

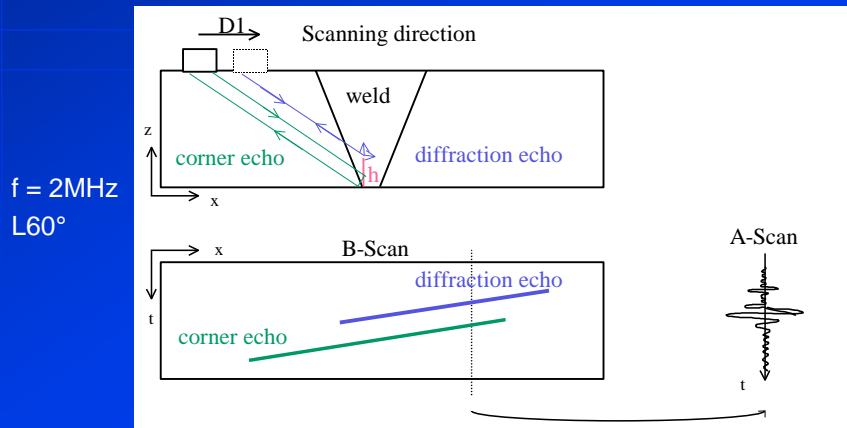
Application de la déconvolution pour l'inspection par ultrasons de soudures auténitiques

Demi-journée Problèmes Inverses Chatou

Plan

- 1. Contrôle par ultrasons : Inspection d'un défaut plan**
- 2. Principe de mesure**
- 3. Déconvolution**
- 4. Résultats de traitements**
- 5. Conclusion**

Principe du contrôle par ultrasons



écho de coin : réfléchi par la base du défaut

écho de diffraction : diffracté par le sommet du défaut

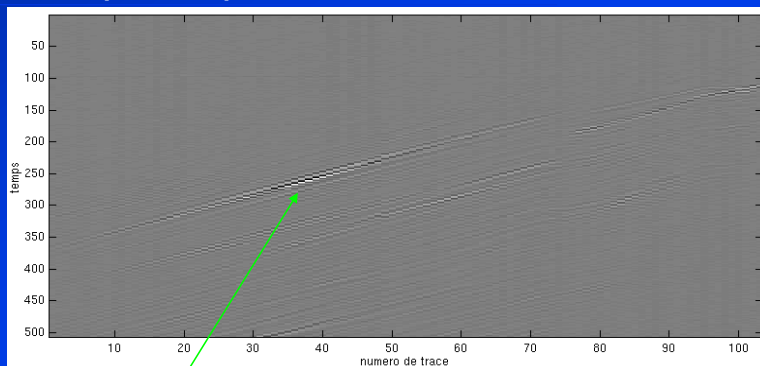
} sur le même écho

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Principe du contrôle par ultrasons

Difficulté pour l'inspection de défauts de faible hauteur



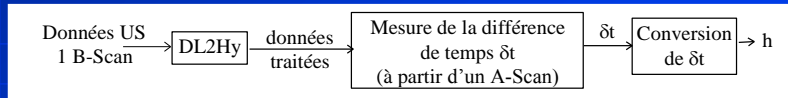
indication for a defect but diffraction and corner echoes are not separate

➔ **Objectif : retrouver les discontinuités du milieu**

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Principe de la mesure

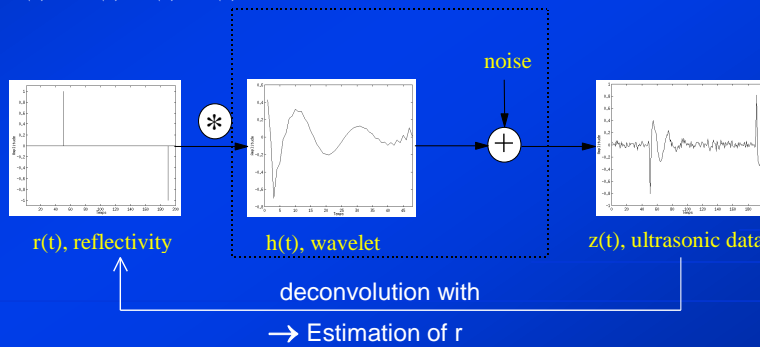


1. Retrouver les discontinuités à partir des données par inversion du problème direct

$$z(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(u) \cdot r(t-u) du + b(t)$$

$$z(t) = h(t) * r(t) + b(t)$$

$$z = Hr + b$$

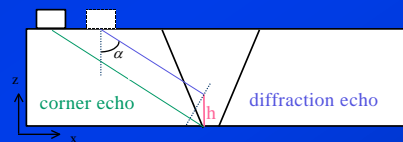
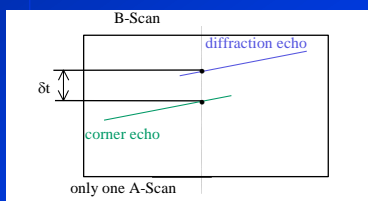


