



# Le prototypage virtuel en soudage pour le contrôle des distorsions et l'amélioration de la performance des composants

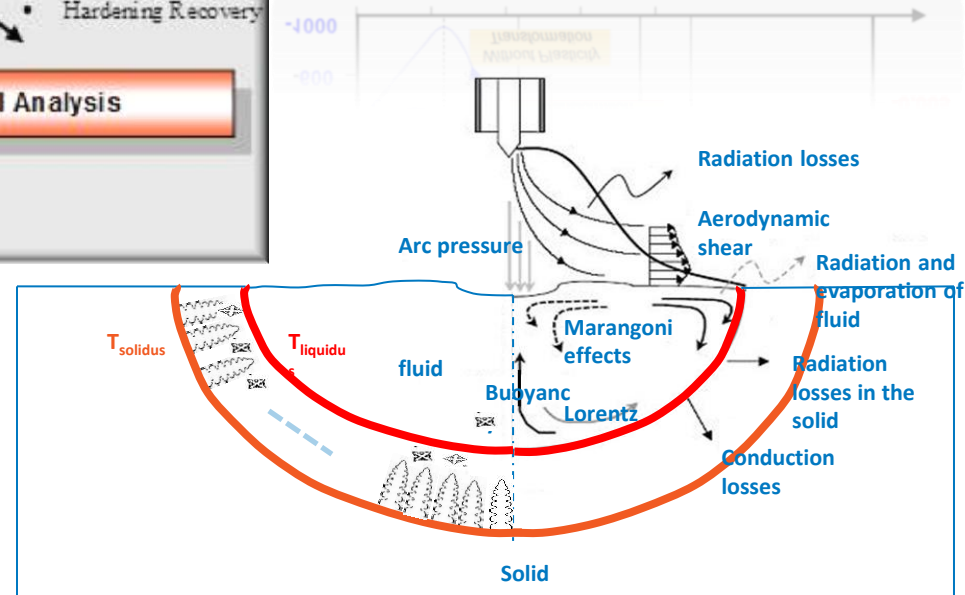
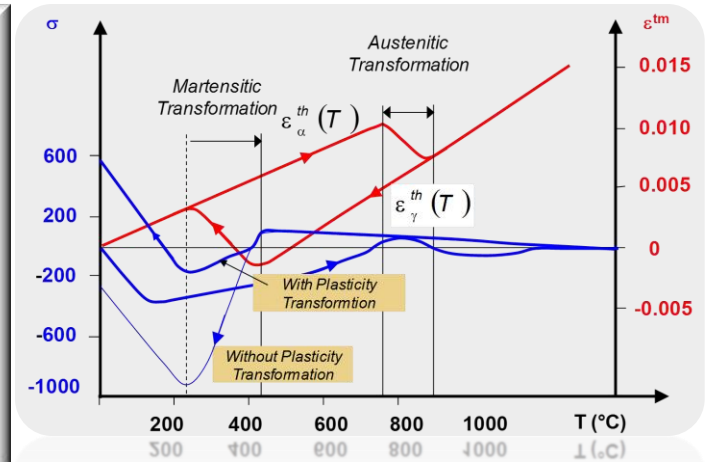
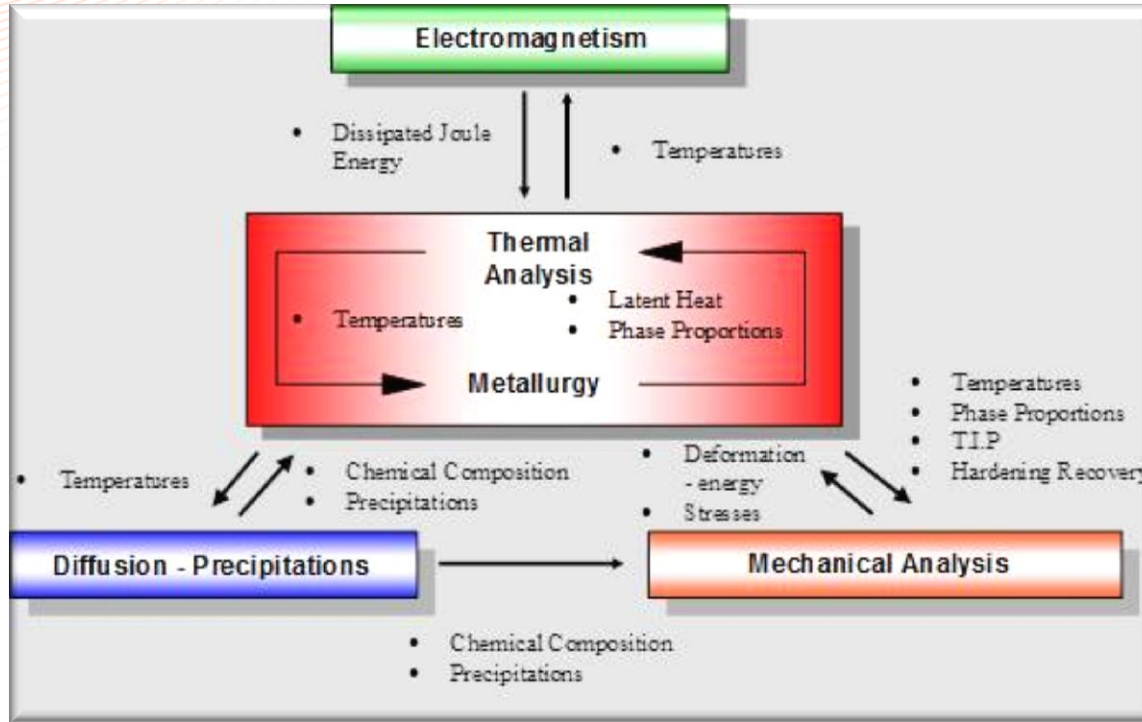
*Dr. VINCENT Yannick, Dr. BOITOUT Frédéric*

*ESI Group*

*SNS 10 ans de Progrès en France*

- Les Solutions de Soudage Développées chez ESI
  - Rendre prédictive la simulation numérique
  - Optimiser les procédés en synergie avec la performance recherchée
  - Eliminer progressivement l'utilisation de prototypage physique
- L'Intégration de la Solution de Soudage dans la chaîne complète de conception et de fabrication
  - End-to-End Solution dans le prototypage virtuel

# Les Phénomènes Physiques Associés au Soudage



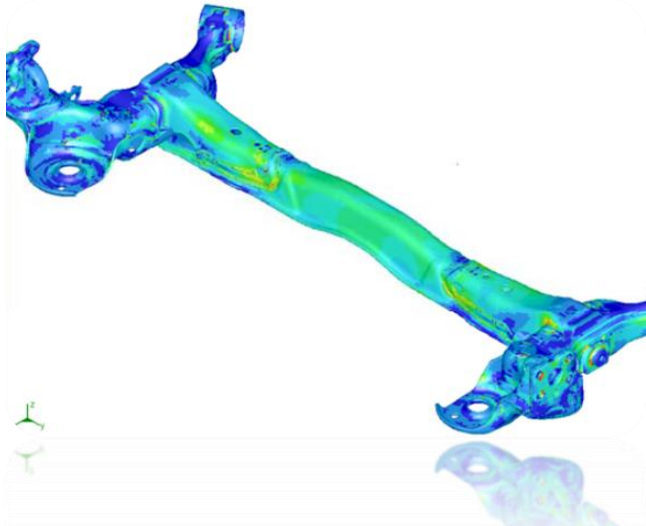
- La solution proposée doit être en ligne avec les exigences industrielles
  - **Innovante, Prédicative, Intuitive, Rapide, Robuste**
    - Développement et Intégration
      - De Modèles Mathématiques Avancés
        - TFMM (Thermique-Fluide-Métallurgique-Mécanique)
      - De Méthodes Spécifiques
        - eXtended Finite Element (XFEM), Element P1+P1, Local-Global
        - ...
    - Facile d'utilisation, Orientée métier, Intégrée sur une plateforme commune
    - Offrir des temps réponses adaptés (Réduction du temps de calcul, Version Parallèle DMP, Optimisation)
  - **Interopérable avec les autres solutions métiers développés chez ESI**

