des Assemblages Soudés. Congres NAFEMS France 2016 - Simulation numérique, moteur de performance, état de l'art : pratiques, tendances, impact industriel, Jun 2016, Paris, France. hal-02442269

HAL Id: hal-02442269

https://cea.hal.science/hal-02442269

Submitted on 16 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea den

PREMIERS RÉSULTATS DU PROJET COLLABORATIF FUI - MUSICAS

MUSICAS – FUI 14

Partenaires

AREVA
bertin TECHNOLOGIES
cea
cetim
INSA LYON
DDS Digital Product Simulation
ENGIN SOFT
DCNS
esi get it right®
ENISE
iusti institut universitaire des systèmes thermiques industriels
oxalya HPC by OVH.COM
RENAULT
PSA PEUGEOT CITROËN

Financeurs

EMC2
PNB Pôle Nucléaire BOURGOGNE
SYSTEMATIC PARIS REGION SYSTEMS & ICT CLUSTER
Yvelines Conseil général
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DU REDRESSEMENT PRODUCTIF
dgcis direction générale de la compétitivité de l'industrie et des services
bpifrance SERVIR L'AVENIR

MUSICAS – FUI 14

Méthodologie **U**nifiée pour la **S**imulation de l'**I**ntégrité et la **C**ontrôlabilité des **A**ssemblages **S**oudés

1. Le projet vise l'introduction de logiciels existants dans une infrastructure métier pour automatiser des processus de simulation numérique du soudage depuis la CAO jusqu'à la durée de vie en passant par le procédé.
2. Valider et qualifier ces processus au meilleur état du savoir faire industriel par adossement à des cas test industriels.
3. Mise en place d'un démonstrateur d'une plateforme collaborative de simulation.

sea THE FUTURE®

DCNS

FUI - MUSICAS

Développer une simulation réaliste de procédés de soudage appliqués à des structures navales de fortes épaisseurs

Florent BRIDIER, Guillaume RÜCKERT
DCNS Research

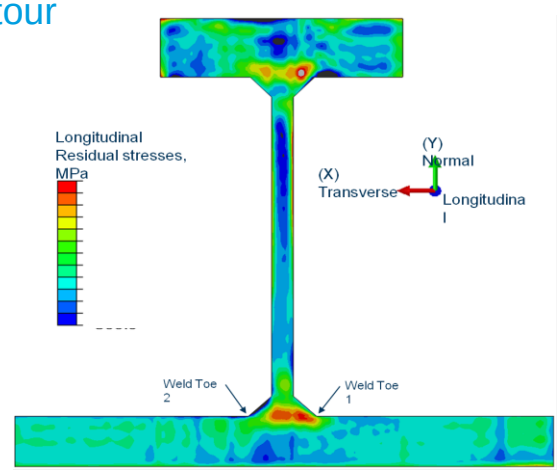
© DCNS 2016 – all rights reserved / todos los derechos reservados / tous droits réservés – Crédits photo : DCNS, Marine nationale

Soudage MAG d'un raidisseur épais (coque sous-marin)

- **Soudage multipasse et caractérisation**
  - **Soudage instrumenté (27 thermocouples)**

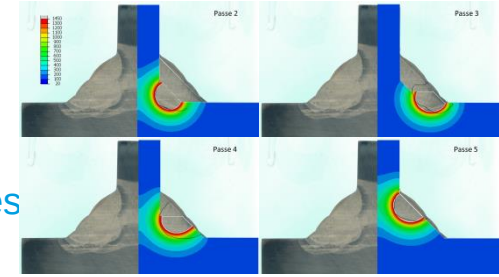
  - **Mesure des contraintes résiduelles par couplage de différentes méthodes**

- Technique du trou profond
- Méthode du contour

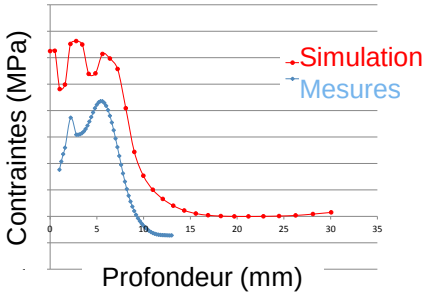


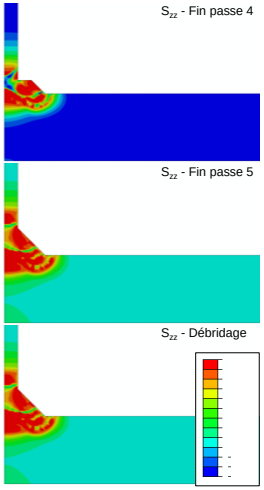
- **Simulation numérique du procédé**
  - **Implémentation lois de comportement thermo-métallo-mécanique**
  - **Corrélation essais-calculs**

Cinétiques thermiques simulées en bonne cohérence avec les mesures expérimentales



Bonne prédiction numérique de la distribution des contraintes résiduelles mais niveaux surévalués par le calcul



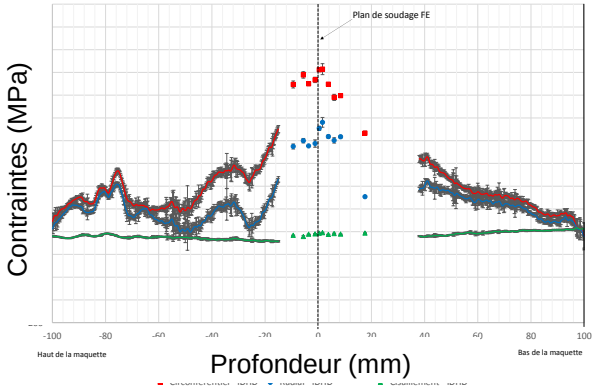


© DCNS 2016 – all rights reserved / todos los derechos reservados / tous droits réservés – Crédits photos : DCNS, Marine nationale

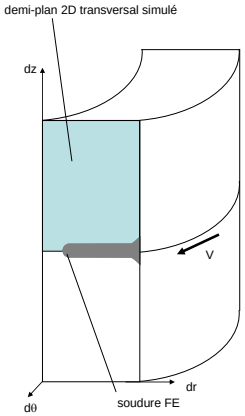
Soudage FE d'un composant épais sous pression

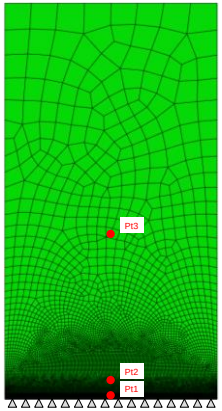
- Soudage et caractérisation
  - **Soudage instrumenté (17 thermocouples)**

  - **Mesure des contraintes résiduelles par la méthode du trou profond**

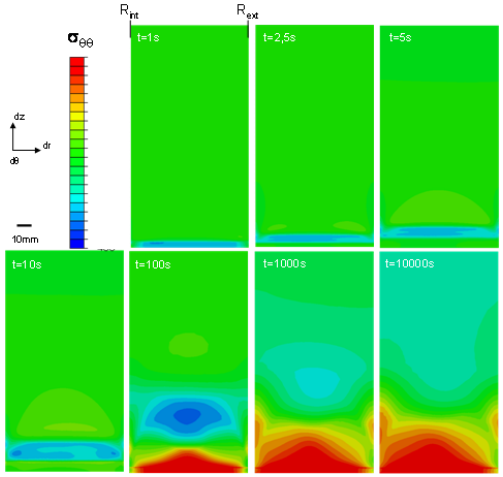


- Simulation numérique du procédé
  - **Implémentation lois de comportement thermo-mécanique**
  - **Simulation 2D du soudage**





Identification de la distribution des contraintes en phase de soudage puis de refroidissement



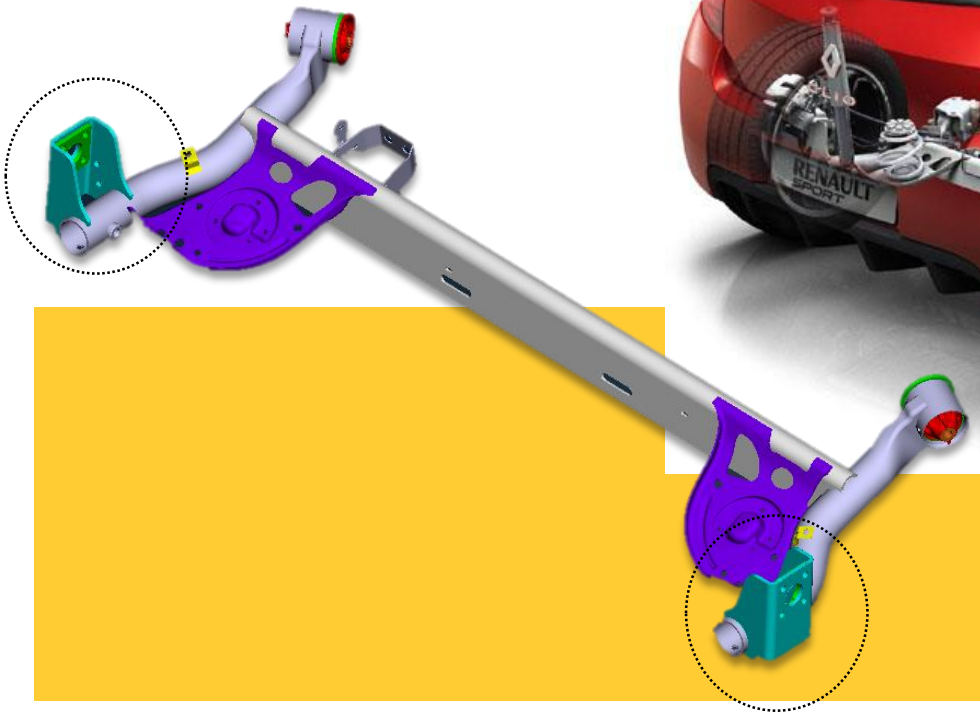
© DCNS 2016 – all rights reserved / todos los derechos reservados / tous droits réservés – Crédits photos : DCNS, Marine nationale

