



Journée Technique
CND sans contact

Contrôle sans contact de la géométrie des joints soudés pour le calcul en fiabilité

F. Schoefs
(GeM, Université de Nantes)



STRENGTH AT SEA

Olivier Pasqualini, Mikael Cazuguel, Patrick Allain
(DCNS)

Benoit Bigourdan
(Ifremer)

Le CND au GeM

- **15 personnes**
- **Thèmes:**
 - Résistivité
 - Fibres optiques
 - Analyse d'image / corrélation d'image
 - Géométrie par laser: modélisation
- Aide à la décision

all réservés



➤ PÔLE DE COMPÉTENCE ECND-PdL

Généralités sur les cordons de soudure



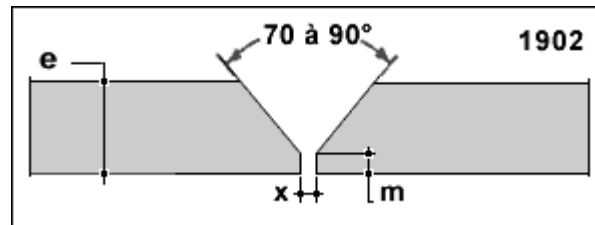
- Question de l'industriel : tenue en fatigue des cordons
- Plusieurs critères :
 - Type et géométrie du cordon
 - Technique de soudage

Généralités sur les cordons de soudure

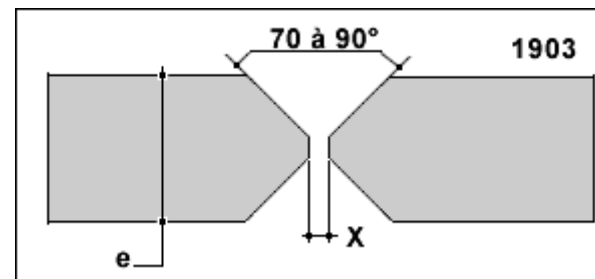
- Plusieurs géométries de cordons de soudure.

- Bout à bout

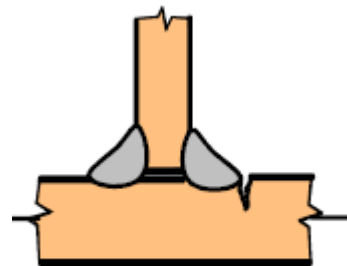
- Chanfrein en V



- Chanfrein en X

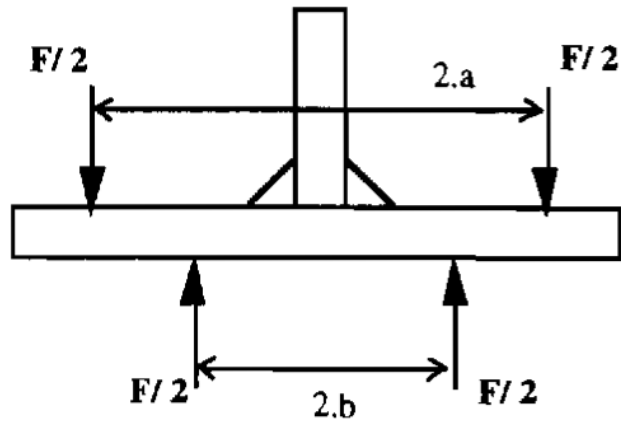


- En T



Cordon considéré dans l'étude

Le rôle de la géométrie



Huther I., 1996

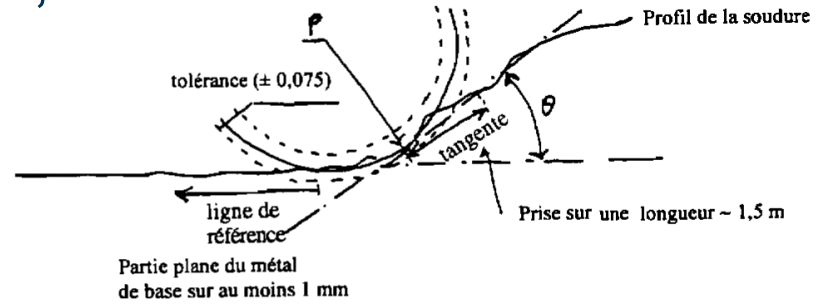


Figure 2.2: Principe du montage d'

