



Découpe



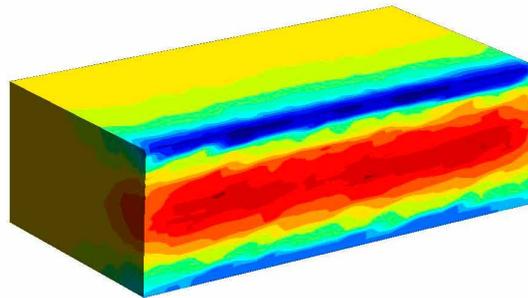
## MÉTHODE DU CONTOUR

Mesure



## CONTRÔLE DESTRUCTIF DES CONTRAINTE RÉSIDUELLES

Calcul



### OBJECTIF DU CONTRÔLE DES CONTRAINTE RÉSIDUELLES PAR LA MÉTHODE DU CONTOUR

#### Optimisation des procédés de fabrication / mise en forme

Les contraintes résiduelles sont des contraintes auto équilibrées présentes dans une pièce en absence de tous chargements extérieurs. Elles peuvent affecter de manière très significative les propriétés mécaniques des matériaux et des composants structuraux, notamment la durée de vie en fatigue, la stabilité dimensionnelle, la résistance à la corrosion ou encore la rupture fragile. Leur effet n'est pas toujours bénéfique, et donc la **mesure et l'analyse des contraintes résiduelles** deviennent des étapes obligatoires dans la conception des pièces et des éléments structuraux pour garantir la **qualité des produits**.

#### Contrôle et qualification de pièces à fortes épaisseurs

La méthode du contour est une technique destructive à mise en œuvre « facile » par rapport à la richesse des résultats. Elle permet la caractérisation de fortes épaisseurs et une cartographie complète des contraintes résiduelles sur la section d'une pièce ou d'un composant.

Tous les procédés influençant les contraintes résiduelles :

- Coulée, fonderie, forge
- Mise en forme à chaud ou à froid
- Fabrication additive
- Traitements thermiques
- Assemblage mécanique
- Soudage
- Découpe
- Ébauche
- Usinage de finition, rectification
- Revêtements et traitements de surface
- Traitements de surface mécanique (grenailage, martelage, galetage, etc.)



Usinage de finition, rectification



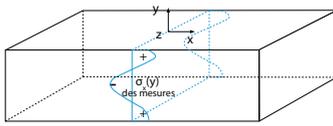
Soudage

## PRINCIPE DE LA MÉTHODE

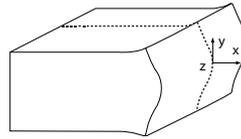
La pièce, dont on veut caractériser les contraintes sur toute la section, est coupée en deux par un procédé optimisé d'électro-érosion fil.

Sous l'effet de la relaxation des contraintes, les surfaces de découpe ne restent pas planes. Les déformations des surfaces sont mesurées par profilométrie. On peut ensuite calculer les contraintes sur toute la section de la pièce par une méthode inverse par simulation éléments finis.

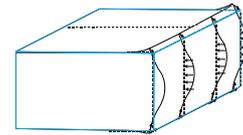
Principe de superposition de Bueckner - base de la méthode du contour



État initial des contraintes dans la matière



Déformation du plan de coupe par relaxation des contraintes



Calcul des contraintes par éléments finis

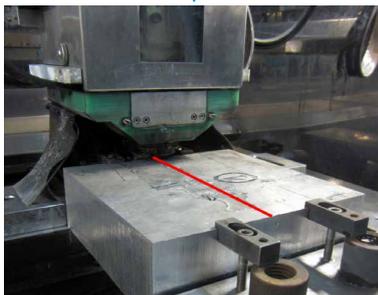
## Avantages de la méthode du contour

- ▶ Obtention d'une cartographie sur toute la section d'une pièce
- ▶ Comparaison simplifiée avec les simulations numériques des procédés de mise en forme
- ▶ Mesure sur de grandes épaisseurs

## PROTOCOLE DE MESURE

Le laboratoire SONATS apporte son expertise à toutes les étapes de la méthode grâce à un protocole maîtrisé, des calculs entièrement automatisés et un réseau de partenaires qualifiés.