FUI – MUSICAS

Évaluer l'effet des contraintes résiduelles sur la tenue mécanique des assemblages

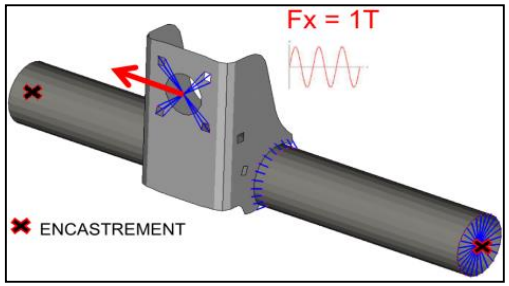
Anthony Reullier, Renault

Filière calcul process/produit : Clio III

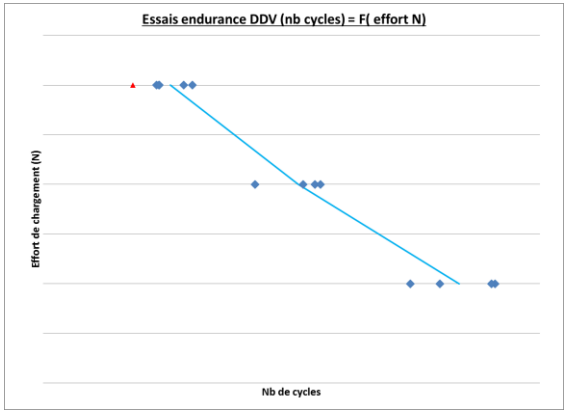


Essais d'endurance

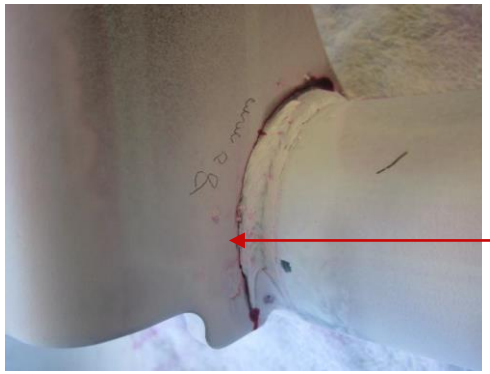
Essais d'endurance



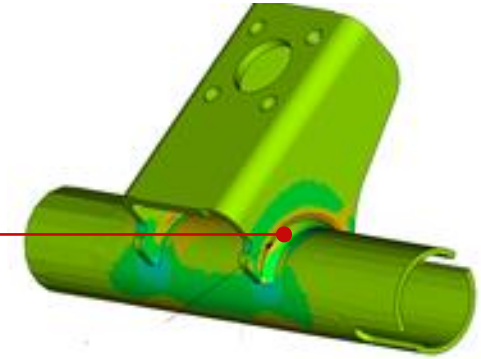
Sollicitation en fatigue



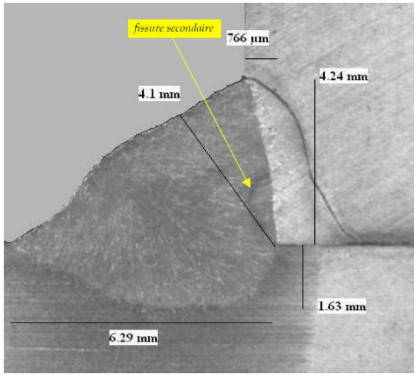
Nombre de cycles à rupture



Fracture au niveau du joint

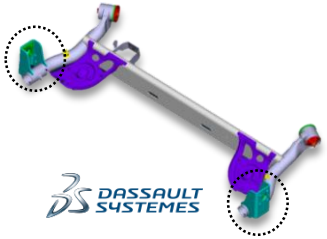


Simulation



Détail de la fissure

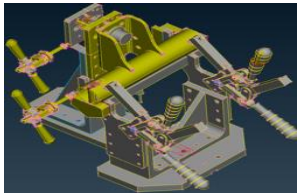
Filière calcul process/produit : de la CAO à la durée de vie

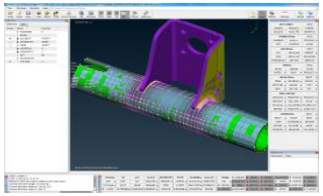


DASSAULT SYSTEMES

ANSA

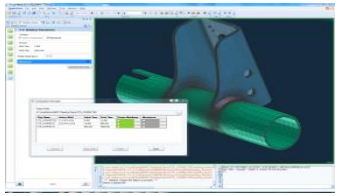
CAO – Maillage

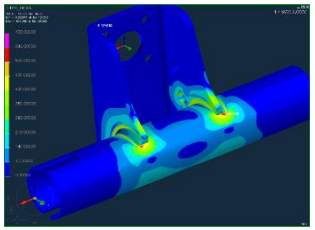




SYSWELD 2014

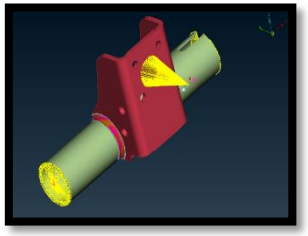
Calcul thermo-métallo-mécanique
Contraintes résiduelles et Distorsions

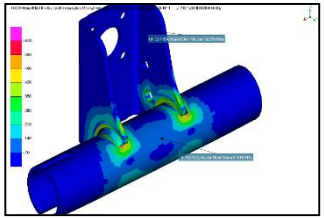




ABAQUS

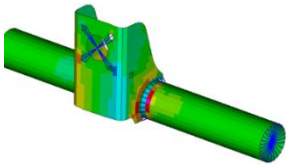
Calcul mécanique
Contraintes de « service » avec prise en compte des contraintes résiduelles/distorsions de soudage

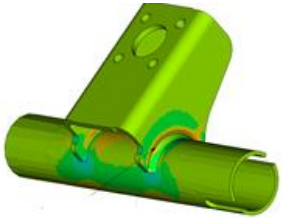




nCode DesignLife

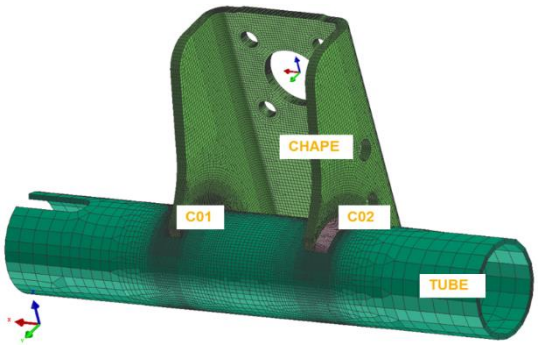
Estimation durée de vie
(courbe Wöhler)

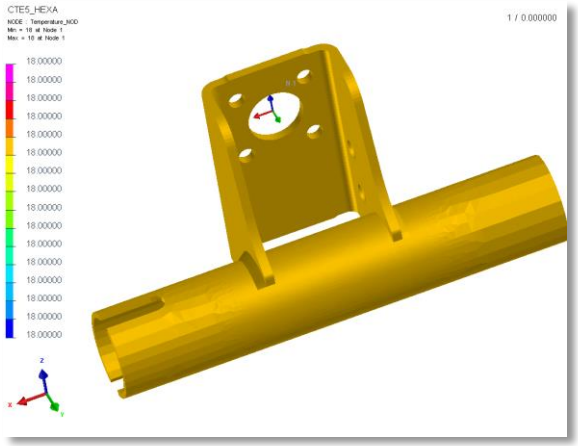




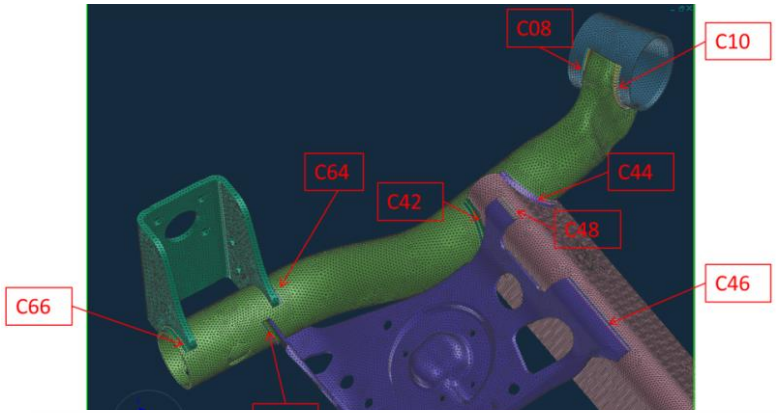
Du cas test au problème industriel

2 cordons de soudure





16 cordons de soudure



FUI - MUSICAS

Apports du projet MUSICAS pour la fabrication, la contrôlabilité et la DDVie des composants nucléaires