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Principle of measurement

2. Mesure de la différence de temps entre écho de diffraction et écho de coin sur les données traitées



3. Conversion de la différence de temps de vol en distance

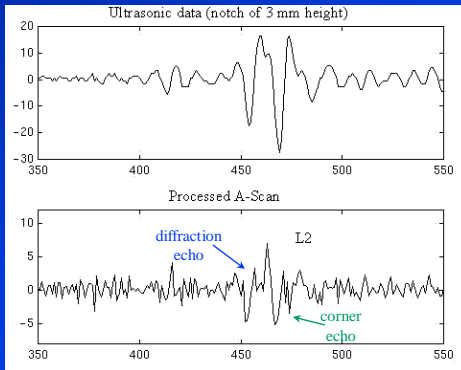
$$h = \frac{V \delta t}{2 \cos \alpha}$$

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Déconvolution (1)

a / Approche classique «L2»



- Minimisation de l'erreur quadratique moyenne :

$$J(r) = \|z - Hr\|^2$$

$$\hat{r} = \arg \min_r \{J(r)\}$$

- Faible qualité des résultats

$r(t)$ haute fréquence
 $h(t)$ basse fréquence
 $z(t)$ basse fréquence

$\left. \begin{array}{l} r(t) \text{ haute fréquence} \\ h(t) \text{ basse fréquence} \\ z(t) \text{ basse fréquence} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{difficultés pour retrouver la réflectivité à partir d'un signal basses fréquences} \Rightarrow \text{besoin d'information}$

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Déconvolution (2)

b / Déconvolution avec information *a priori* «L2Hy»

- Idée :** introduction d'information *a priori* sur la réflectivité pour tenir compte des données et de l'information *a priori*