Soudure horizontale

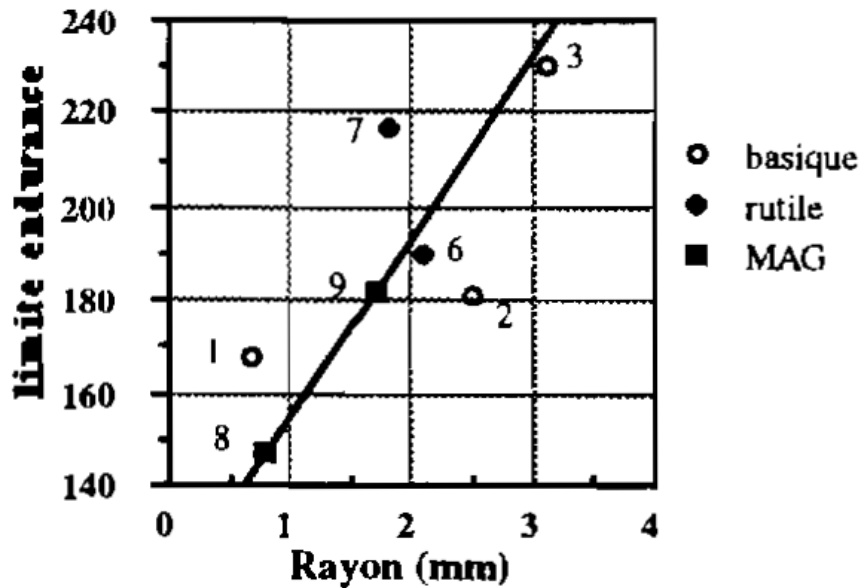


Fig 2.9: Corrélation $\Delta\sigma_D$ / rayon

Soudure horizontale

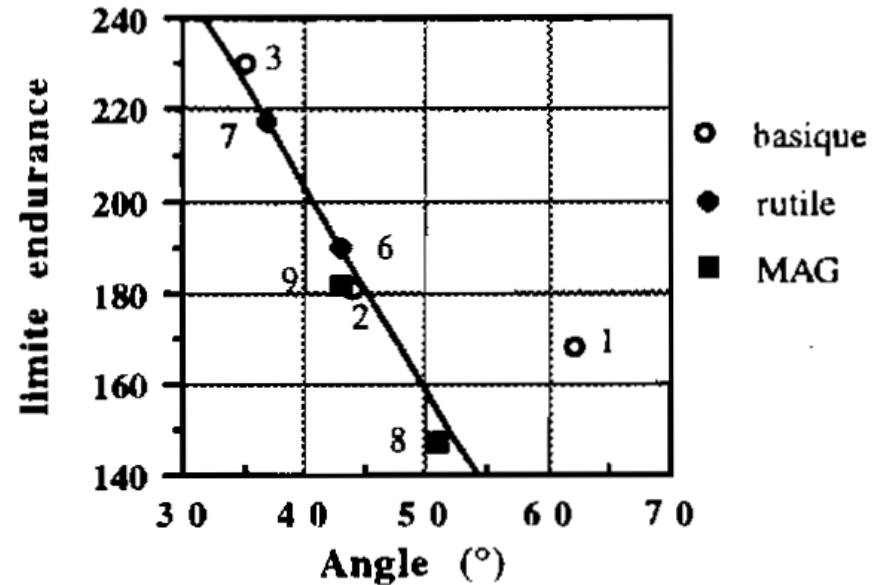


Fig 2.10: Corrélation $\Delta\sigma_D$ / angle

SOMMAIRE

Objectif de l'étude

(Notions basiques sur les champs stochastiques)

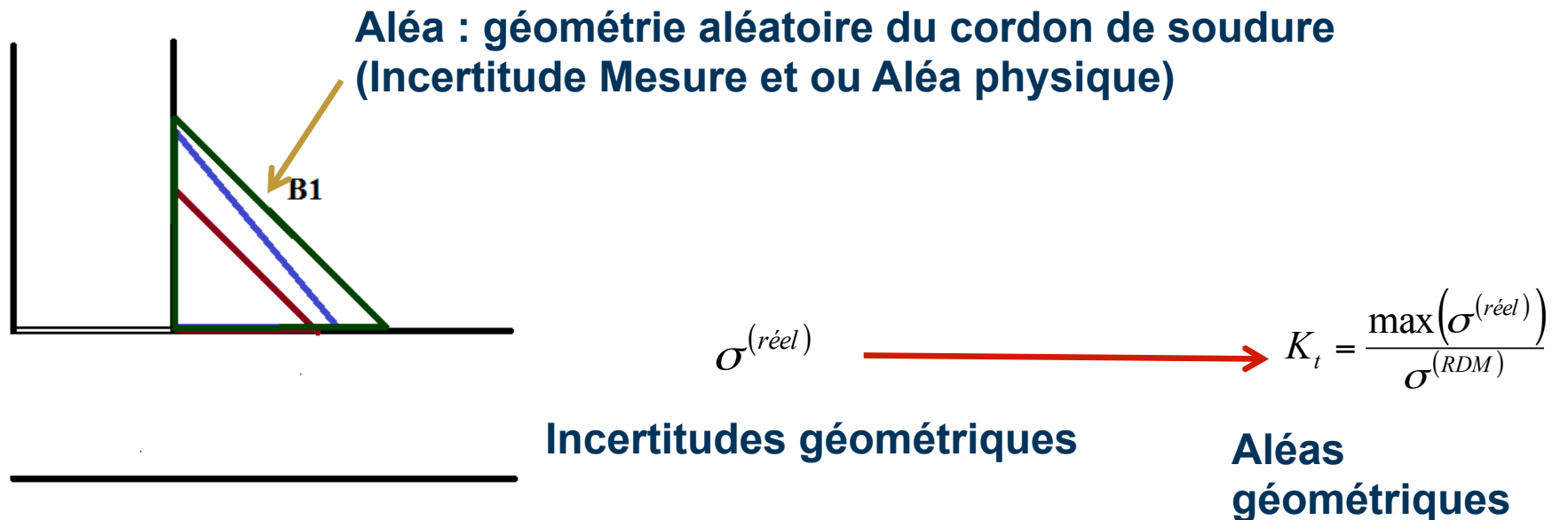
- 1. Analyse statistique de la géométrie des cordons de soudure**
- 2. XFEM Stochastiques**
- 3. Conclusion et suite de la thèse**