- *Solution Prédictive*

*Développement et Intégration de Modèles Mathématiques Avancés: TFMM (Thermique-Fluide-Métallurgique-Mécanique)*

- Implémentation numérique du critère de fatigue polycyclique de Dang Van.

$$\sigma_{eq} = \text{Max}_{\vec{n}} \text{Max}_t \left[ \|\vec{\tau}(t) - \vec{\tau}_m\| + \frac{1}{2} \cdot \frac{3b\sigma_f}{(1-b\sigma_f)} \cdot \sigma_H(t) \right] \cdot 2(1 - b\sigma_f)$$



PSA PEUGEOT CITROËN

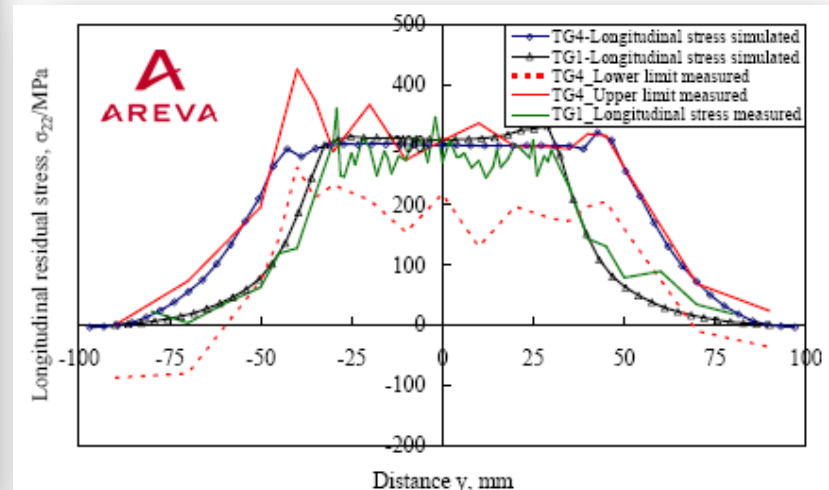
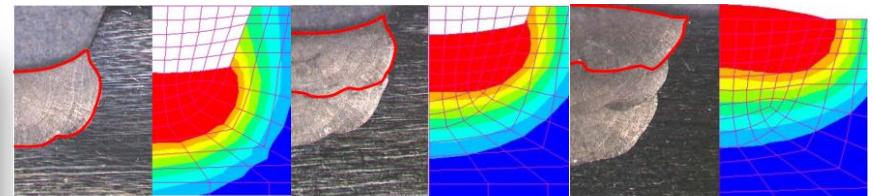
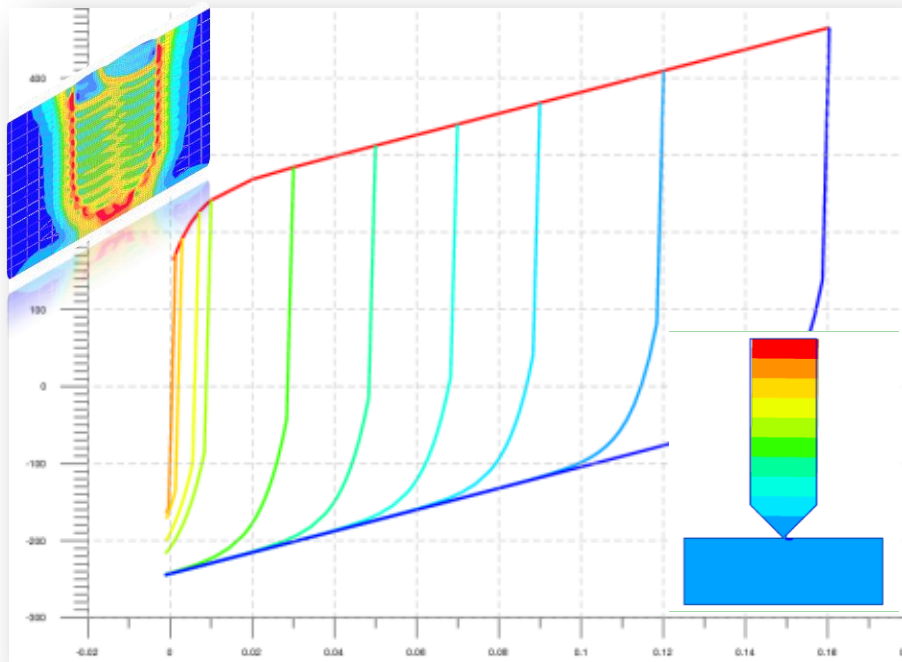
- Détermination des trajets de chargements endommageant et tenue mécanique de l'assemblage soudée



## ■ Solution Prédictive

*Développement et Intégration de Modèles Mathématiques Avancés: TFMM (Thermique-Fluide-Métallurgique-Mécanique)*

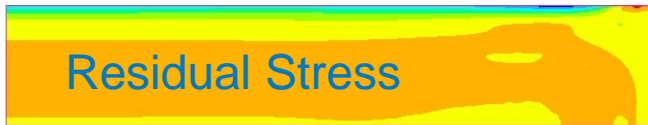
- Ecrouissage non-linéaire mixte Cinématique & Isotrope
- Prédiction fine des Contraintes résiduelles dans le cadre du soudage multi-pass



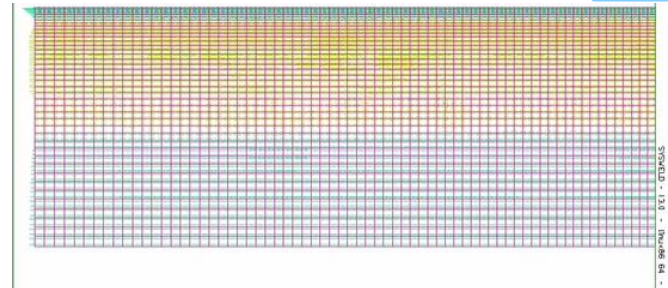
- *Solution Prédictive*

*Développement et Intégration de Méthodes Spécifiques*

- eXtended Finite Element (X-FEM) couplé avec les fonctions level set pour les analyses 3D à la rupture après soudage (Propagation de fissure).



