



HAL
open science

Fissuration à chaud en soudage d'un acier inoxydable austénitique

Yuan Gao, Olivier Asserin, Danièle Ayrault, Olivier Fandeur, Olivier Fandeur,
Rémi Robidet, Denis Solas, Philippe Pilvin

► **To cite this version:**

Yuan Gao, Olivier Asserin, Danièle Ayrault, Olivier Fandeur, Olivier Fandeur, et al.. Fissuration à chaud en soudage d'un acier inoxydable austénitique. Congrès Français de Mécanique 2017, Aug 2017, Lille, France. 2017. hal-02417735

HAL Id: hal-02417735

<https://hal.science/hal-02417735v1>

Submitted on 18 Dec 2019

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Yuan GAO^{a,c}, Olivier ASSERIN^a, Danièle AYRAULT^a, Olivier FANDEUR^b, Rémi ROBIDET^a, Denis SOLAS^d, Philippe PILVIN^c

^a CEA, DEN, DANS, DM2S, SEMT, LTA, 91191 Gif-sur-Yvette, France

^b CEA, DEN, DANS, DM2S, SEMT, LM2S, 91191 Gif-sur-Yvette, France

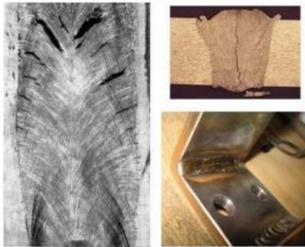
^c Université de Bretagne-Sud, Labo iRDdL (FRE CNRS 3744), Rue Saint-Maudé, 56321 Lorient, France

^d Université Paris-Sud, ICMMO, Rue du Doyen Georges Poitou, 91405 Orsay, France



Fissuration à chaud en soudage d'un acier inoxydable austénitique

Contexte



Fissuration à chaud en cours de soudage

Fissuration à chaud susceptible de se produire au cours d'une opération de soudage.

Trois types de fissuration à chaud :

- fissure de solidification
- fissure de liquation
- fissure par chute de ductilité en phase solide

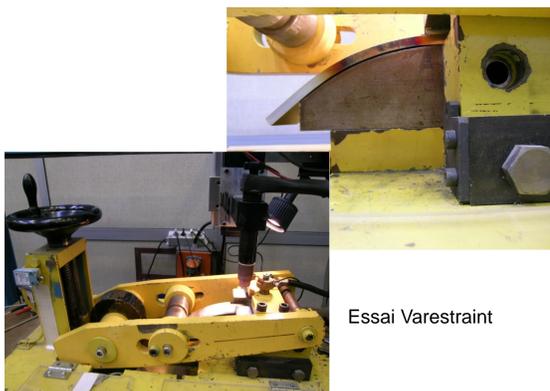
Fissuration à chaud de solidification est un risque lors du soudage d'aciers inoxydables austénitiques.

Les règles de construction et de conception des composants nucléaires n'autorisent pas la présence de fissures dans les soudures.

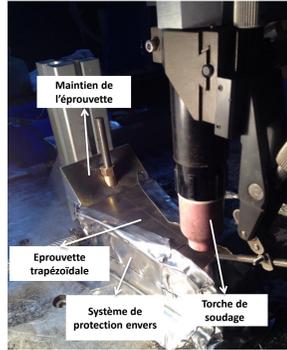
Une qualité sans défaut nécessite de :

- prévenir ce risque
- s'assurer que les matériaux présentent une aptitude satisfaisante au soudage

Objectifs



Essai Varestraint

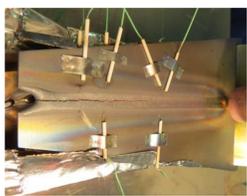


Essai JWRI

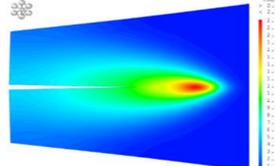
- Proposer un essai de fissilité qui réalise le compromis sensibilité/robustesse : **sensibilité** pour différencier les nuances du matériau et dégager un **critère thermomécanique de fissuration à chaud** ; **robustesse** pour s'affranchir d'aléas opératoires et se mettre en conditions de **répétabilité**.
- Avancer dans la **compréhension des mécanismes de fissuration à chaud** et identifier un **critère thermomécanique de fissuration à chaud via la simulation numérique des essais de fissilité**.
- Caractériser les structures granulaires des zones fissurées et non fissurées afin de coupler des **approches multiéchelles de type CAFE (Cellular Automata Finite Element)** pour la prédiction de structures de grains avec le comportement thermomécanique de la zone pâteuse.

Couplage Simulation Numérique/Expérimental

Essais autobridés

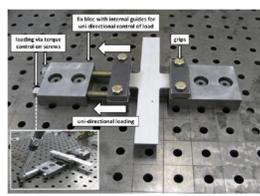


Essai JWRI Trapèze



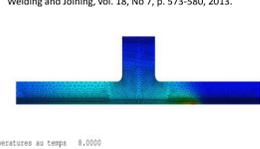
Champ de température simulé en 2D avec l'ouverture de fissure

- L'essai JWRI permet :
- d'avoir un arrêt de fissure
 - d'analyser les mécanismes de fissuration à chaud
 - d'identifier un **critère d'arrêt de fissure**



Essai CRW [1]

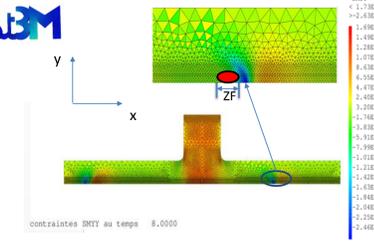
[1] N. CONIGLIO, M. PATRY, Science and Technology of Welding and Joining, vol. 18, No 7, p. 573-580, 2013.