Objectif de l'étude

Objectif de l'étude

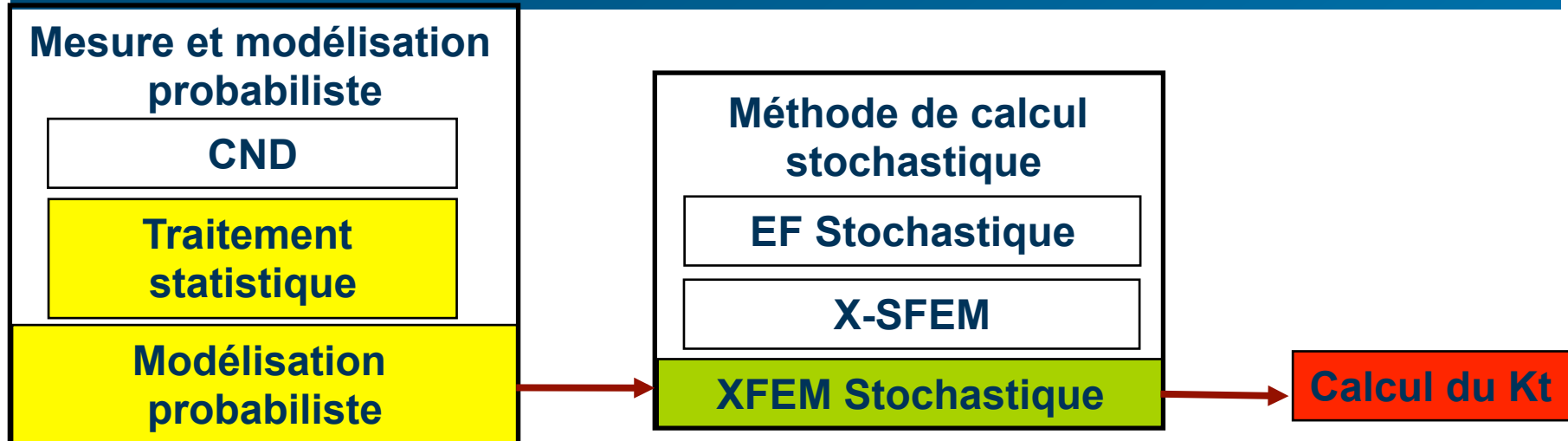
- Géométrie de cordons de soudure



- Utilisation de XFEM

- Efficace
- Géométrie aléatoire (level-sets) pour le cordon de soudure

Objectif de l'étude



- Etude statistique des cordons de soudure (géométrie aléatoire)

- Assimilation des méthodes XFEM Stochastiques

- Recherche d'une formulation analytique du K_t (coefficient de concentration de contrainte)



1. Analyse statistique des cordons de soudure

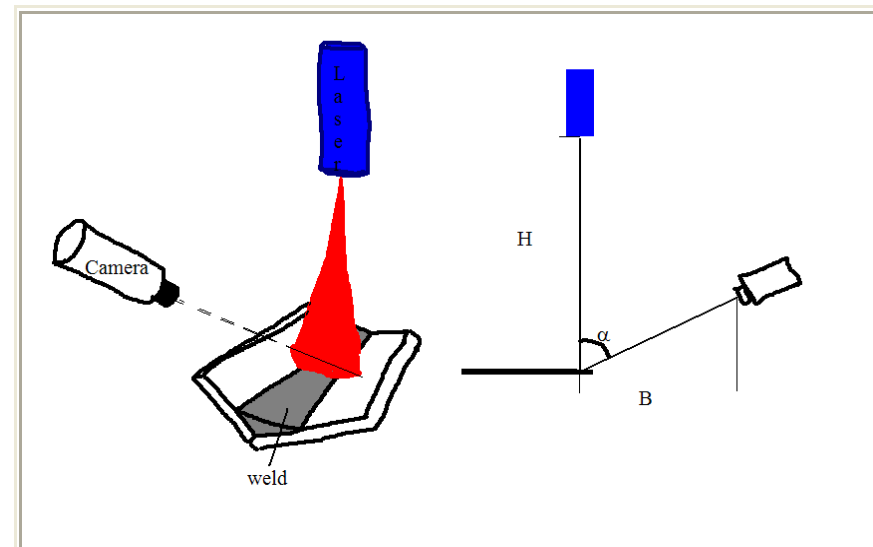
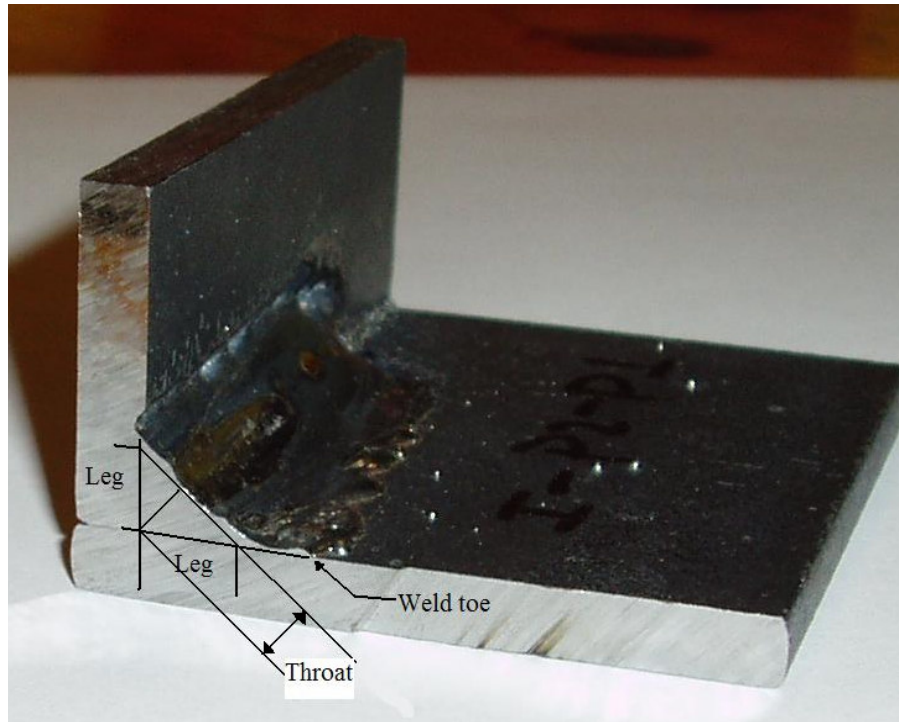
Procédés de mesure