P. Gilles, G. Tirand, E. Jourden, V. Robin – AREVA NP

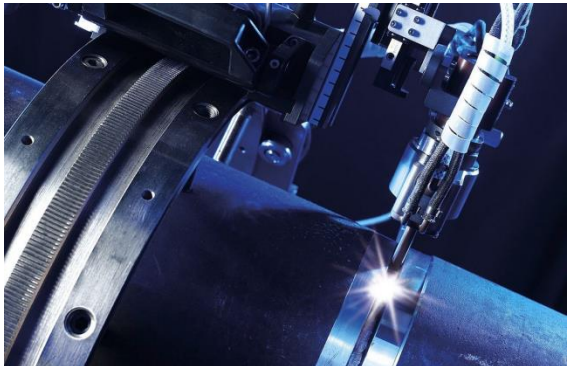
RESTRICTED AREVA
The information in this document is AREVA property and is intended solely for the addressees.
Reproduction and distribution are prohibited. Thank you

Engineering & Projects Organization

AREVA
forward-looking energy

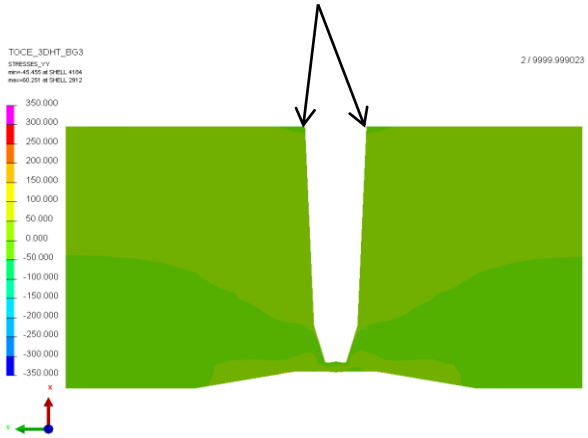
Fabrication : contraintes et distorsions

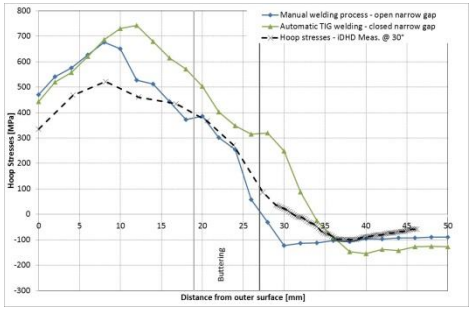
L'assemblage des composants



Les prédictions numériques

Retraits





Contraintes résiduelles

AREVA
forward-looking energy

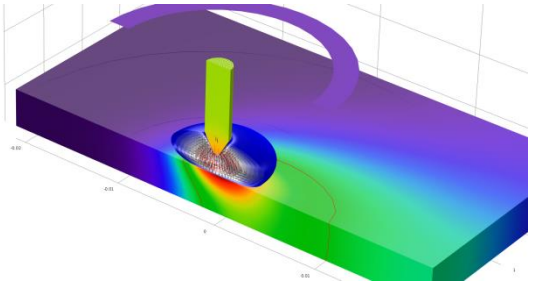
Engineering & Projects Organization

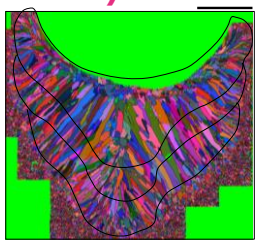
Contrôlabilité : microstructure et texture en soudage multipasse

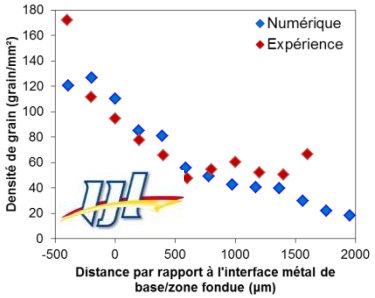
La soudure

Le modèle

Modèles multiphysiques et thermo-métallurgie avancés (couplage CAFE)







AREVA
forward-looking energy

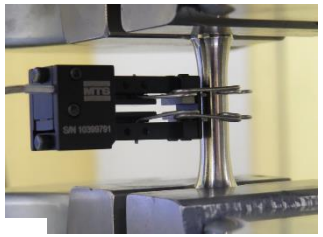
Engineering & Projects Organization

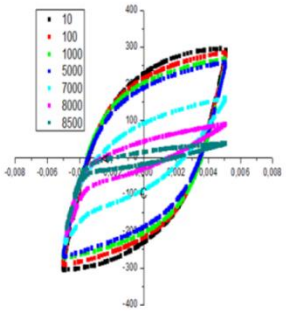
DDVie : effets du soudage sur le comportement en fatigue

La maquette

Les essais, les lois pour le design

Fatigue oligocyclique





cetim

Engineering & Projects Organization

AREVA

forward-looking energy

PSA PEUGEOT CITROËN

FUI - MUSICAS

Philippe BRISTIEL - DRD/DCTC/MTCC/INCC/MTAF

PSA PEUGEOT CITROËN

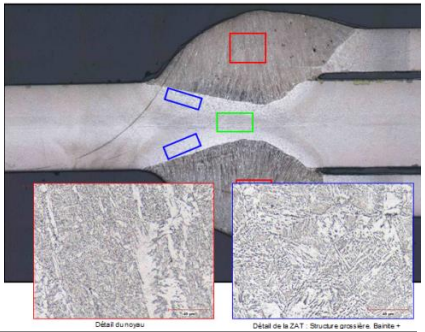
Cas de validation simplifiés (éprouvettes)

- Partenariat PSA - ARCELOR
- 3 Matériaux, 3 géométries
- Analyses :
  - Métallurgie
  - Contraintes résiduelles
  - Tenue en Fatigue
- Support de validation pour la simulation numérique (métallurgie, CR)
- Support de détermination des données fatigue

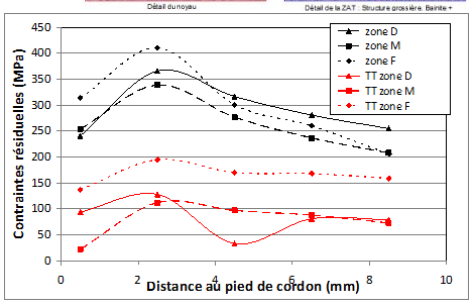
Clin 3 tôles

T

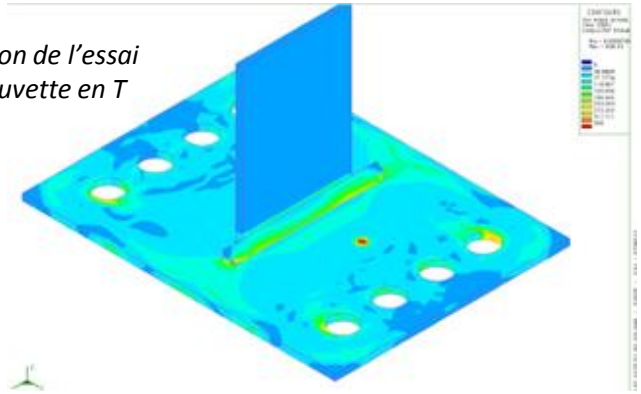
Micrographies



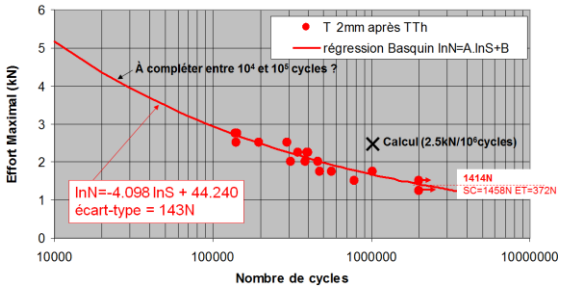
Détermination des contraintes résiduelles par DRX



Simulation de l'essai sur éprouvette en T



Essai de fatigue

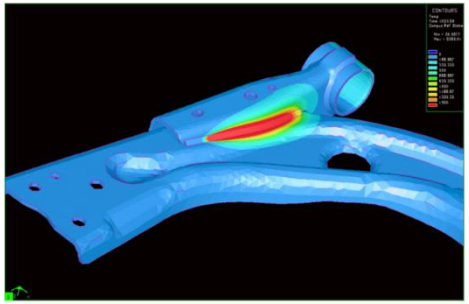


PSA PEUGEOT CITROËN

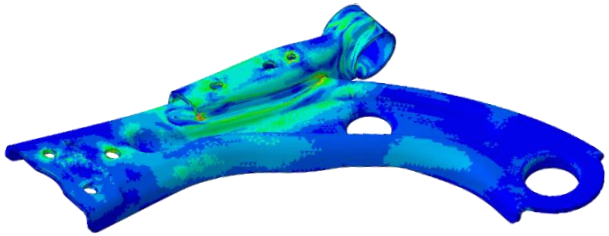
Cas de validation industriel (Triangle)

- Application de la méthodologie cible :

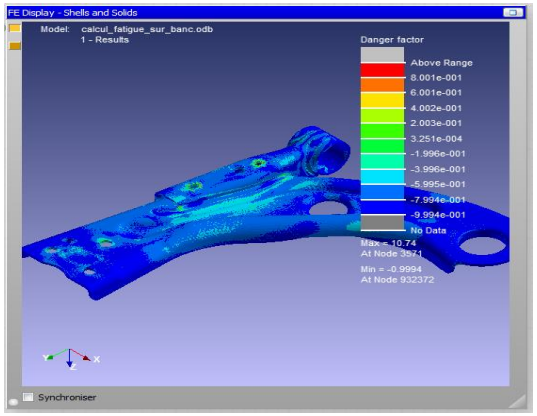
  - Simulation du procédé de soudage avec SYSWELD
  - Import des contraintes résiduelles et simulation du chargement avec ABAQUS
  - Analyse de la tenue en fatigue avec DesignLife (critère de Dang Van)