Propagation de fissure



Initial Crack

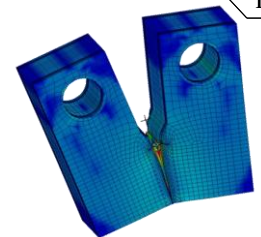
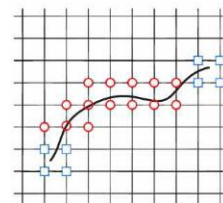
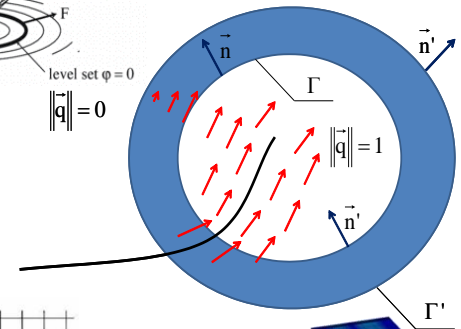
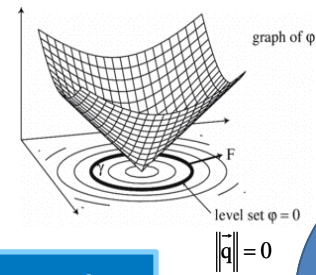
X-FEM

New Crack

Stress intensity factors

Propagation law

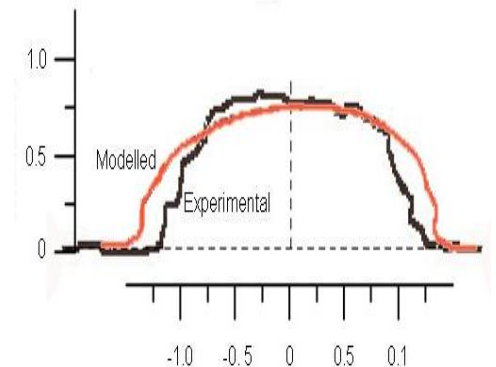
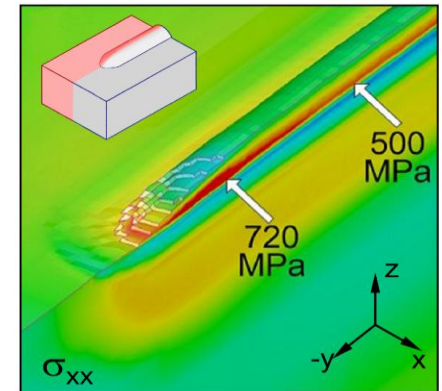
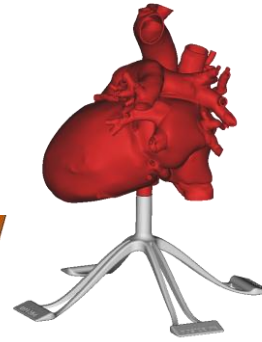
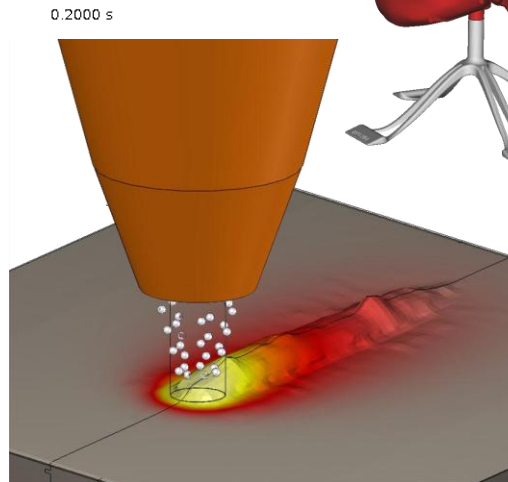
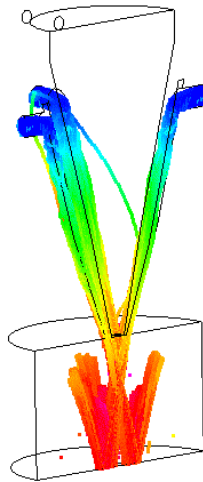
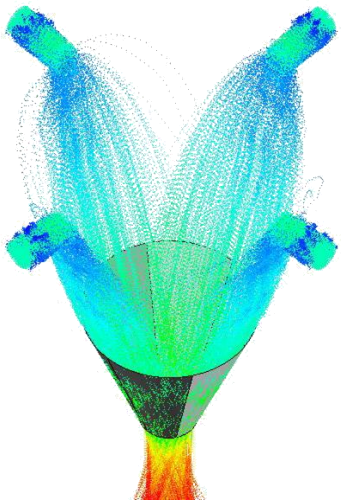
Failure



- *Solution Innovante (Additive Manufacturing)*

*Modélisation thermo-fluide couplage CFD-ACE+ SYSWELD*

- Optimisation du processus de Fabrication
- Multiple Layer Laser Direct Metal Deposition
- Powder & Gaz flow modélisation

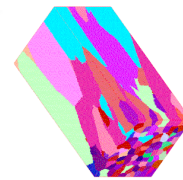
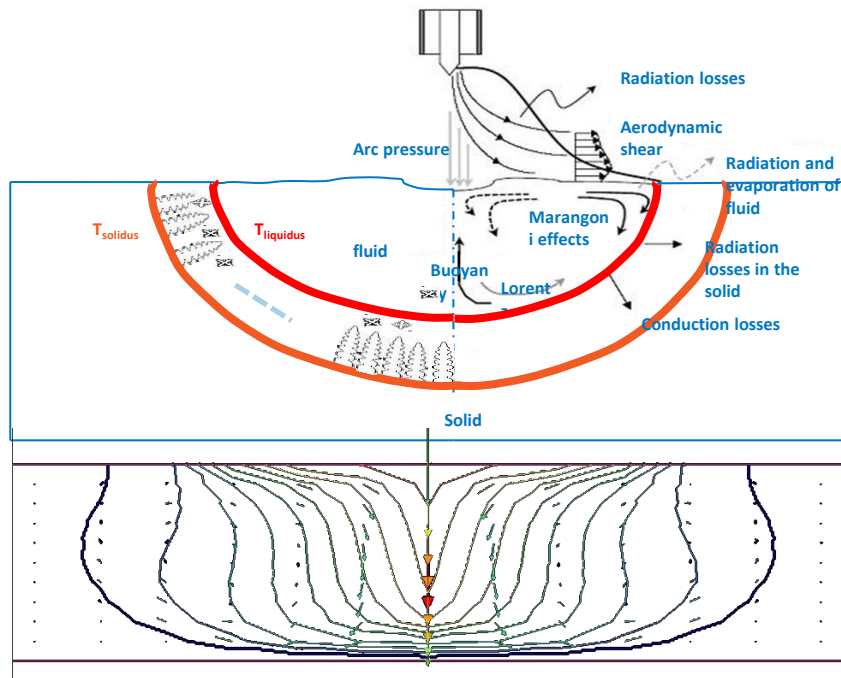




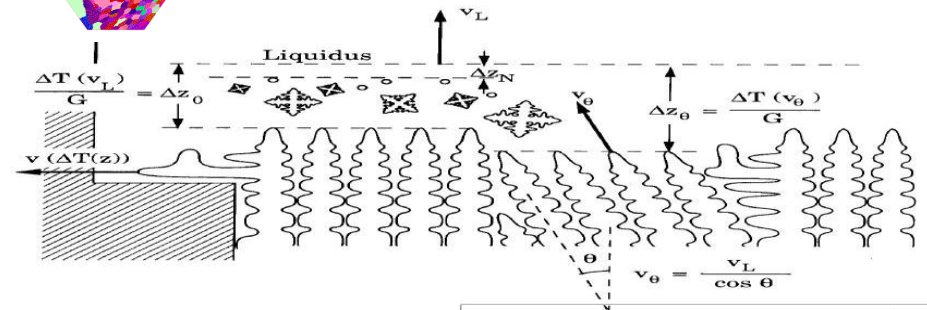
- *Solution Innovante*

*Modélisation thermo-fluide et solidification dans le cadre du soudage à l'ARC*

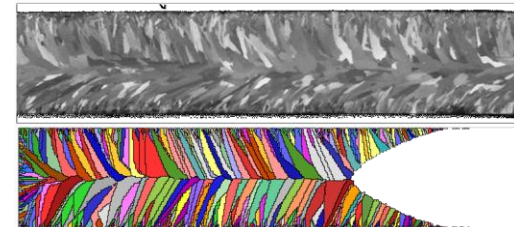
- Implémentation d'une loi de comportement mixte liquide-solide intégrant le modèle « CAFE » de solidification