2008:MR01



Methods for automatic inspection of weld geometry

Inger Eriksson



©DANS 2007 - all rights reserved / todos los derechos

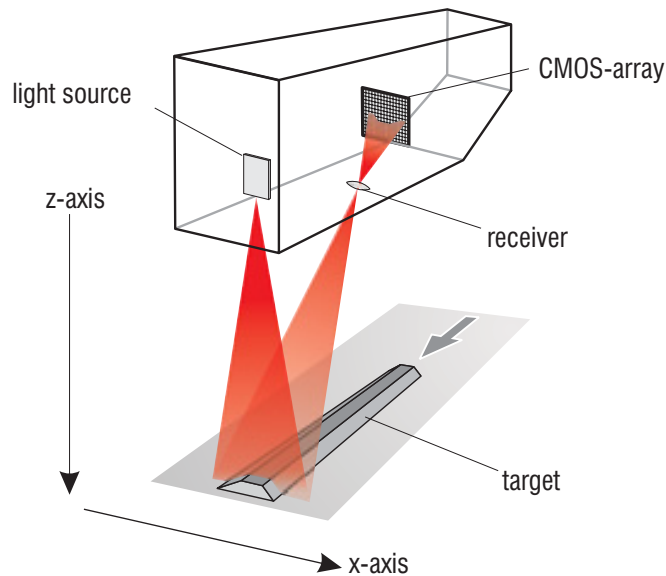
Procédés de mesure



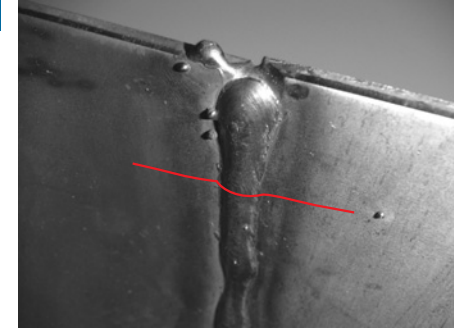
Limites actuelles:
capacité de stockage

Post traitement pas efficace
pour rayons raccordement: odg 1 mm

Measuring principle



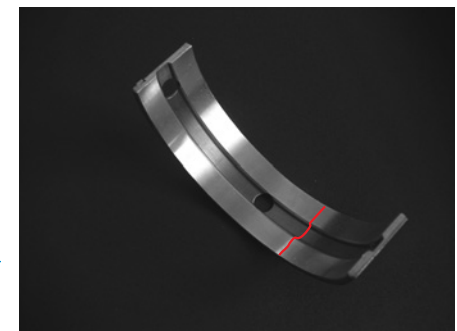
Typical applications



Welding bead / welding seam



Gap / joining contact



Groove width / groove depth

Procédés de mesure



Wiki-SCAN

SYSTÈME D'INSPECTION ULTIME

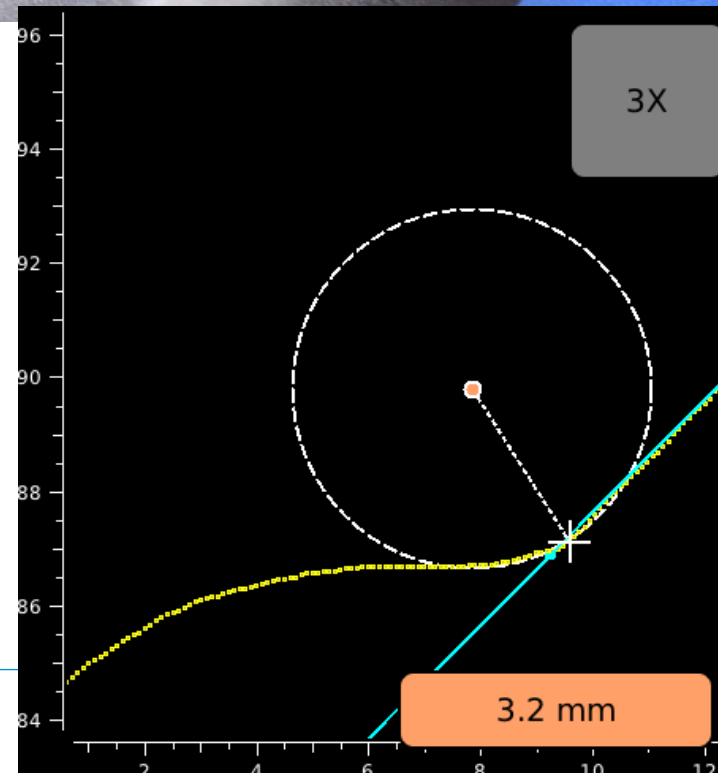
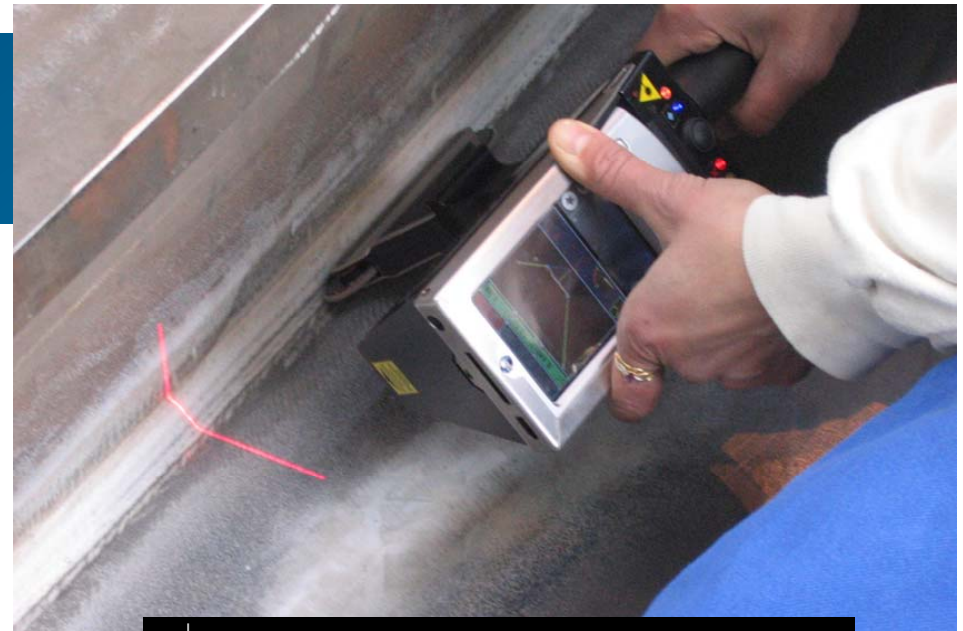
Encore une innovation de **SERVO-ROBOT** pour améliorer la productivité en soudage