Simulation thermomécanique du soudage



Simulation du chargement avec prise en compte des contraintes résiduelles de soudage



Analyse de la tenue en fatigue

→ ABAQUS → nCode DesignLife™

FUI-MUSICAS

Atelier CAO / Maillage

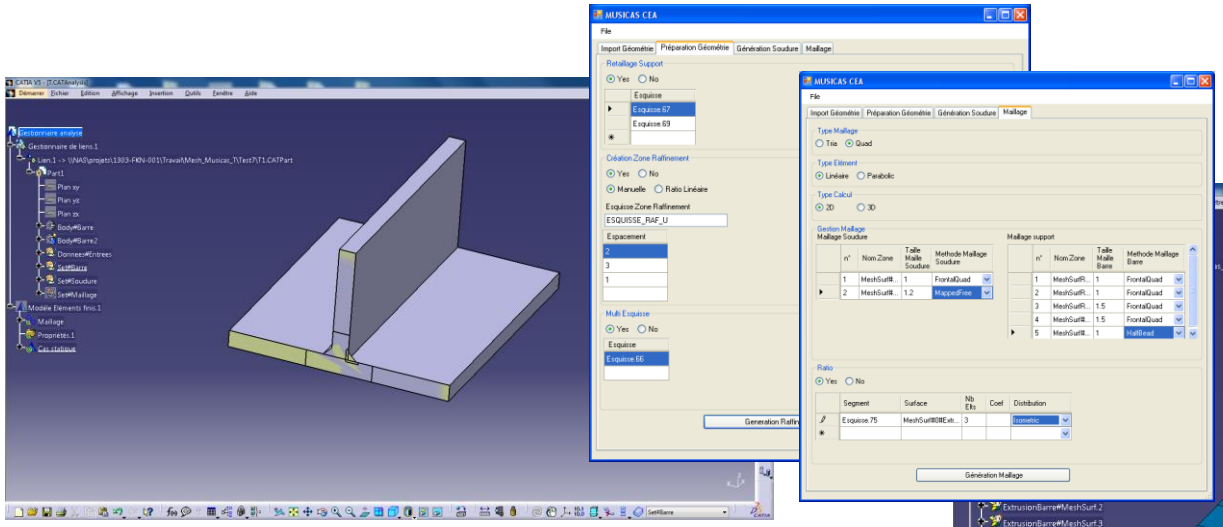
F. Koechlin, A. Crepy, M. Rioult

Atelier CAO/Maillage - Fonctionnalités

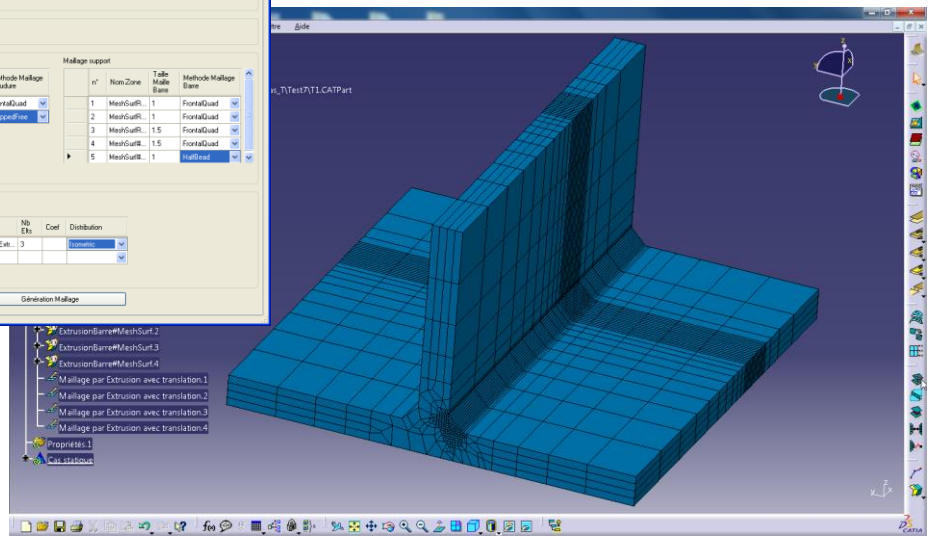
- Génération de la CAO et du maillage d'un assemblage soudé à partir de :
  - Pièces unitaires à assembler
  - Catalogue d'assemblages prédéfinis
- Génération d'une soudure multipasse

Atelier CAO/Maillage
Assemblage de pièces unitaires

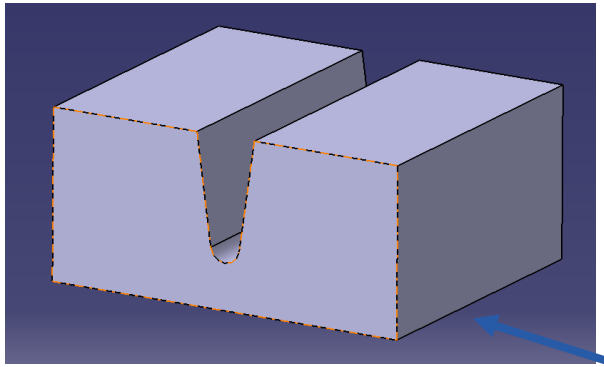
1 - CAO de l'assemblage avec génération de la soudure et découpes



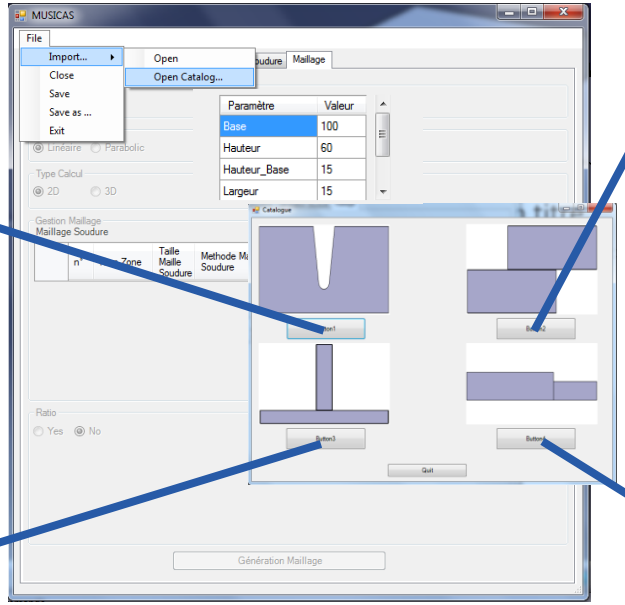
2 - Maillage de l'assemblage

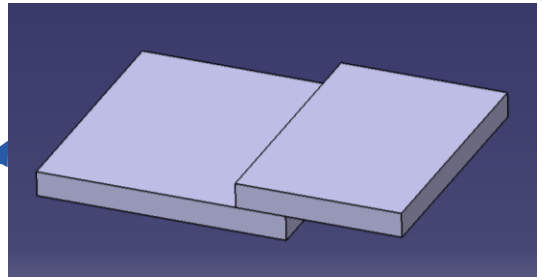


Atelier CAO/Maillage
Catalogue d'assemblages prédéfinis

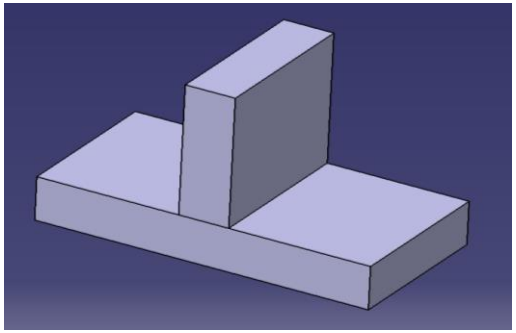


Soudure de forte épaisseur en chanfrein

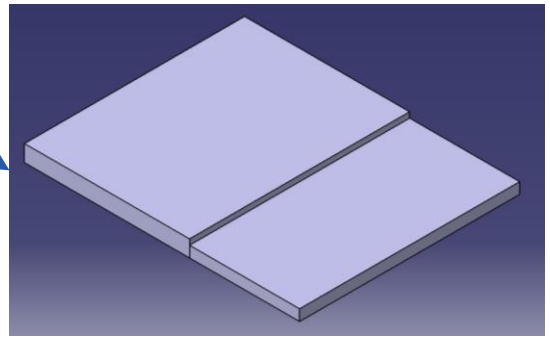




Soudure à clin



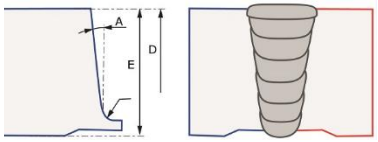
Soudure d'angle (en té)