Cellular Automata Finite Elements  
Description Structure de Grains  
Vitesse de Solidification



Tension de surface  
Effet Marangoni  
Poids propre du fluide  
Dilatation du fluide

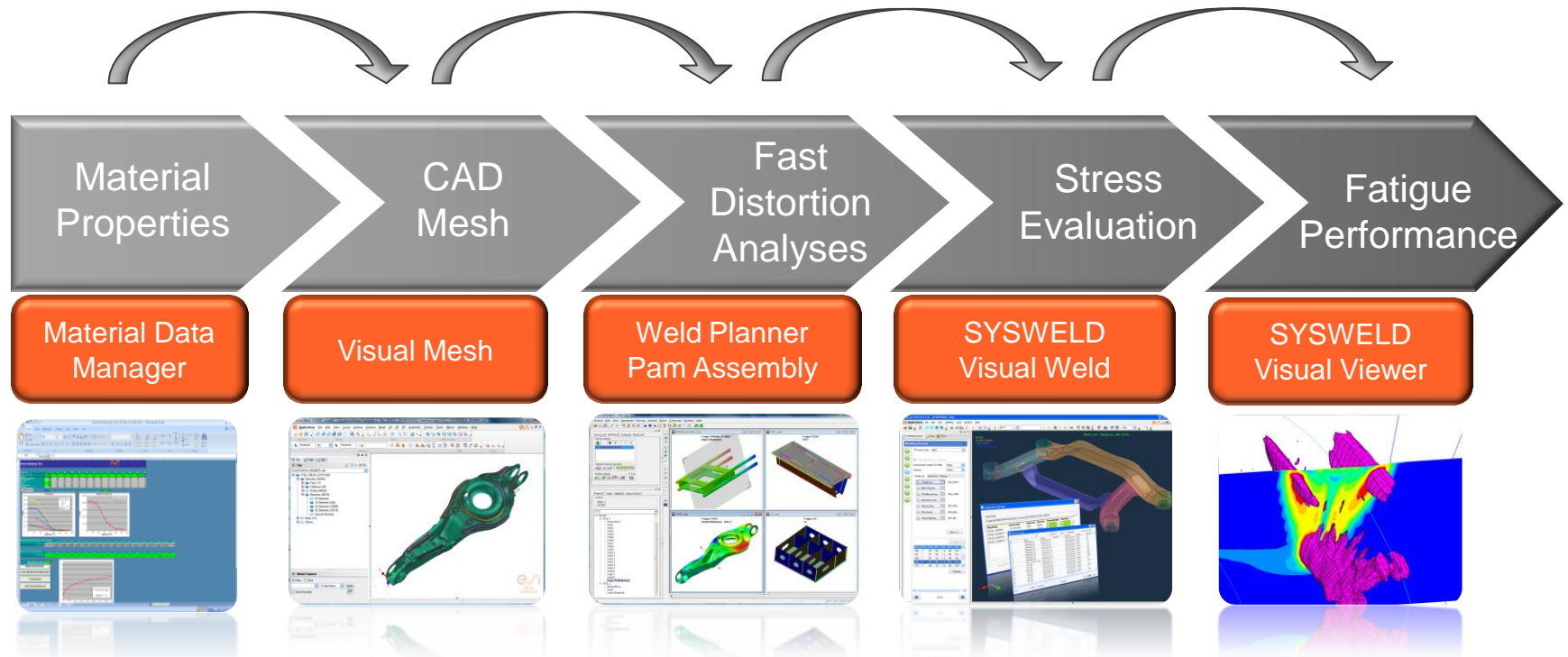


- *Solution Intuitive*

Facile d'utilisation, Orientée métier, Intégrée sur une Plateforme commune

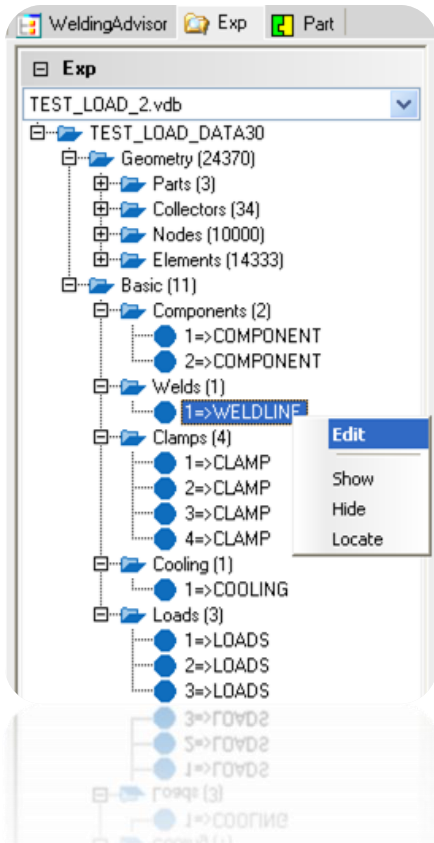
- Une solution intégrée dans la Plateforme commune Visual d'ESI

- Visual Mesh – **Weld - Heat Treatment** – Process – Viewer

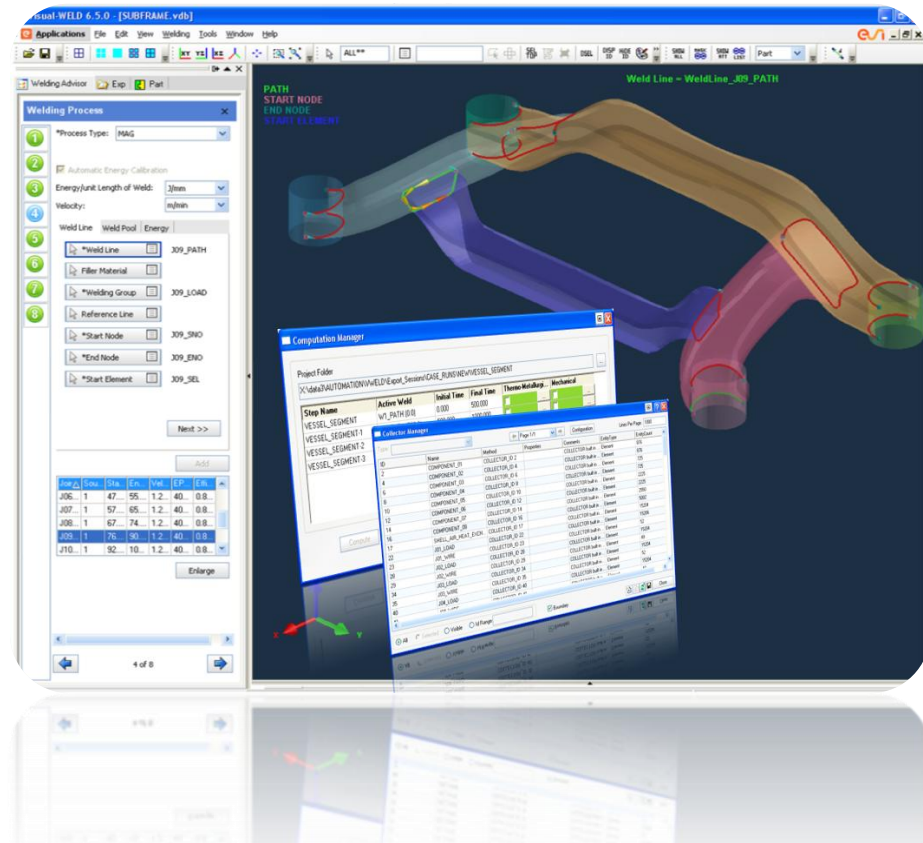
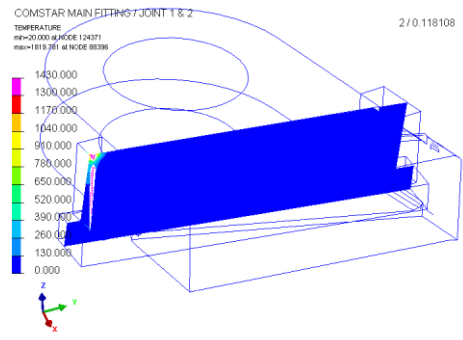