COLOR VIDEO CAMERA
LASER SCANNER

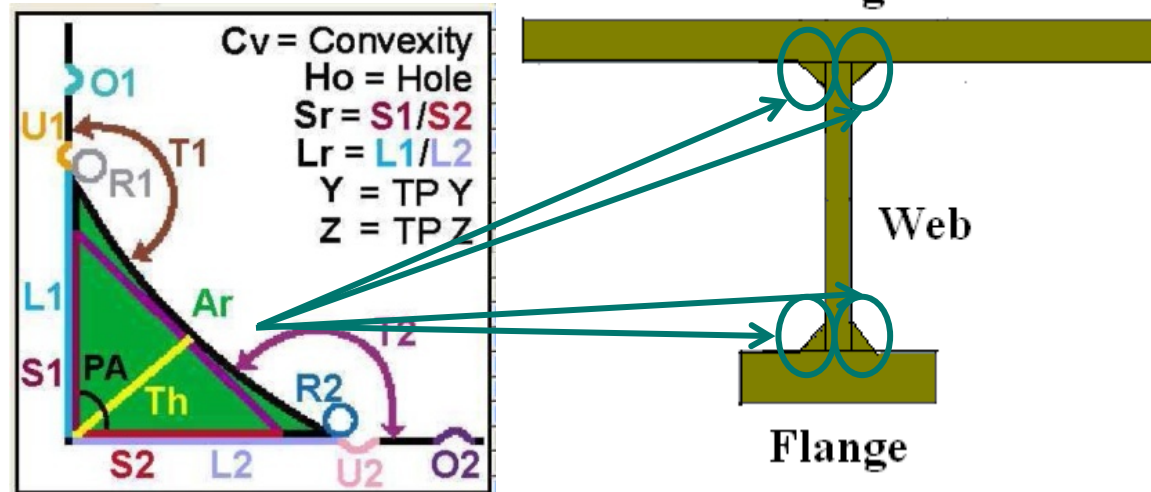
SEE DETAILS

©DCNS 2007

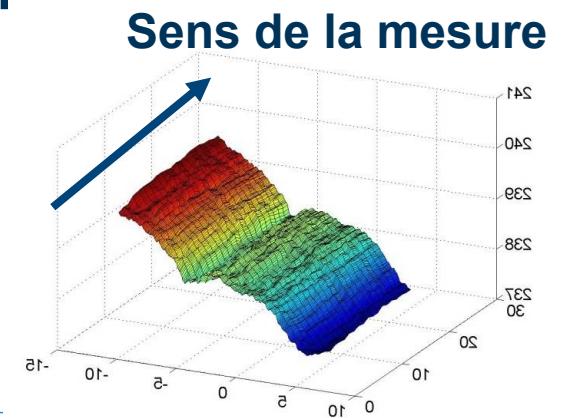


Analyse statistique des cordons de soudure

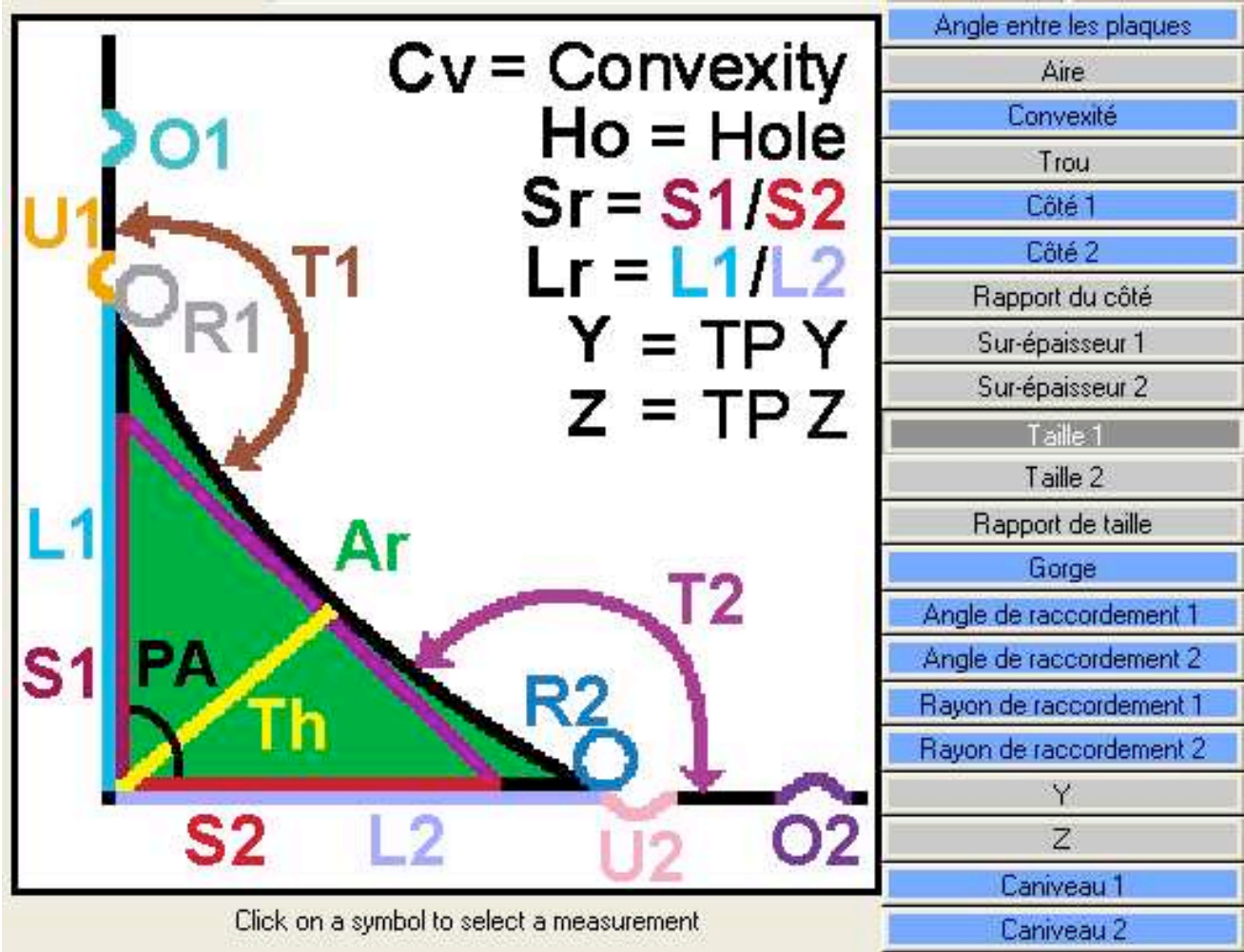
- Cordon de soudure en T



- Utilisation d'un système de mesure par laser
- Tracé d'un nuage de points pour la mesure des paramètres
- 50 trajectoires mesurées
- 17 paramètres évalués



Analyse statistique des cordons de soudure



Analyse statistique des cordons de soudure

Prétraitement des données :

- Analyse du pas moyen de mesure
- Comparaison physique du phénomène et résultat de mesure
- Prise de trajectoire analysable

Prétraitement statistique :

Retrait des trajectoires impliquant un mauvais comportement dans le calcul des moyennes et écart-types