- Deconvolution « L2Hy »**

$$\hat{r} = \arg \min_r \{J(r)\}$$

$$J(r) = \|z - Hr\|^2 + \lambda \Psi(r)$$

prise en compte
des données

paramètre de
régularisation

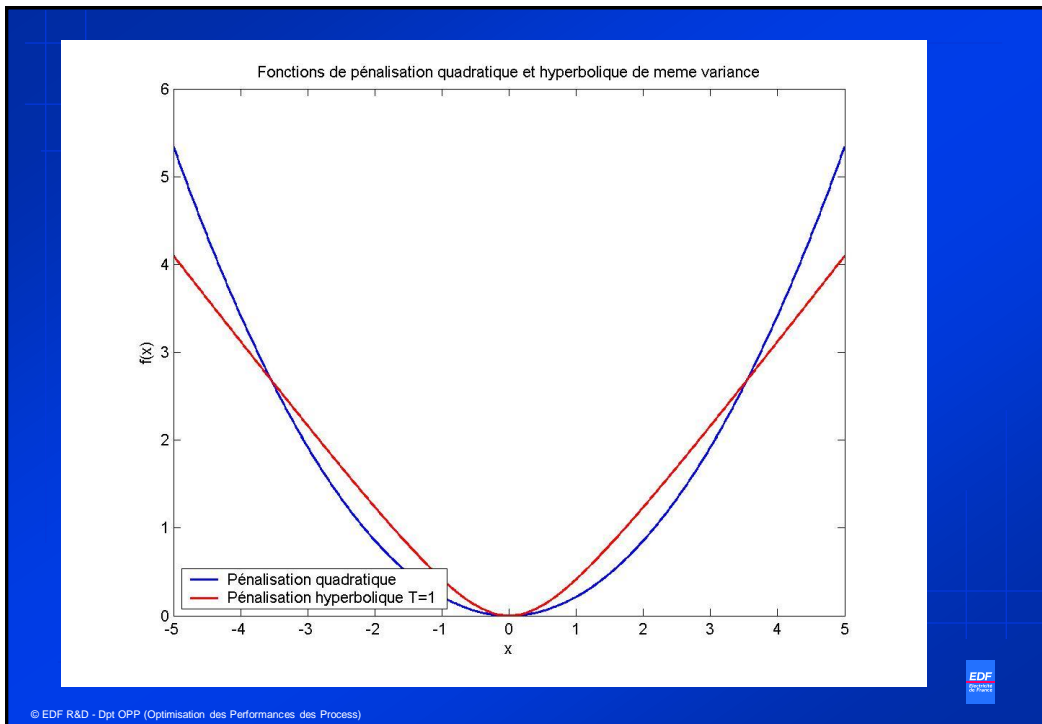
information *a priori*

caractère piqué de la réflectivité

$$\Psi(r) = \sum_i \sqrt{T^2 + r(i)^2}$$

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)

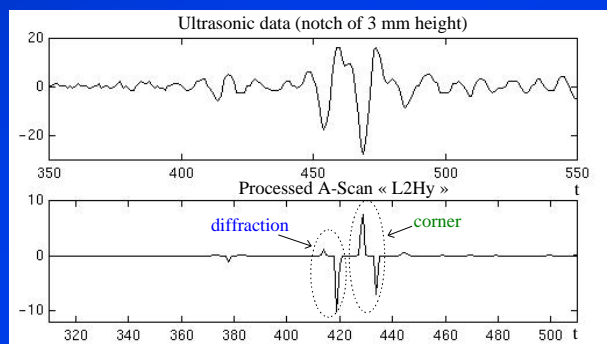




Déconvolution (3)

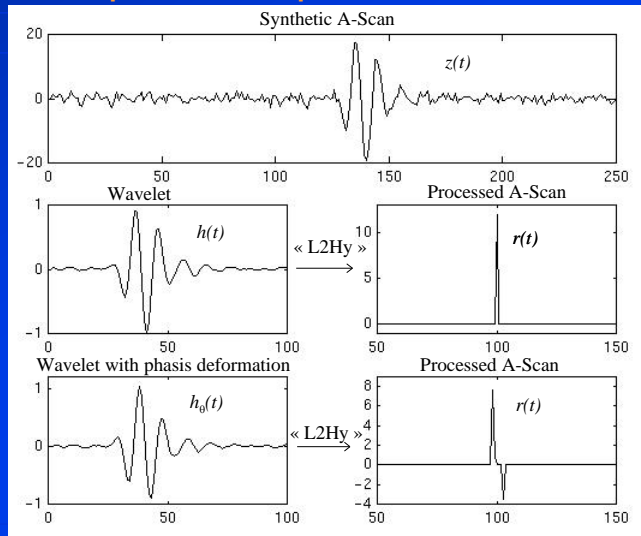
Exemple de résultat de traitement avec la méthode «L2Hy»

bonne amélioration
mais le défaut apparaît avec un double pic



Déconvolution (4)

Importance de la phase de l'ondelette



© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Déconvolution (5)

c / Déconvolution tenant compte de la possible déformation en phase de l'ondelette «DL2Hy»

- **Idée:** prise en compte de la déformation de l'ondelette
 $h(t)$ remplacé par $h(t) \cos(\theta) + g(t) \sin(\theta)$
avec $g(t)$ transformée de Hilbert de $h(t)$ ($\pi/2$ rotated wavelet)
- **Deconvolution « DL2Hy »**
 - nouveau modèle de convolution : $z = H\underline{r} + G\underline{s} + b$ avec $\underline{r}(t) = r(t) \cos(\theta(t))$
 $\underline{s}(t) = r(t) \sin(\theta(t))$
 - déconvolution :

$$(\hat{\underline{r}}, \hat{\underline{s}}) = \arg \min_{\underline{r}, \underline{s}} \{J(\underline{r}, \underline{s})\}$$

$$J(\underline{r}, \underline{s}) = \|\underline{z} - H\underline{r} - G\underline{s}\|^2 + \lambda \Psi(\underline{r}, \underline{s})$$

↑
information a priori

$$\Psi(\underline{r}, \underline{s}) = \sum_i \sqrt{T^2 + \underline{r}(i)^2 + \underline{s}(i)^2} \quad \leftarrow \text{caractère piqué de la réflectivité}$$

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)