## ■ Solution Intuitive

Facile d'utilisation, Orientée métier, Intégrée sur la plateforme commune Visual d'ESI / Visual Weld



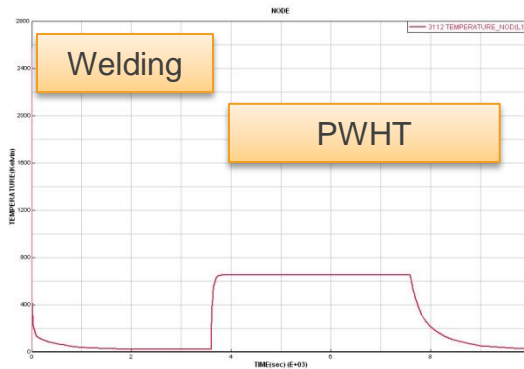
- Project Description
- Global Parameter
- Component Properties
- **Welding Process**
- Cooling Condition
- Clamping Condition
- Loads and Deformations
- Solution Parameters



- **Solution Intuitive**

Facile d'utilisation, Orientée métier, Intégrée sur la plateforme commune Visual d'ESI / Visual Heat Treatment (PWHT)

- Project Description
- Global Parameter
- Component Properties
- Heat Treatment Process
- Clamping Condition
- Loads and Deformations
- Solution Parameter



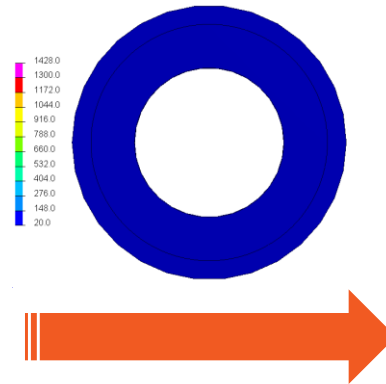
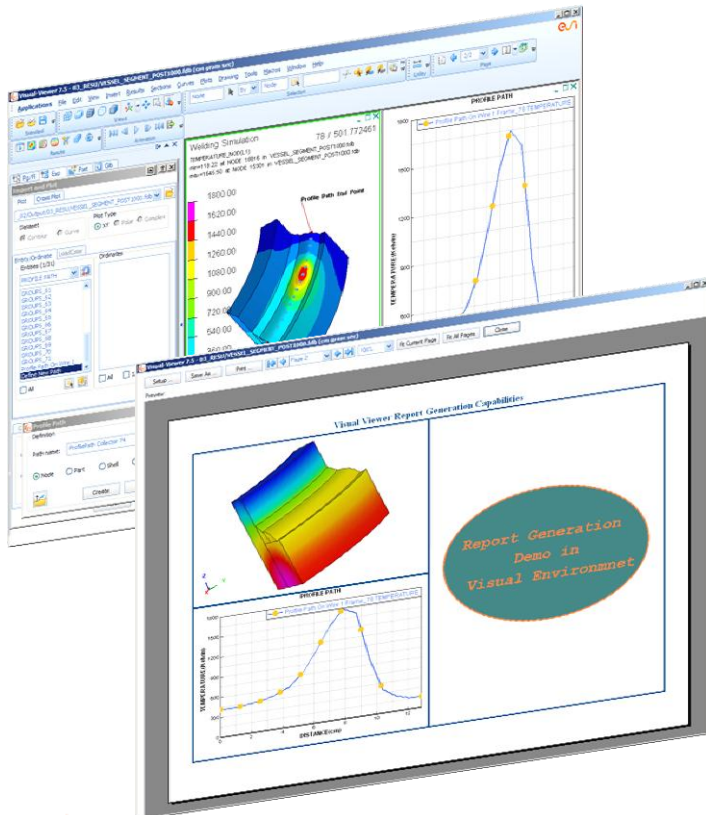
Name	Quench Media	Start T <sub>i</sub>	Duration	Intermediate T <sub>i</sub>	Initial T <sub>e</sub>
QU... DURIX...	110.000	NA	NA	NA	NA
QU... DURIX...	20.000	NA	NA	NA	NA



## ■ Solution Intuitive

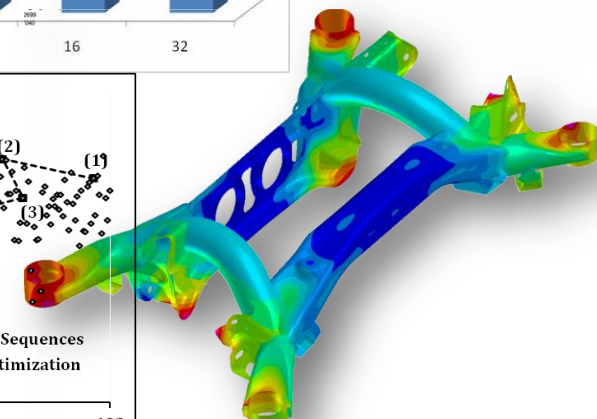
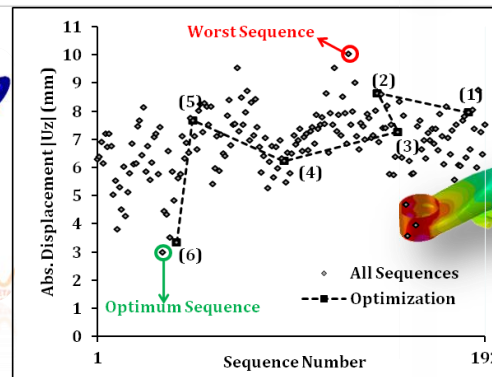
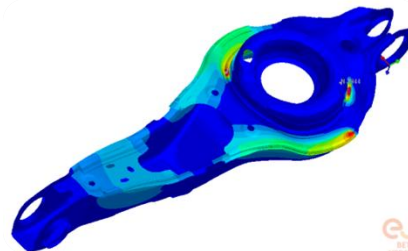
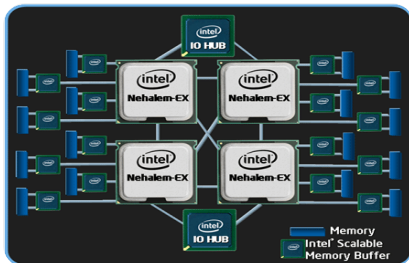
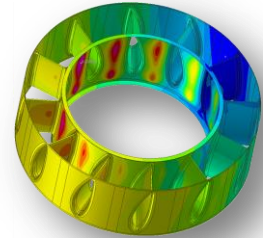
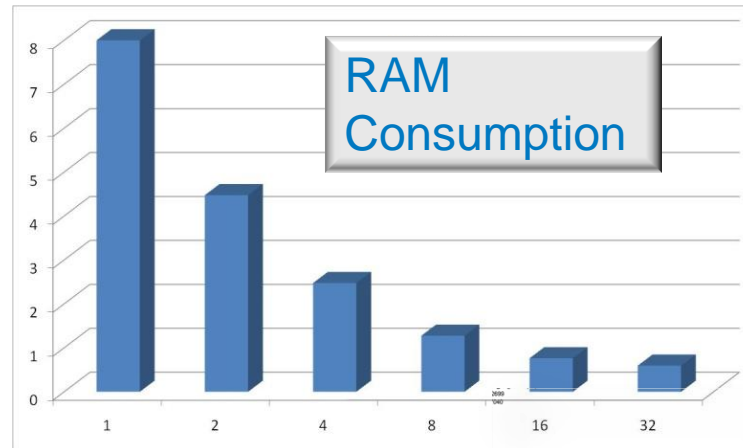
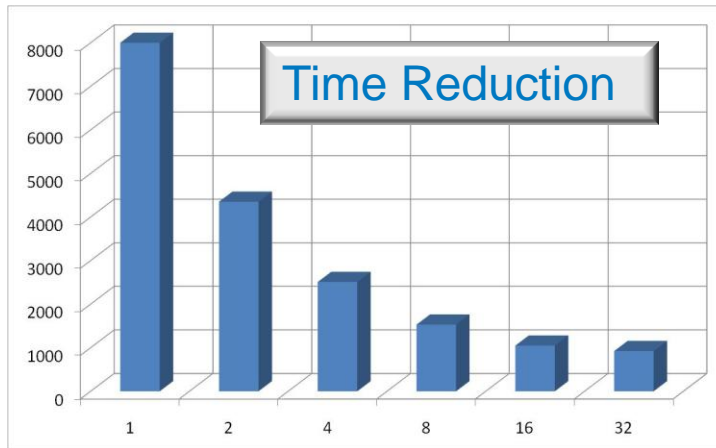
Visualisation des résultats et prise de décision