Analyse des distributions :

- Construction d'échantillon
- Recherche de probabilité de distribution par maximum de vraisemblance

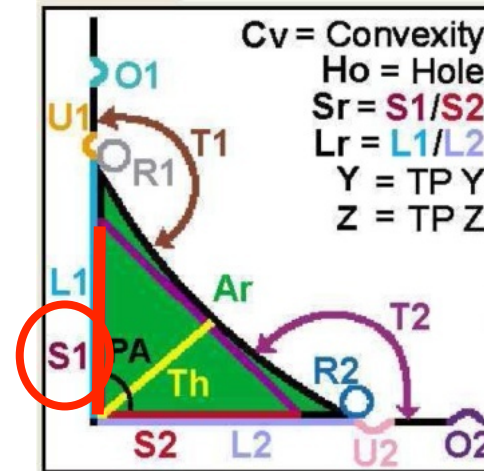
Sorties : distributions de probabilités

Analyse de stationnarité :

- Moyenne constante
- Ecart-type constant
- Corrélations indépendantes des points

Sorties : coefficients de corrélation (Pearson), recherche de longueur de corrélation

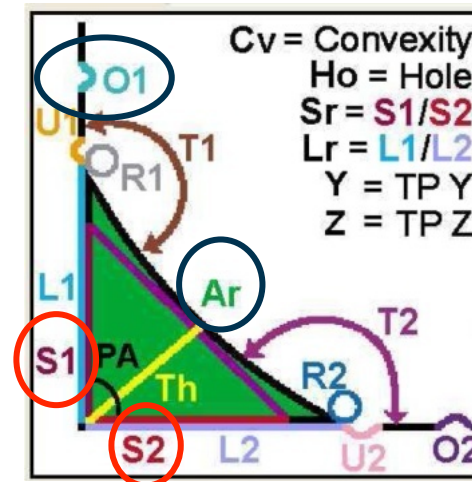
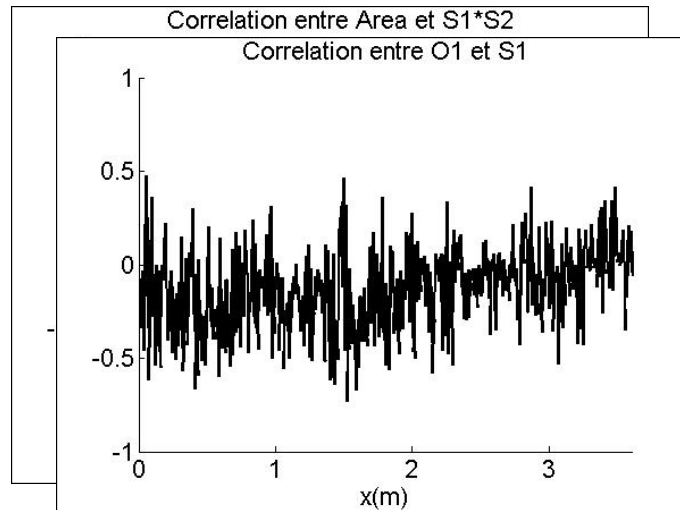
Analyse statistique des cordons de soudure



- Analyse réalisée sur le paramètre S1
- Résultat des prétraitements des données et statistiques
 - Nombre de trajectoires conservées : 22/50
 - Pas moyen : 6.2 mm
 - Longueur d'analyse : 3.6 m