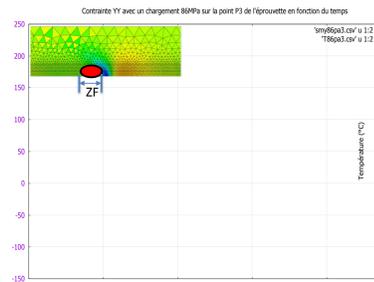
Champ de température simulé en 2D

- Avantage de l'essai CRW : amorçage et arrêt de fissure
- Simulation numérique des essais : comprendre les mécanismes locaux de FàC et identifier un **critère d'amorçage de fissure**

Essais à chargement contrôlé

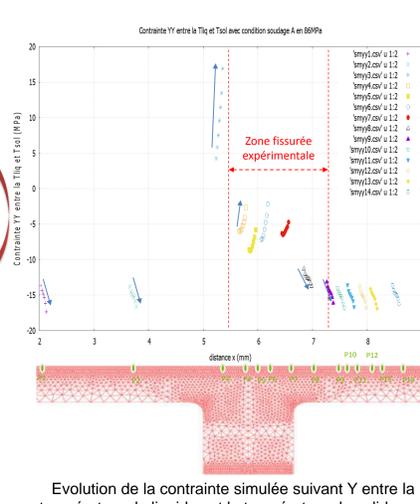


Champ de contrainte suivant l'axe Y simulé en 2D



Courbe bleue : température au point P3 au cours du temps
Courbe violette : contrainte suivant Y au point P3 au cours du temps

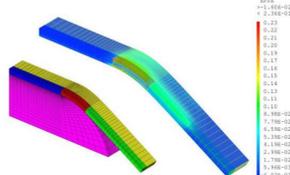
Relation entre contraintes et zone de fissuration



Evolution de la contrainte simulée suivant Y entre la température de liquidus et la température de solidus en différents points de l'éprouvette



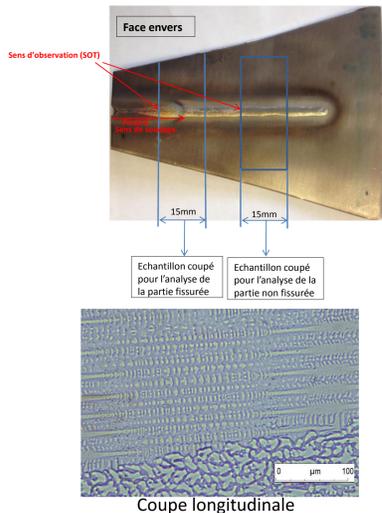
Essai Varestraint



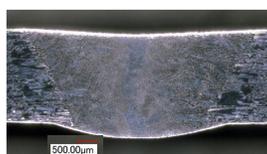
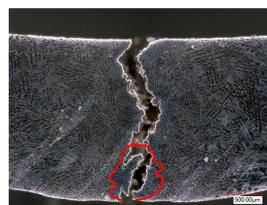
Champ de déformation simulé en 3D

- Benchmark Cast3M/Abaqus
- Simulation Varestraint : classer des matériaux au regard de leur sensibilité à la fissuration à chaud

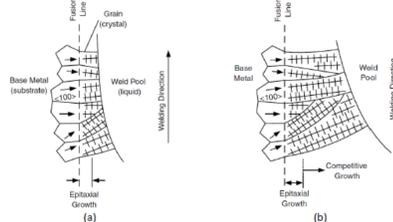
Examens métallographiques et résultats expérimentaux



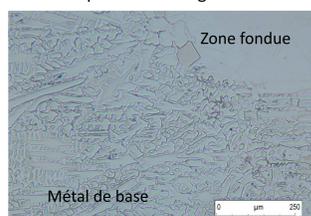
Coupe longitudinale



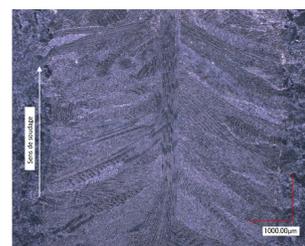
Coupe transversale



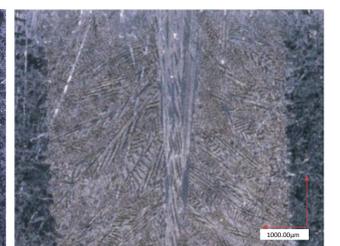
(a): croissance en épitaxie des grains près de la ligne de fusion
(b): croissance compétitive entre grains dans la zone de fusion



Micrographie sur la zone d'épitaxie

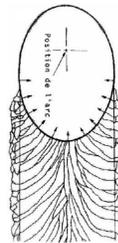


(a)



(b)

Coupe vue de dessus : (a) $V_s = 150 \text{ mm/min}$; (b) $V_s = 80 \text{ mm/min}$



Structure de cordon pour bain elliptique

La direction de croissance préférentielle est la direction $\langle 100 \rangle$ qui est alignée avec le gradient de température

Conclusions et perspectives

- Mise en place d'un essai de fissuration à chaud à chargement contrôlé de type CRW pour le procédé TIG et le matériau de base 316L(N),
- Les premières confrontations simulations expériences montrent un effet de la contrainte locale s'exerçant à l'arrière du bain dans l'intervalle solide-liquide sur la fissuration à chaud.
- Identifier un critère thermomécanique de fissuration à chaud en réalisant les simulations numériques des essais de fissuration à chaud,