Aujourd'hui **Visual Viewer** demain **IC.IDO**: la réalité virtuelle 3D

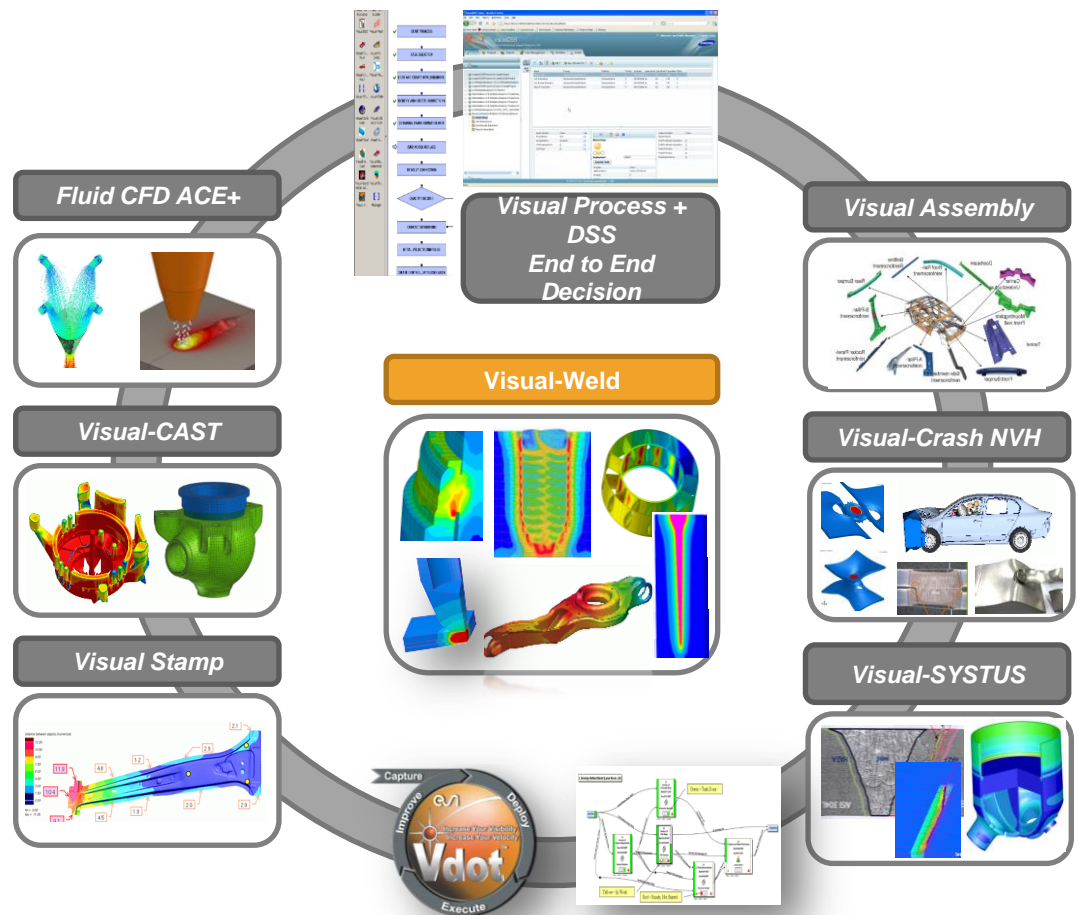
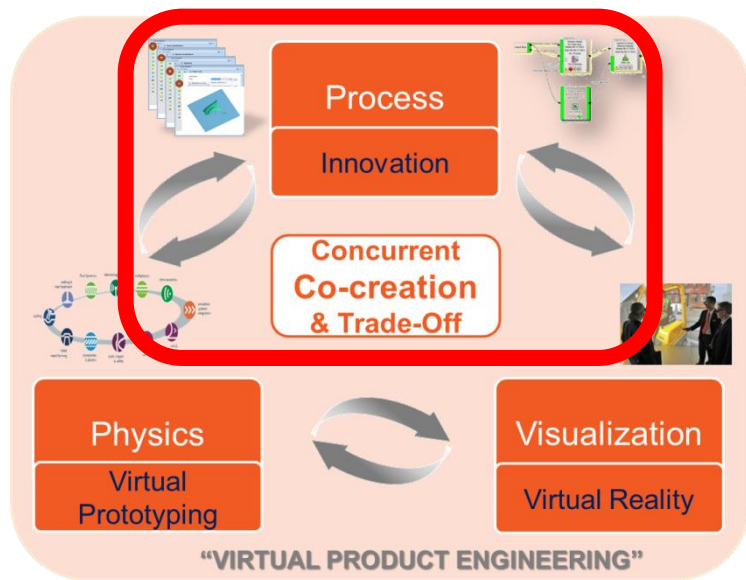


## — Solution Rapide

*Offrir des temps réponses adaptés (Réduction du temps de calcul, Version Parallèle DMP, Autorisant l'Optimisation)*