Analyse statistique des cordons de soudure

Cohérence de la base de données



1^{er} cas : Forte corrélation

- Relation fonctionnelle

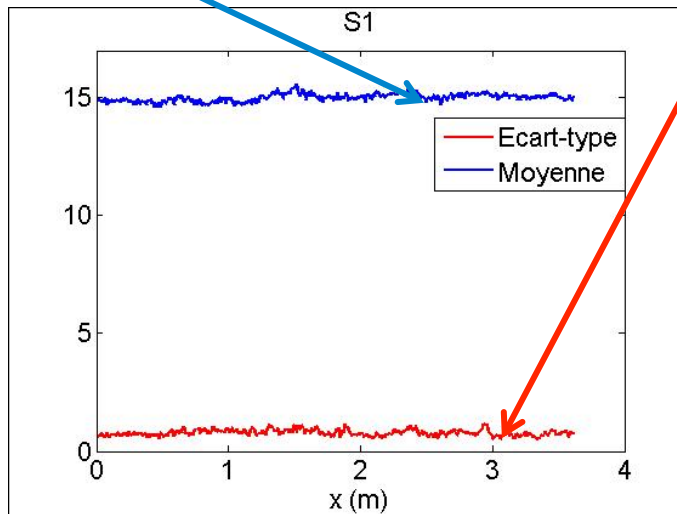
2^{ème} cas : Faible corrélation

- Absence de relation fonctionnelle

Analyse statistique des cordons de soudure

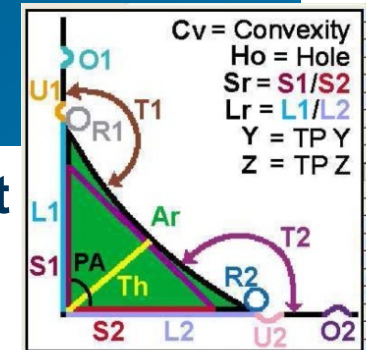
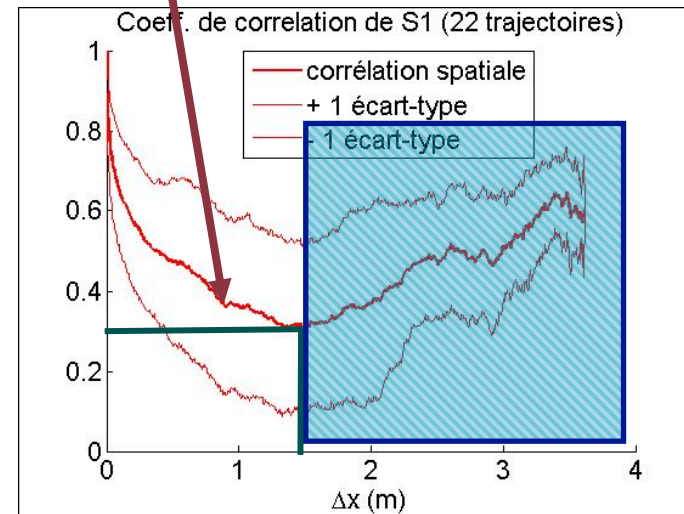
- Calcul de la moyenne, de l'écart-type et du coefficient de corrélation

Moyenne



Ecart-type

Corrélation



- Moyenne et écart-type considérées comme constants (coefficient de variation variant de 1 à 10%)
- Etude complémentaires : mesures non-corrélés à un coefficient de corrélation $\rho_{S1}(\Delta x) = 0.3$
- $\rho_{S1}(1.5) = 0.3 \rightarrow$ Longueur de corrélation pour distribution : $L_c = 1.5m$
- Croissance de la corrélation : étude complémentaire en cours

Notions basiques sur les champs stochastiques

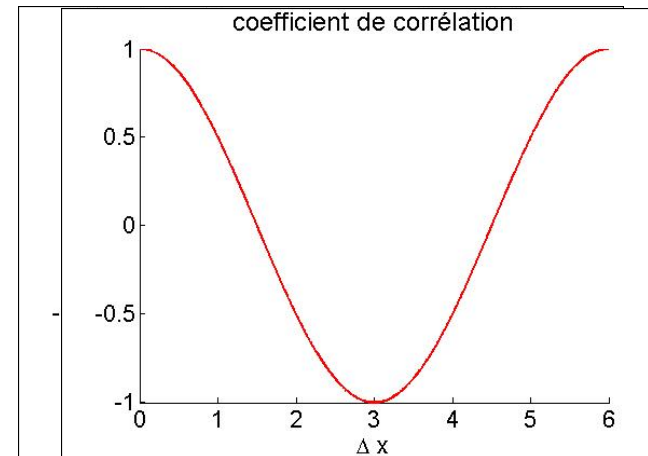
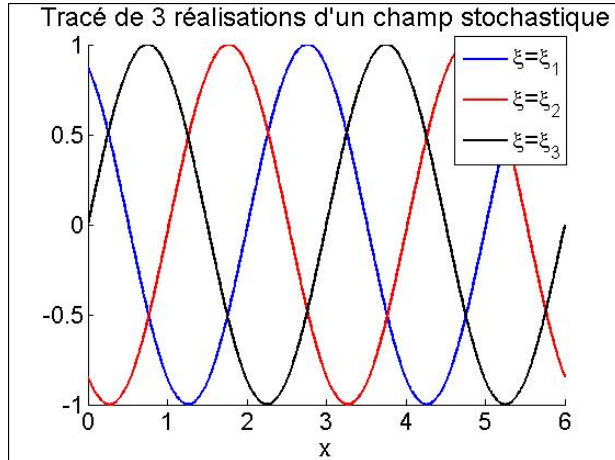
- **Stationnarité au sens faible (second ordre)**

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} f(x_1; \xi_j) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} f(x_2; \xi_j)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} (f(x_1; \xi_j) - m)^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{j=N} (f(x_2; \xi_j) - m)^2$$

$$\rho(x_1; x_2) = \rho(\Delta x = x_2 - x_1)$$

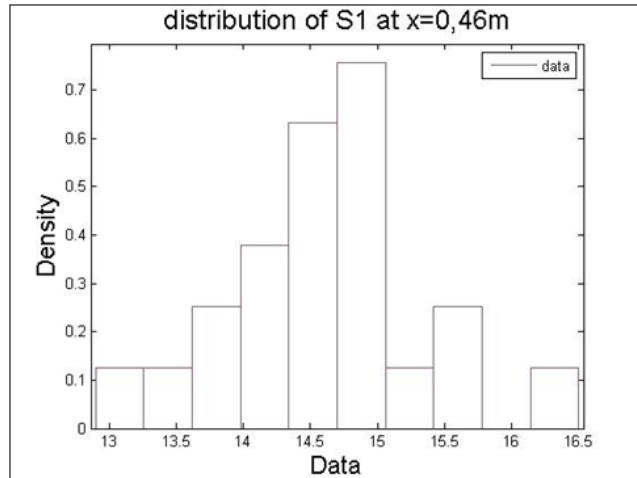
- **Exemple de champ stationnaire du second ordre** $f(x, \xi) = \sin\left(2\pi\left(\frac{x}{3} + \xi\right)\right)$