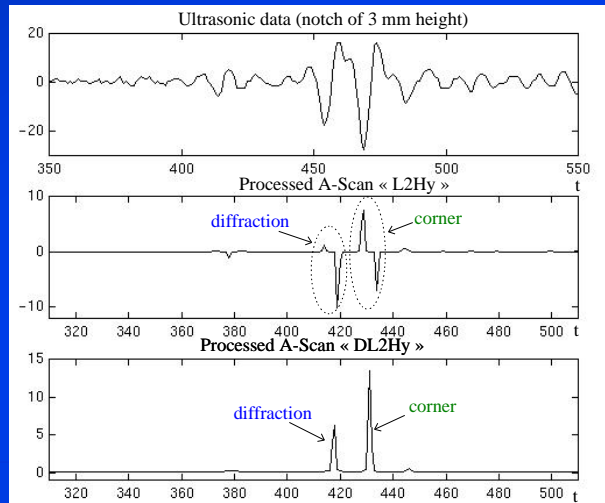


Déconvolution (6)

Exemple de résultat de traitement avec la méthode «DL2Hy»

→ suppression du double pic

→ un pic de réflectivité associé à chaque écho



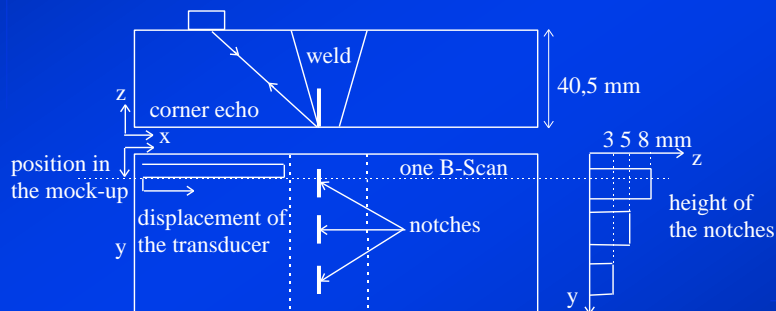
© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Résultats de traitements de données réelles

a / Estimation de la hauteur de trois entailles (8, 5 and 3 mm)

Principe du contrôle ultrasonore

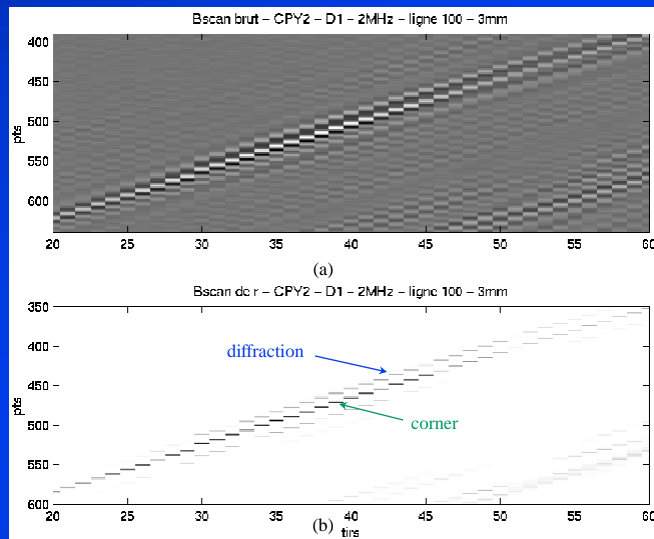


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



■ Exemple de résultat de traitement (entaille de 3mm)

(a) : données
ultrasonores
(B-Scan)



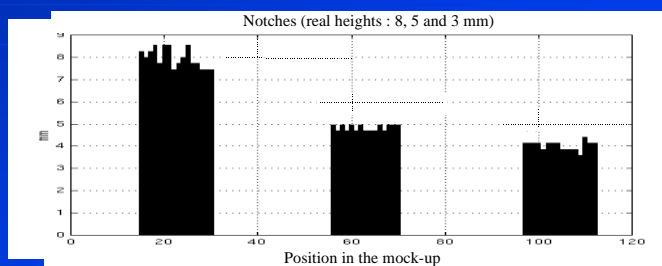
(b) : résultat de
traitement

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Résultats de traitements de données réelles