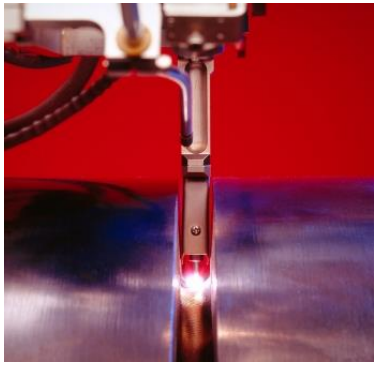


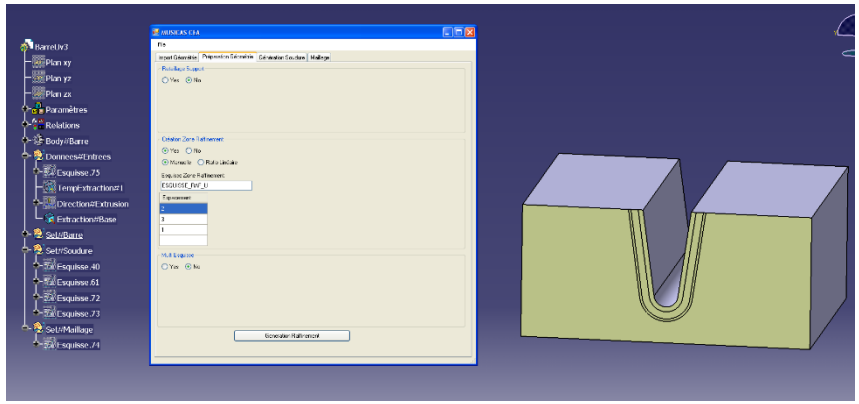
Soudure à plat bord à bord

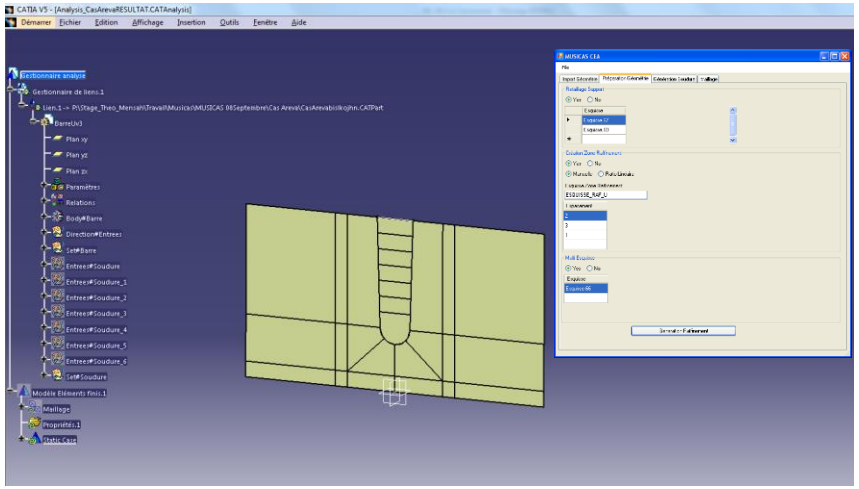
Atelier CAO/Maillage
Assemblage forte épaisseur multipasse

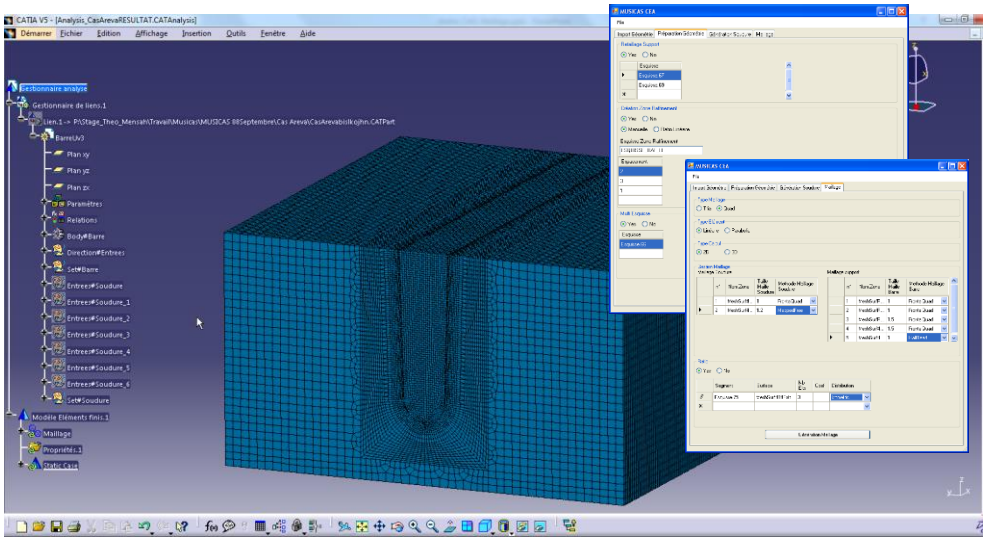
Soudage multipasse forte épaisseur en chanfrein étroit









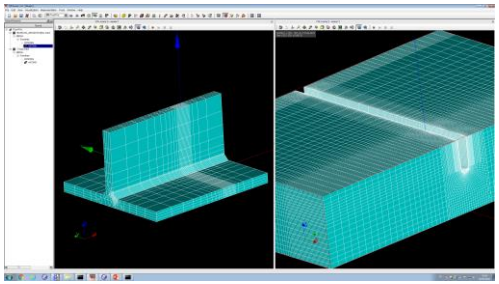


DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

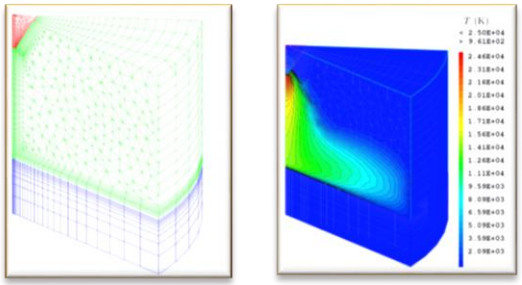
cea den

LOGICIEL WPROCESS ET MODÉLISATIONS MULTIPHYSIQUES POUR LE SOUDAGE FUI – MUSICAS

Stéphane Gounand, Olivier Asserin - cea

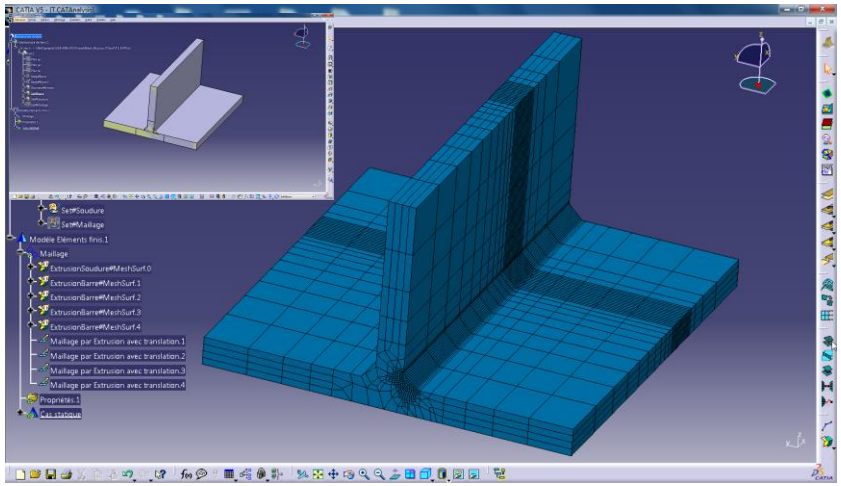


Logiciel WPROCESS (Castem)

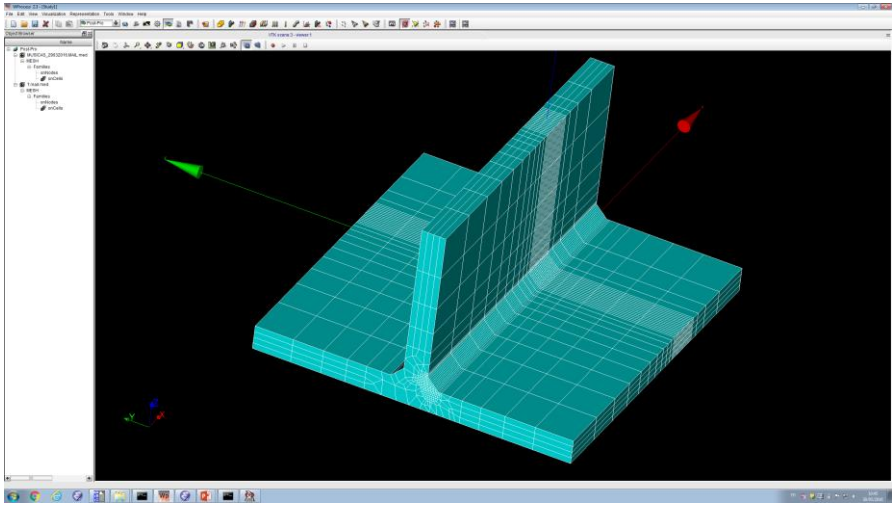


Simulation multiphysique de l'arc

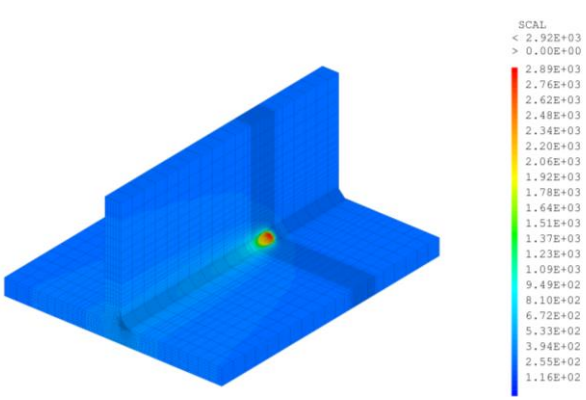
WPROCESS
IMPORT DEPUIS L'ATELIER CAO/MAILLAGE