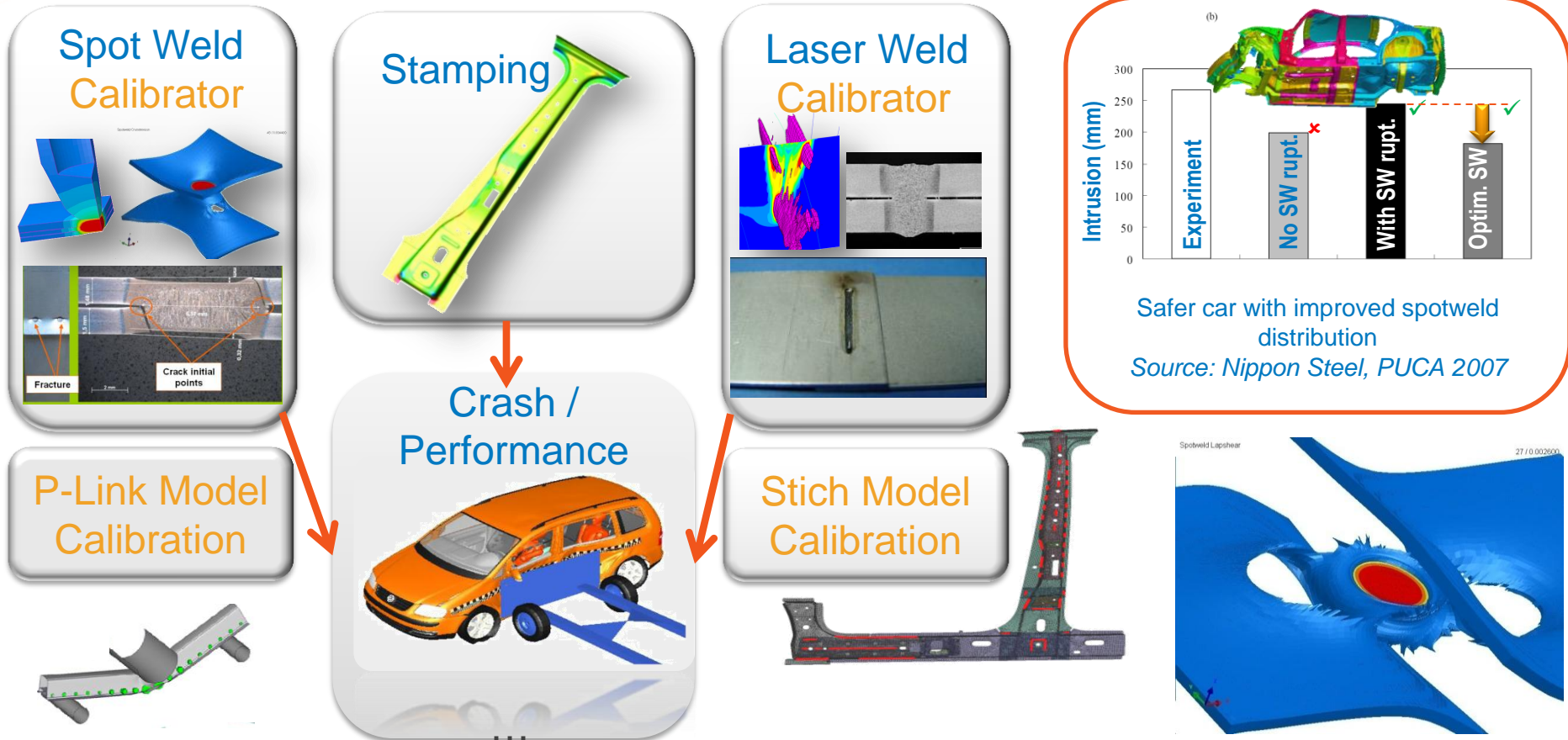
- La Solution de Soudage doit s'intégrer dans la chaîne complète de conception et de fabrication.





## End to End Solution

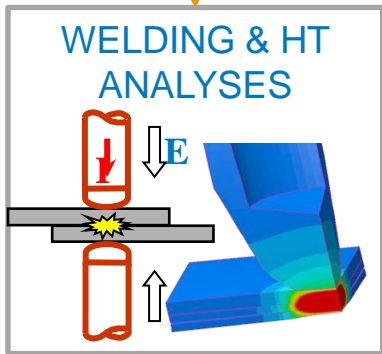
Prise en compte de la chaîne complète de fabrication pour l'optimisation de la performance produit (Stamp-Weld-Crash)





M1

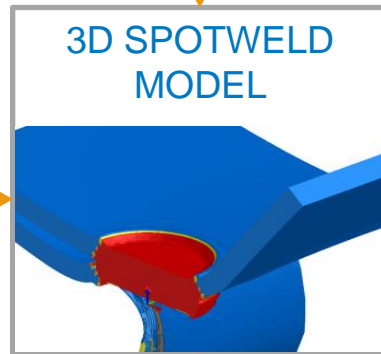
Material properties  
CCT diagrams  
Process conditions



Local properties  
EWK parameters?

M2

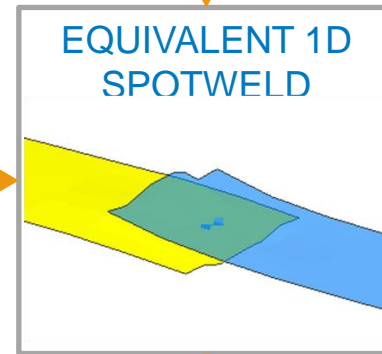
Sample geometry  
Test conditions



Force-deflection  
Absorbed energy

M3

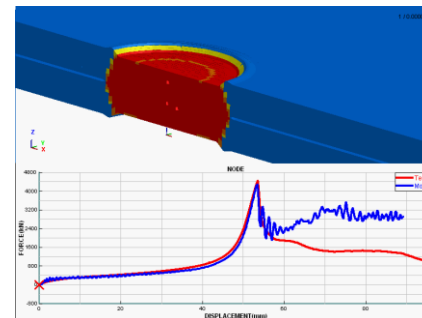
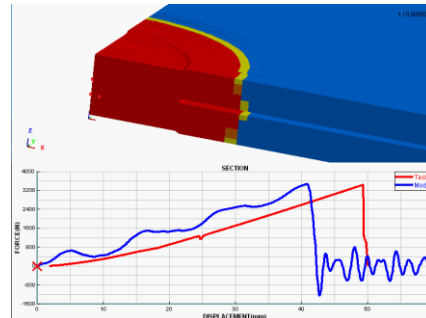
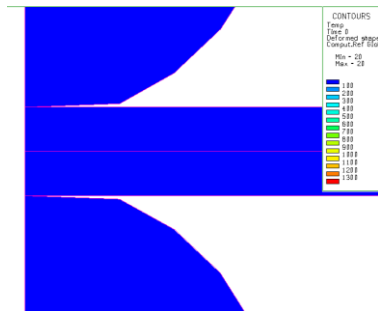
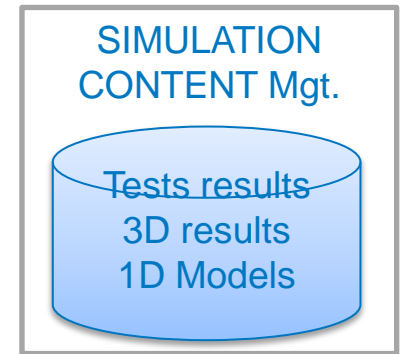
Rupture model  
& parameters