■ Hauteurs estimées des trois entailles



	Avec la méthode proposée DL2Hy		Sans traitement du signal	
Hauteur réelle de l'entaille	Hauteur estimée	Ecart-type associé	Hauteur estimée	Ecart-type associé
8 mm	7.96 mm	0.44 mm	6.73	0.73
5 mm	4.83 mm	0.14 mm	3.83	0.94
3 mm	4.03 mm	0.20 mm	-	-

→ erreur d'estimation inférieure à 1 mm
→ robustesse de la méthode proposée

} bonne amélioration
pour les petits défauts

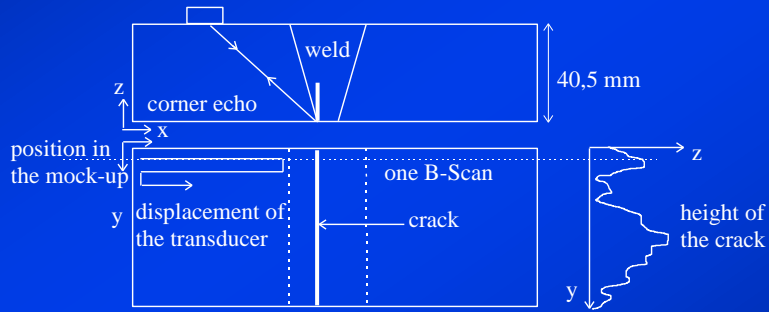


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)

Résultats de traitements de données réelles

b / Estimation de hauteur d'une fissure

■ Principe du contrôle ultrasonore

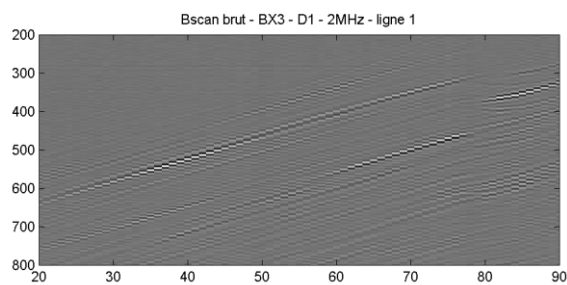


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)

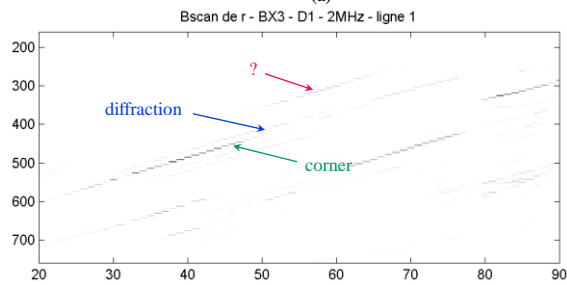


(a) : données
ultrasonores
(B-Scan)

(b) : résultat de
traitement



(a)

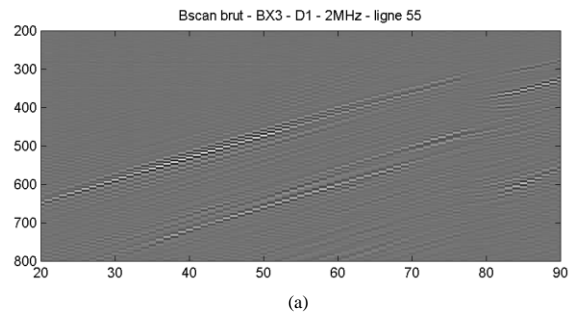


(b)

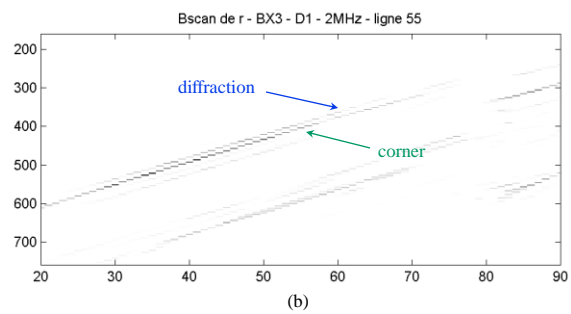
© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



(a) : données
ultrasonores
(B-Scan)