Atelier CAO – géométrie et maillage



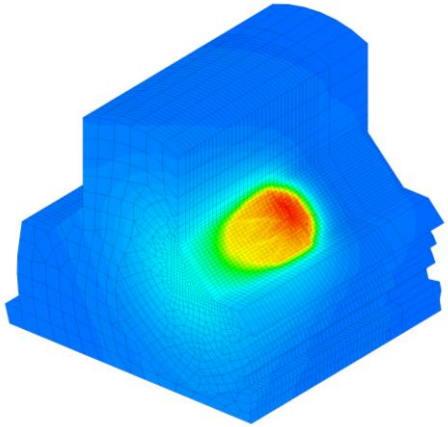
WPROCESS – Import et simulation depuis l'atelier CAO



Simulation Multiphysique

Cast3M

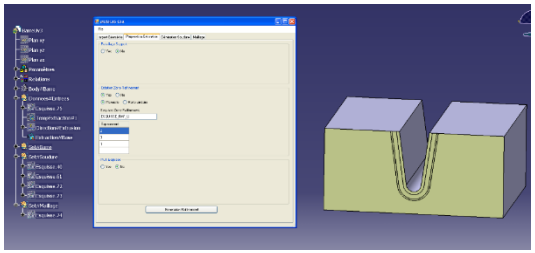
Températures

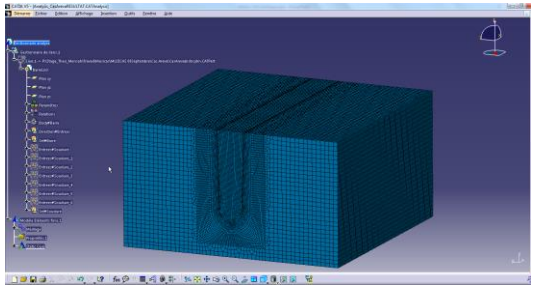


Températures et vitesses dans le bain de soudage

CHAÎNAGE
ATELIER CAO/MAILLAGE - WPROCESS - SYSWELD
EXEMPLE DU CAS TEST AREVA

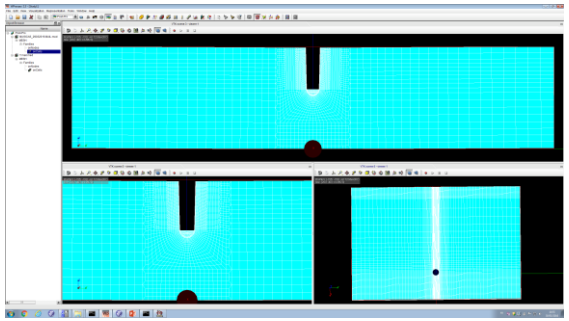
Atelier CAO/MAILLAGE

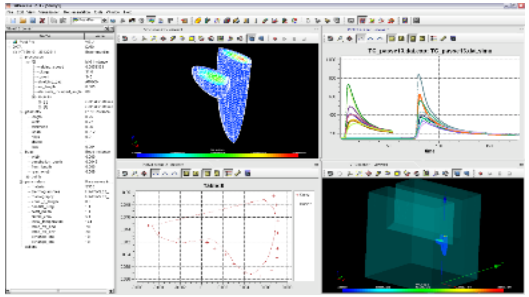




WPROCESS

Simulation du procédé





SYSWELD

Simulation des contraintes résiduelles

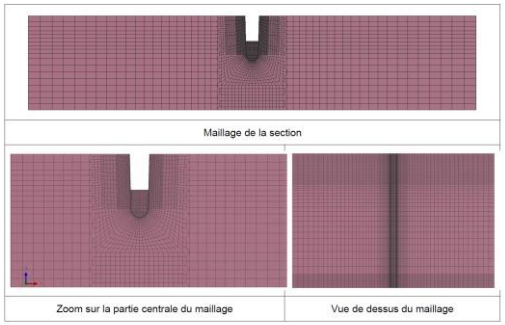
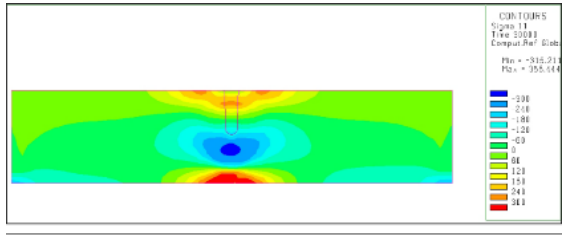
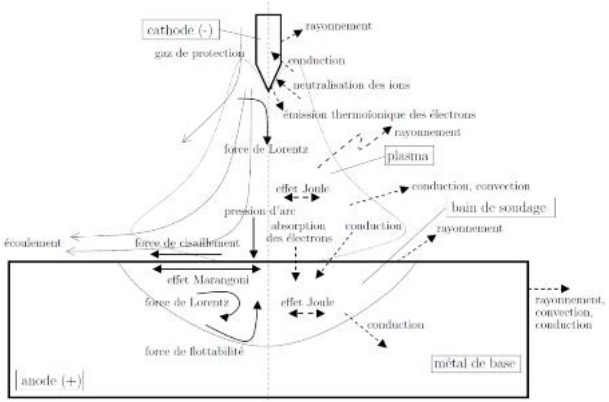


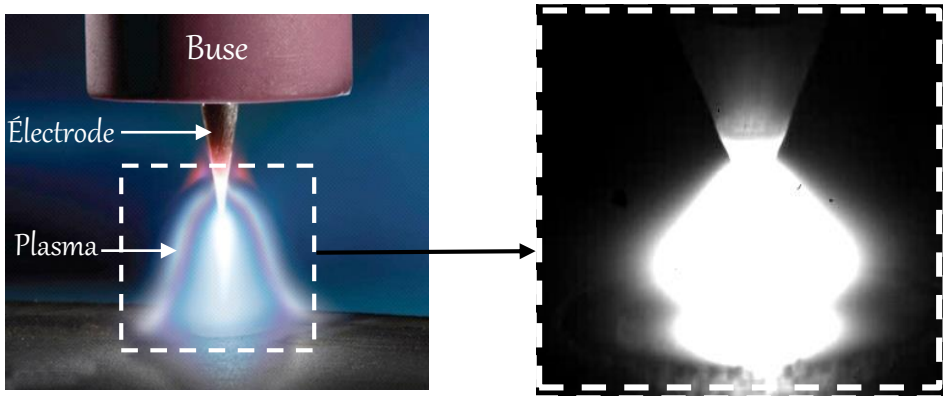
Figure 10 : Source MUSICA - Maillage tridimensionnel pour le calcul stationnaire



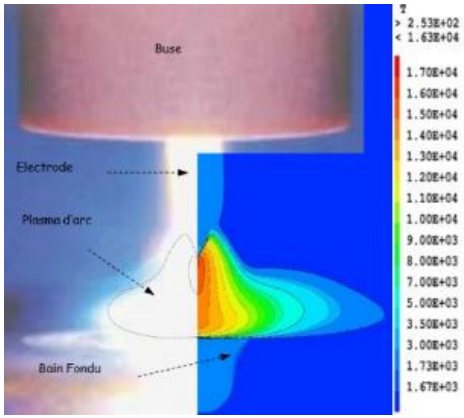
Contrainte transversale

MODÉLISATIONS MULTIPHYSIQUES DU SOUDAGE À L'ARC TIG

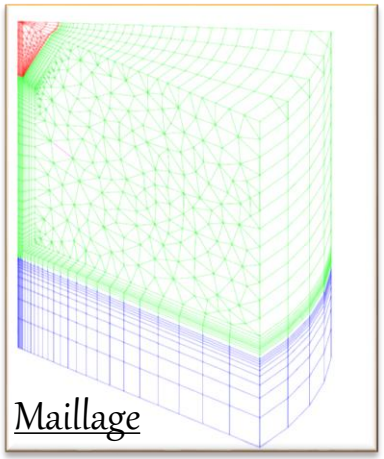


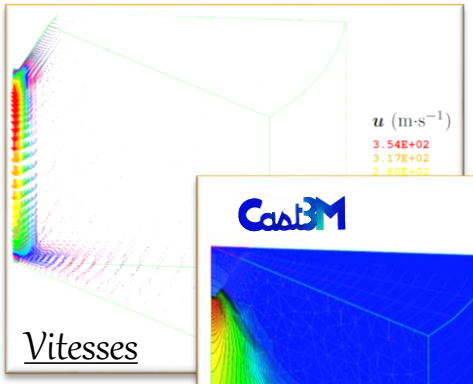


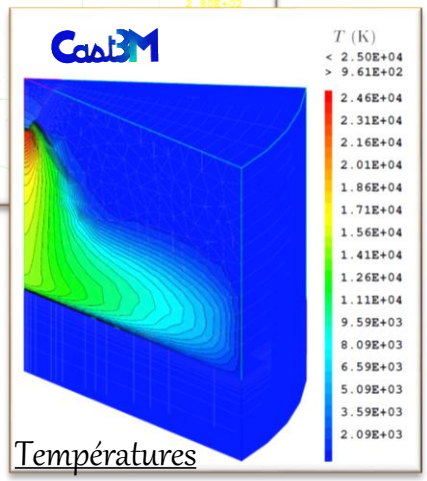
Soudage à l'arc TIG



Soudage à l'arc TIG
(Simulation 2D)







Soudage à l'arc TIG
(Simulation 3D)

FUI - MUSICAS

Interaction fluide structure: couplage multiphysique et mécanique

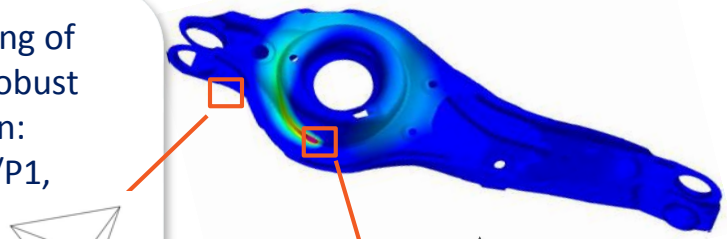
Modèles thermométallurgiques avancés : lien avec la durée de vie et la simulation du contrôle non destructif

Frédéric BOITOUT, Mickaël FONTAINE

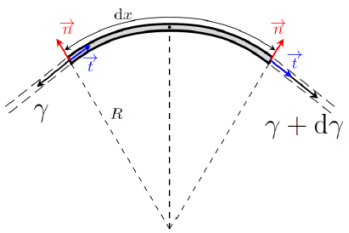
Copyright © ESI Group, 2016. All rights reserved.