Force-deflection  
Absorbed energy

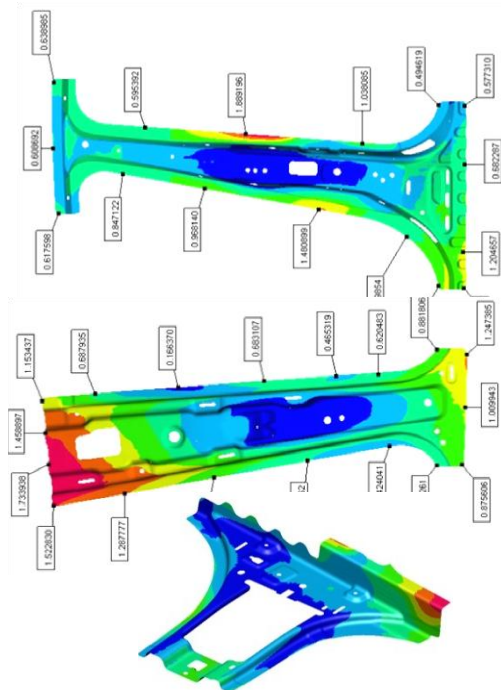
M4

Data base  
Development

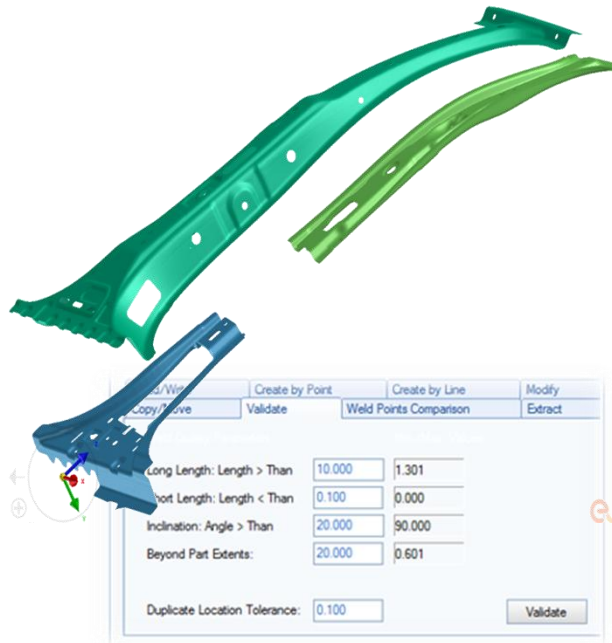


- Prise en compte de la chaîne complète de fabrication pour satisfaire les tolérances géométriques prédéfinies lors de la phase de conception

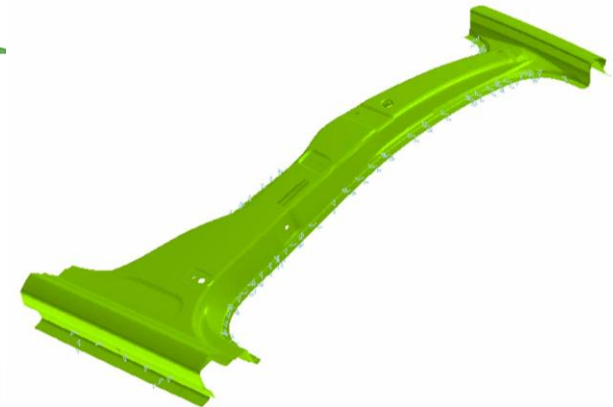
Stamp



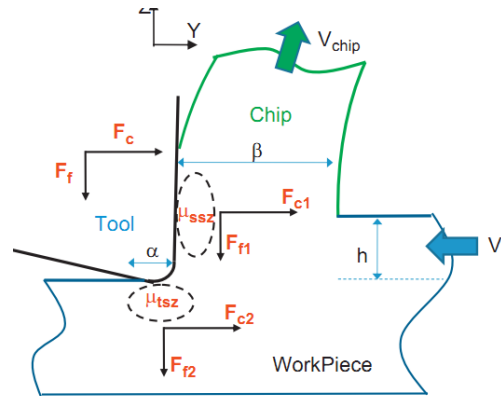
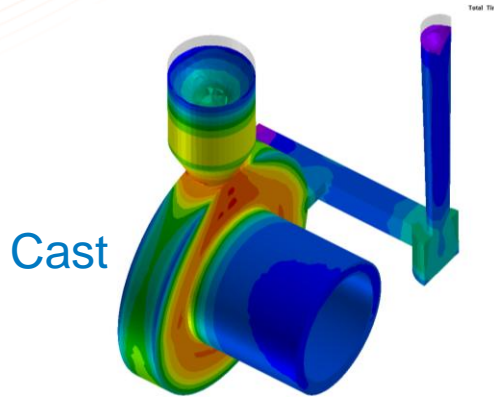
Spot Weld Assembly



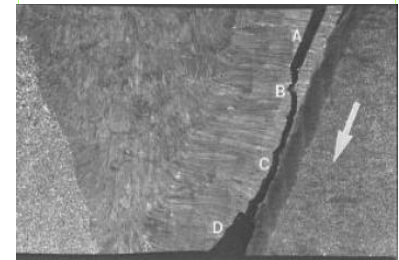
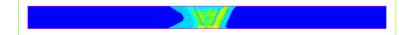
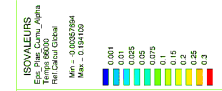
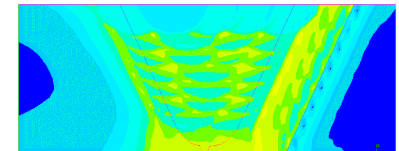
Assembly sequence



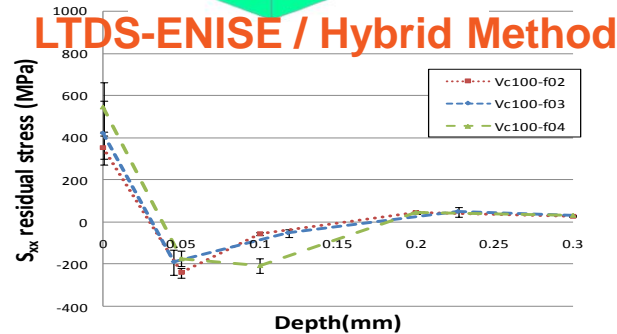
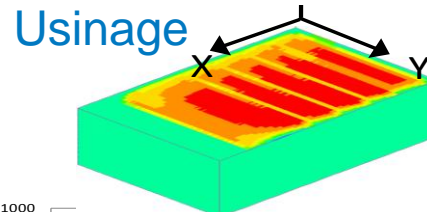
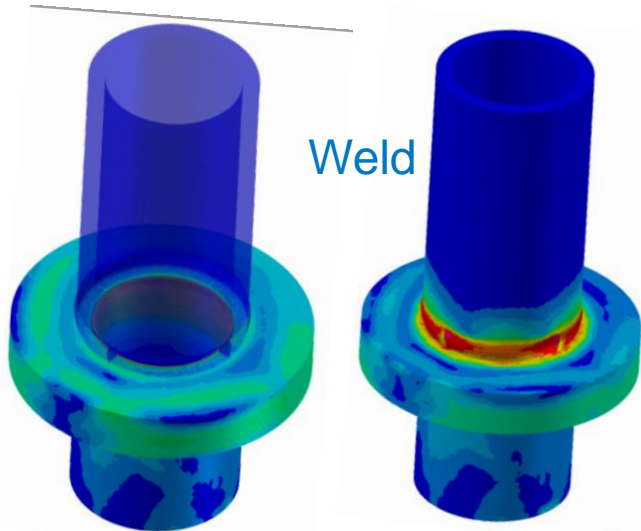
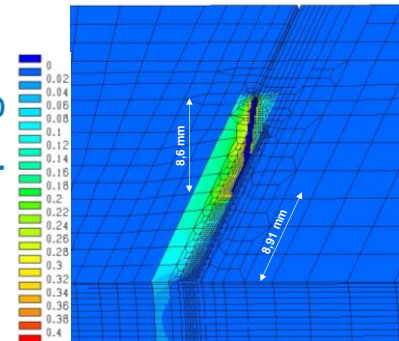
- La Solution de Soudage doit s'intégrer dans la chaîne complète de conception et de fabrication



Weld



Propagation de fissure



- Innovante,
  - Prédicative,
    - Intuitive,
      - Rapide,
- Intégrée dans la chaîne complète de conception et de fabrication





[www.esi-group.com](http://www.esi-group.com)