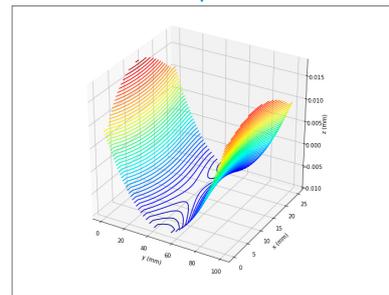
### 1. Découpe



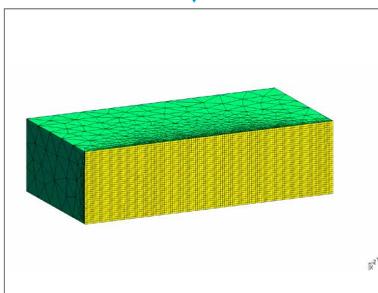
### 2. Profilométrie



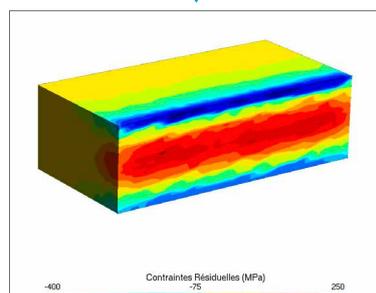
### 3. Interpolation



### 4. Mise en données du modèle EF



### 5. Calcul



### Logiciels utilisés



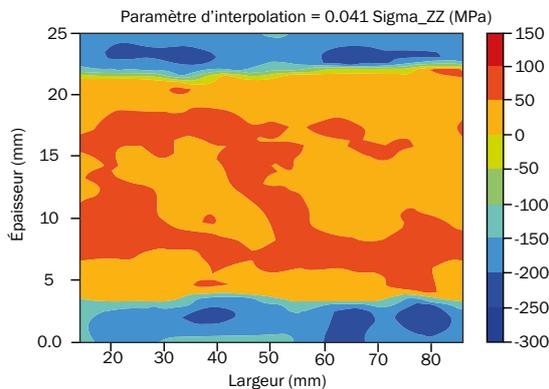
## Exemple d'application

La méthode du contour a été appliquée à une plaque en aluminium martelée sur les deux faces opposées. Les résultats se présentent sous forme d'une cartographie des contraintes résiduelles sur toute l'épaisseur de la plaque, et permettent de réaliser une analyse complète du champ de contraintes.

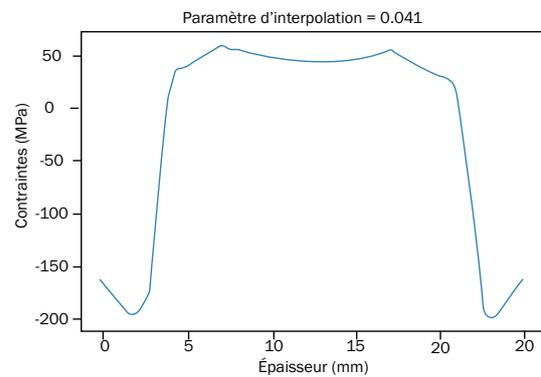
Dans le cas spécifique on observe que :

- Une mise en compression est observée sur les 3 premiers millimètres des surfaces martelées ;
- Des contraintes de traction à cœur ;
- Des hétérogénéités des contraintes dans la profondeur ;

L'accès à toutes les données de mesure permet de réaliser un profil de contrainte moyen sur toute l'épaisseur de la plaque.



Cartographie des contraintes résiduelles sur la section d'une plaque



Profil moyen des contraintes résiduelles en fonction de l'épaisseur

Exemples d'applications réalisés sur de nombreux matériaux et pièces industrielles :

- Plaques épaisses non détensionnées
- Pièce chaudronnerie aéronautique
- Profilé en aluminium
- Pièces martelées
- Plaques en acier avec un cordon de soudure
- Tube en acier après mise en forme
- Pièce en titane martelé
- Fabrication additive par dépôt de fils
- Barre en acier trempé / revenu / ou détensionné
- Anneau en acier forgé
- Cylindre en inconel soudé par friction
- Plaque titane et inconel soudées
- Fabrication additive par dépôt de fils fondu



## QUI SOMMES-NOUS ?

Le laboratoire SONATS vous accompagne dans la caractérisation de contraintes résiduelles et des matériaux, de la définition de votre problématique à la réalisation des études.

**Nous mettons à votre disposition notre expérience et nos bases de données pour interpréter les résultats. Cette étape est essentielle et constitue une véritable valorisation des résultats obtenus.**

Notre équipe est spécialisée en métallurgie, matériaux et mécanique. Nous saurons vous apporter les moyens pour vous engager dans une réelle démarche de qualité et d'amélioration de vos produits et procédés.

## Qualité - Prix - Délais

- Norme ASTM E837
- Société ISO 9001 et EN 9100
- Ingénieurs et docteurs en sciences des matériaux et mesures physiques
- Laboratoire audité et qualifié par les grands comptes de l'aérospatial civil et militaire
- Laboratoire membre actif du Groupement Français d'Analyse des Contraintes (GFAC)
- Vérification des appareils avant chaque série de mesure
- Suivi des appareils (carte de contrôle)
- Prix maîtrisés, délais les plus courts



## Autres méthodes de mesure des contraintes résiduelles chez SONATS

- Diffraction des rayons X non destructive en surface et en profondeur
- Méthode du contour
- Méthode du trou incrémental
- Accès aux grands instruments : Diffraction X Synchrotron et diffusion des neutrons

## ACTIVITÉS SONATS

Créée en 1991, SONATS est une société industrielle innovante spécialisée en traitements de surface mécaniques avec comme technologie principale le grenailage de précontrainte activé par ultrasons ou shot peening (Technologie STRESSONIC®).

SONATS offre une gamme complète de produits et services pour la compréhension et l'amélioration de la tenue en fatigue de vos ensembles et pièces métalliques :

- Équipements de grenailage de précontrainte
- Équipement de redressage/formage
- Équipement de martelage de soudure (HFMI- High Frequency Impact Treatment)
- Sous-traitance de grenailage (dans nos ateliers ou sur site client)
- Prestations de mesures et de caractérisations des contraintes résiduelles
- Distribution d'accessoires de grenailage de précontrainte et de sablage conventionnel