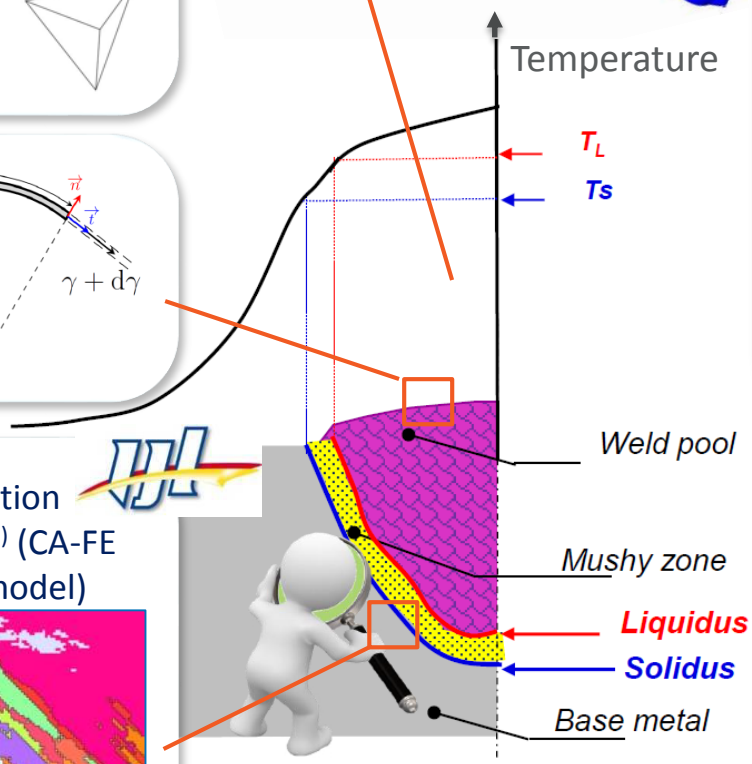
Realistic modeling of weld pool and mushy zone coupled with robust finite elements in SYSWELD

Easy automated meshing of complex shapes with robust tetrahedral formulation: mixed elements[1] P1+/P1, P1/P1 (displacement / pressure formulation)



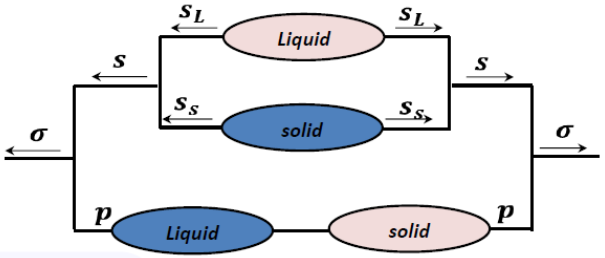
Surface tension



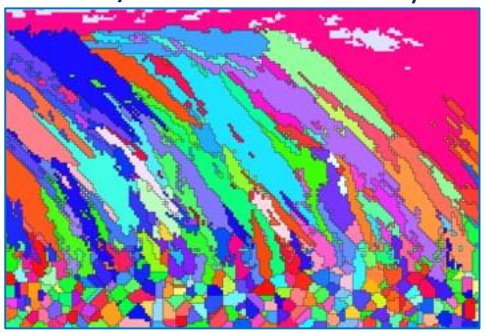


Behavior Law[1]:

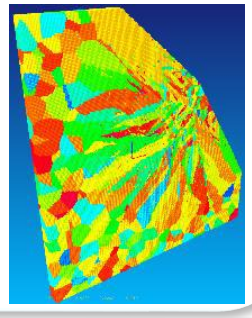
- Newtonian fluid in liquid state ($T>T_L$)
- Elasto-viso-plastic behavior in solid state ($T<T_s$) with mixed isotropic/kinematic hardening
- Mixed law in Mushy zone



Microstructure evolution during solidification[2] (CA-FE model / Hunt's CET model)



Non-Destructive Inspection

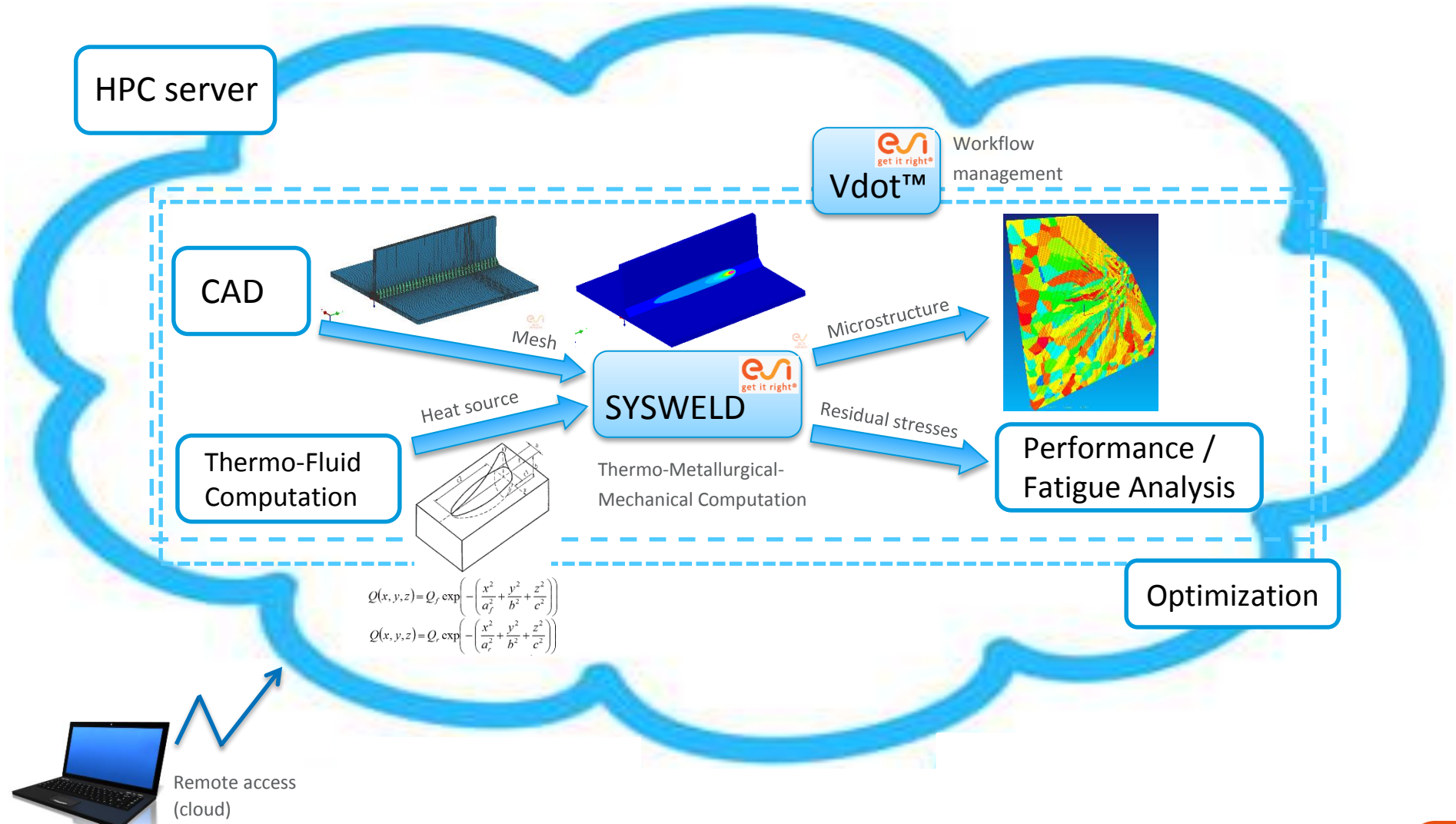


(1) H. Sallem, E. Feulvarch, H. Amin-El-Sayed, B. Souloumiac, J.-B. Leblond, J. Michel Bergheau, Recent advances in residual stress simulation caused by the welding process, in: Int. Conf. Comput. Plast. Fundam. Appl. COMPLAS XIII, Barcelone , Spain, 2015: pp. 1–12.

(2) T.Billotte *et al.*, Caractérisation microscopiques pour la simulation des structures soudées par chaînage SYSWELD / Automate Cellulaire, 14ème colloque du GST SNS, Paris, 2016

reserved.