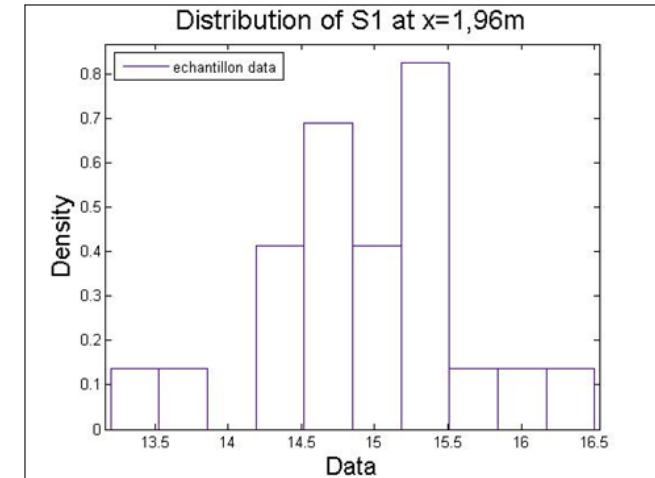
- **Recherche d'une longueur de corrélation : possibilité de combiner des échantillons**

Analyse statistique des cordons de soudure

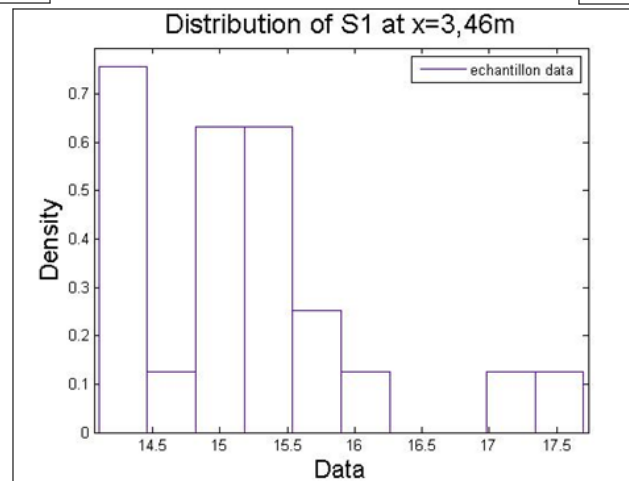
- Distributions de S1 en 3 points séparés par une longueur $L_c=1.5m$



+



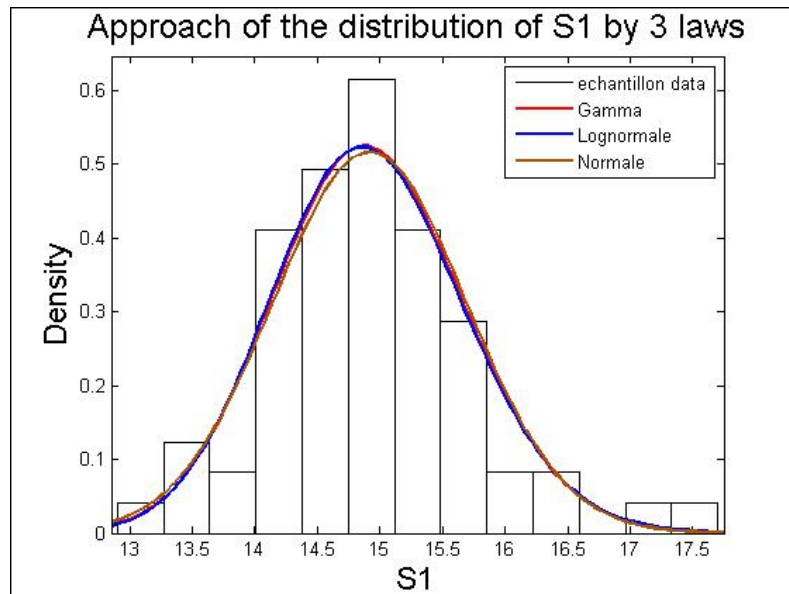
+



=

Analyse statistique des cordons de soudure

- Construction d'un échantillon combinant les 3 distributions de S1



- Maxima peu différent : prise de la log-normale pour des fins industrielles

- Gamma.

Espérance=14.92

Ecart-type=0.76

Maximum de vraisemblance=-75.61

- Log-normal.

Espérance=14.92

Ecart-type=0.77

Maximum de vraisemblance=-75.38

- Normal.

Espérance=14.92

Ecart-type=0.77

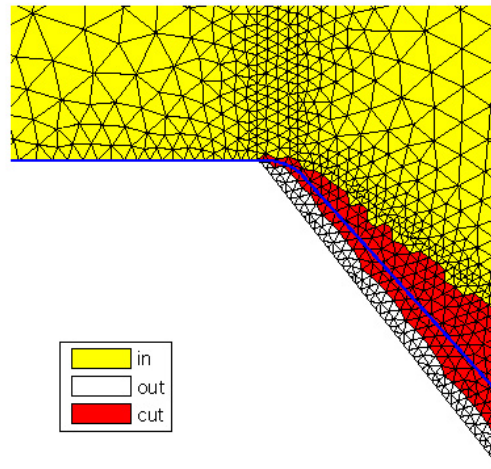
Maximum de vraisemblance=-76.17



2. XFEM Stochastiques

Conclusion et suite de l'étude

- Application à un cordon de soudure





3. Conclusion et suite de la thèse

Conclusion et suite de l'étude

- **Analyse statistique des cordons de soudure**
 - Hypothèse de stationnarité d'ordre 2 : réduction du modèle Éléments Finis du 3D au 2D
 - Probabilité de distribution des principaux paramètres : connaissance des lois d'entrée et connaissance de leur intervalle de variation.
- **XFEM Stochastiques**
 - Comparaison et fiabilité des méthodes disponibles
 - Choix d'une méthode de régression adaptée au cas du coefficient de concentration de contrainte K_t (grandeur scalaire)
- **Etude de fiabilité**
 - Utilisation en post-traitement des surfaces de réponses
- **Possibilités de suite pour l'étude :**
 - Prise en compte des interfaces métal de base-métal fondu- Zone Affectée Thermiquement