(b) : résultat de
traitement

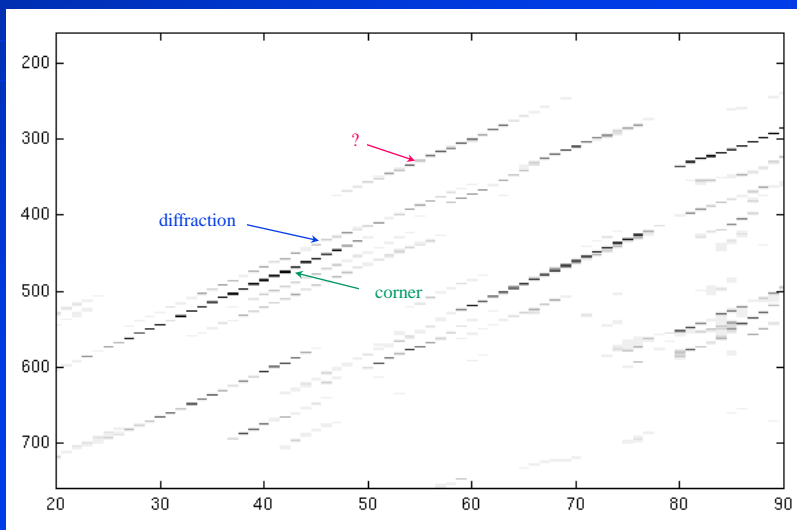


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



résultat de
traitement

B-Scan ligne 1 (27 mm)

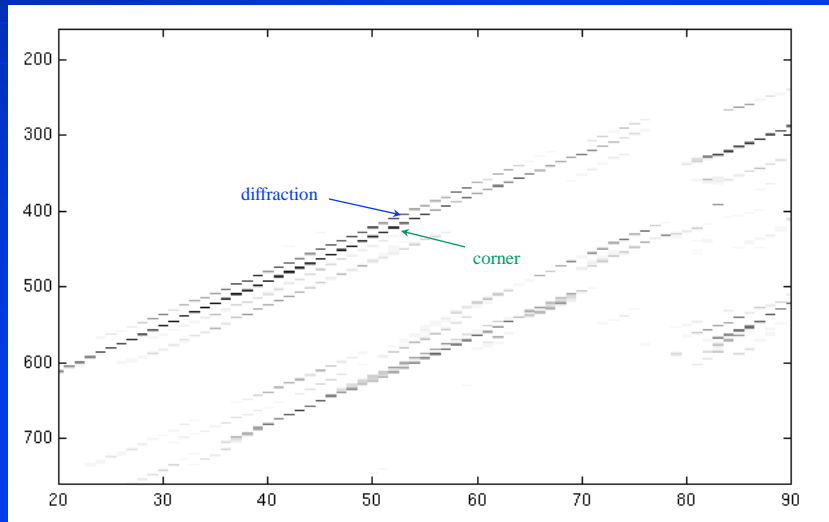


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



B-Scan ligne 55 (135 mm)

résultat de traitement

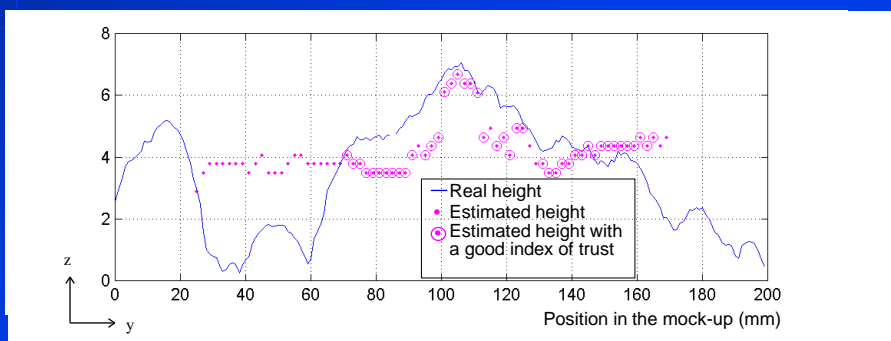


© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Résultats de traitements de données réelles

■ Estimation de hauteur d'une fissure



- bonne estimation lorsque la hauteur réelle de la fissure est supérieure à 5 mm
- estimation de hauteur rendue possible là où cela était impossible sans traitement du signal

© EDF R&D - Dpt OPP (Optimisation des Performances des Process)



Conclusion

La méthode proposée «DL2Hy» :

- **aide à l'interprétation des données**
- **permet d'obtenir des réflectivités séparées (discontinuités)**
- **permet une bonne estimation de hauteur de défauts réels**
- **est une amélioration considérable pour l'inspection par ultrasons de défauts plans situés à la base des soudures**