Integration of ESI products in a remote software chain dedicated to numerical simulation of welding



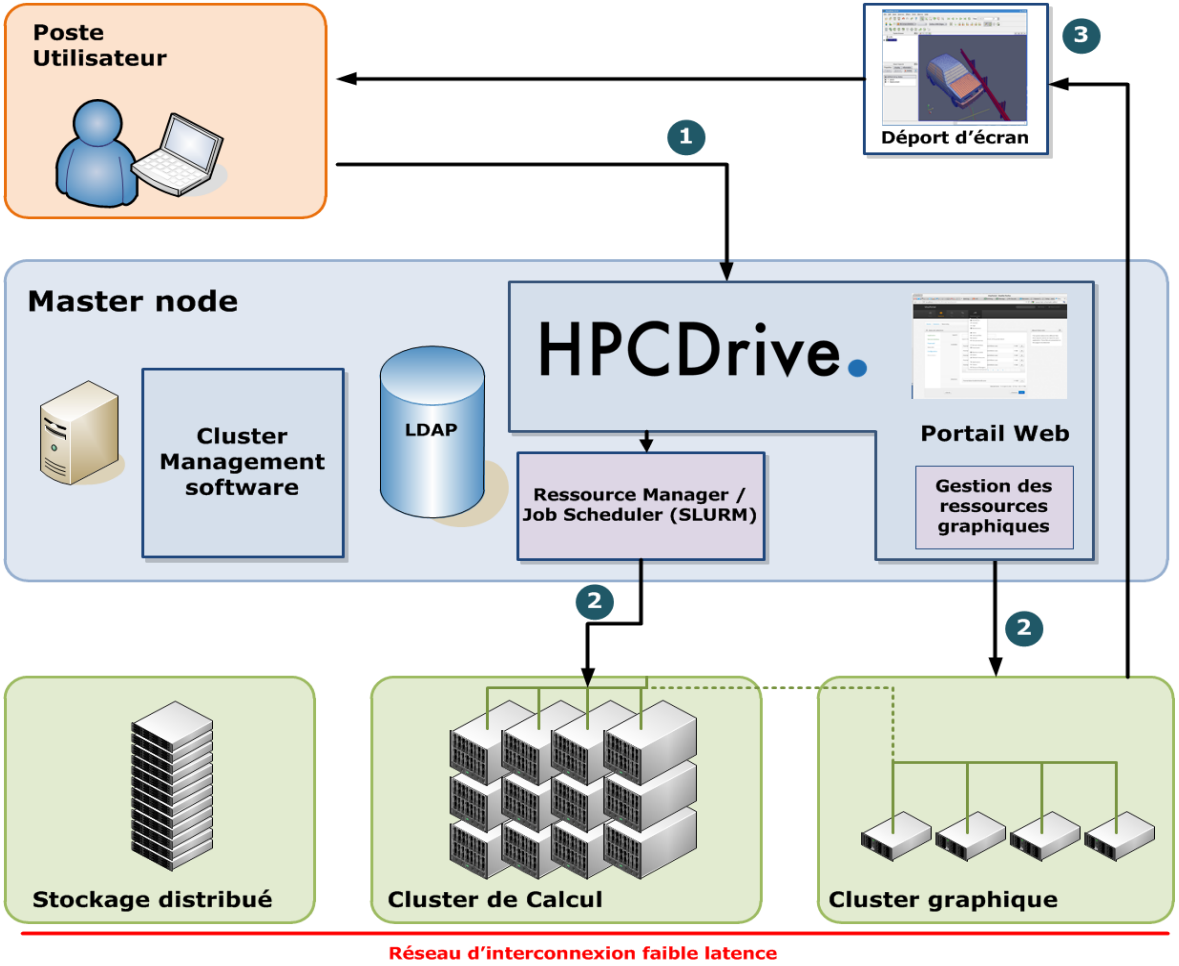
Copyright © ESI Group, 2016. All rights reserved.

FUI – MUSICAS

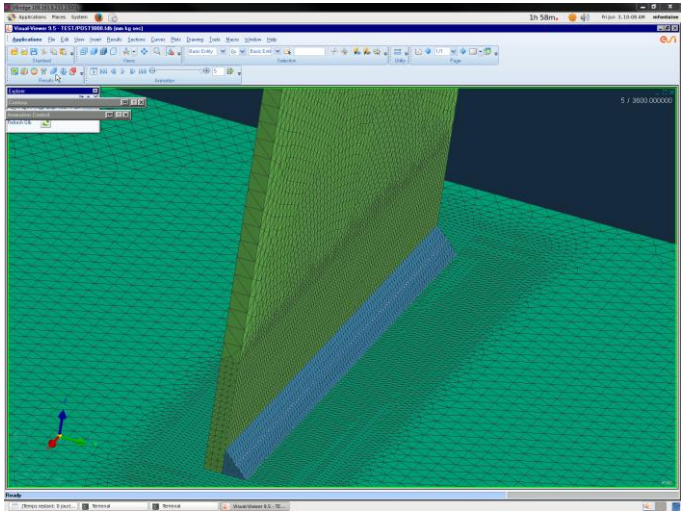
PLATEFORME COLLABORATIVE DE SIMULATION

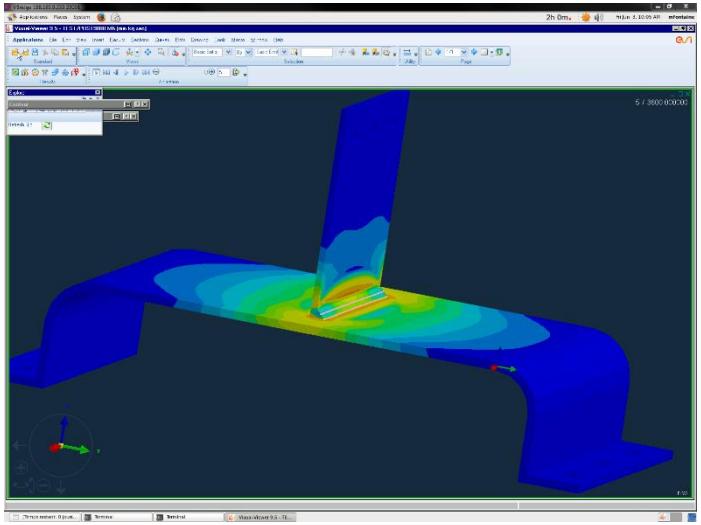
B. DIASSE, M. DREANO

Fonctionnement de la plateforme MUSICAS

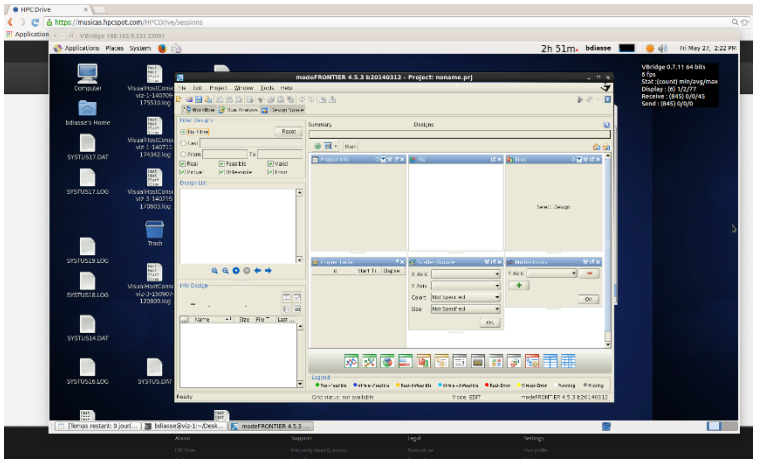


Exemples d'outils logiciels intégrés dans la plateforme MUSICAS





- SYSWELD
- Visual-Environment
- modeFRONTIER
- WProcess



mode FRONTIER

ENGIN SOFT

PROJET MUSICAS - CONCLUSIONS

3 objectifs : de la CAO à la DDVie, simuler des cas test industriels, une plateforme de simulation collaborative.

- La possibilité de considérer les prédictions par SNS* (texture, état résiduel) au sein d'une chaîne d'outils logiciels comme données pour assurer la qualité des assemblages : contrôlabilité et DDVie. Par exemple, pour améliorer les capacité de prédiction de la tenue en endurance des cordons de soudure via la prise en compte des contraintes résiduelles (cas test industriels de Areva, Renault, PSA).
- La possibilité d'utiliser la SNS* sur la plateforme de simulation MUSICAS avec la simulation de 16 cordons de soudure pour le cas test industriel de Renault.

- De part les nombreux phénomènes physiques mis en jeu dans le soudage, sa simulation et celle de ses effets requiert une pluralité de compétences et autant de spécialistes. L'assemblage des compétences est une véritable réussite de l'initiative MUSICAS. De part la mise en commun de savoir-faire, de méthodologies et l'accès à des outils logiciels, MUSICAS aura permis aux partenaires d'acquérir de nouvelles méthodologies de simulation et d'instrumentation, et de découvrir les capacités et les possibilités d'applications des outils logiciels MUSICAS, ouvrant la perspective de nouvelles utilisations industrielles.

SNS* *: Simulation Numérique du Soudage*

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 XX XX XX XX | F. +33 (0)1 XX XX XX XX

Direction DEN/DANS
Département DM2S
Service SEMT

Etablissement public à caractère industriel et commercial | R.C.S Paris B 775 685 019