

Full matrix capture & Total focusing method

Hubert VOILLAUME



- Full Matrix Capture – FMC
- Total Focusing Method – TFM / Focalisation en tout point – FTP
 - Applications
- Adaptive TFM / FTP adaptatif
 - Applications
- Conclusion / Perspectives

M2M

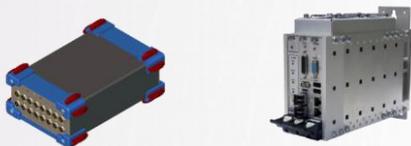
Inline integration & desktop systems



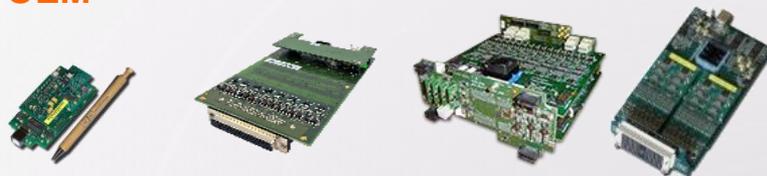
Portable systems



Conventional UT



OEM



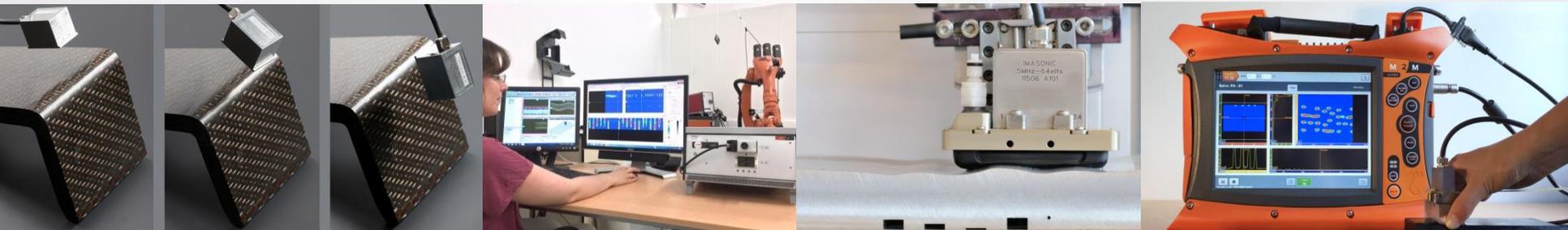
Innovation

Strong R&D through

contractual and continuous R&D with CEA

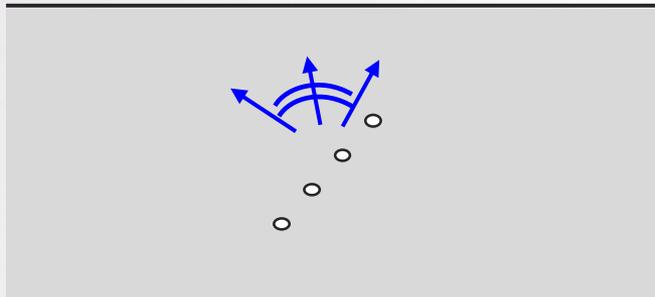
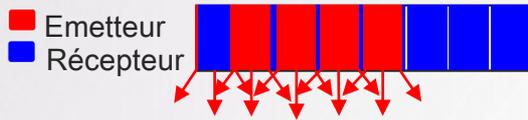
close cooperation with industrial research groups: Tecnatom, Airbus, Dassault, ISQ, EDF,
...

in-house R&D projects



Full Matrix Capture (FMC)

- N tirs successifs (N : nb d'éléments)
- 1 tir : 1 élément émetteur
Tous les éléments récepteurs



Acquisition



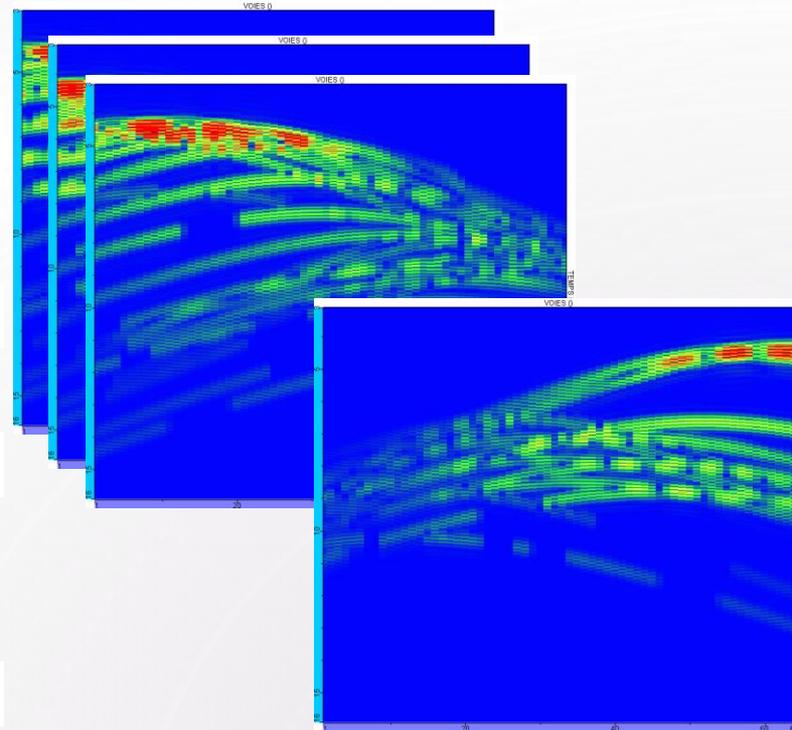
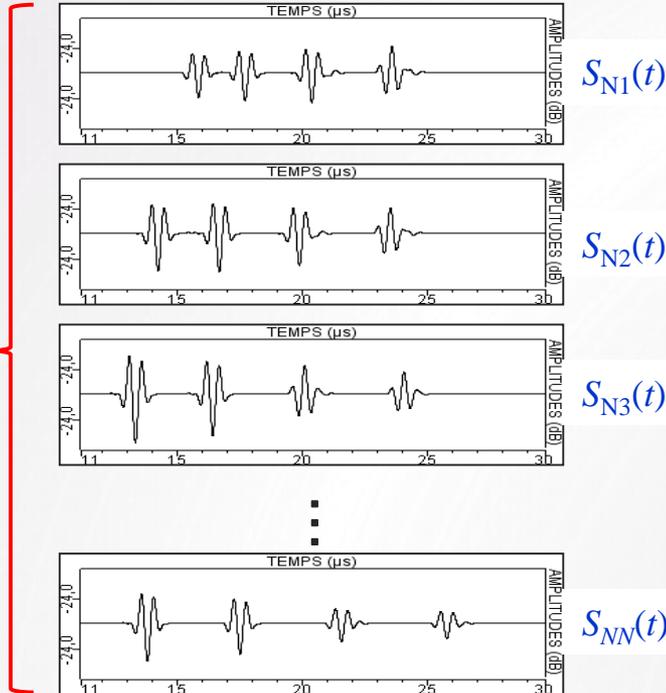
N éléments $\rightarrow N \times N$ Ascan élémentaires

Full Matrix Capture (FMC)

N éléments $\rightarrow N \times N$ signaux $S_{ij}(t)$

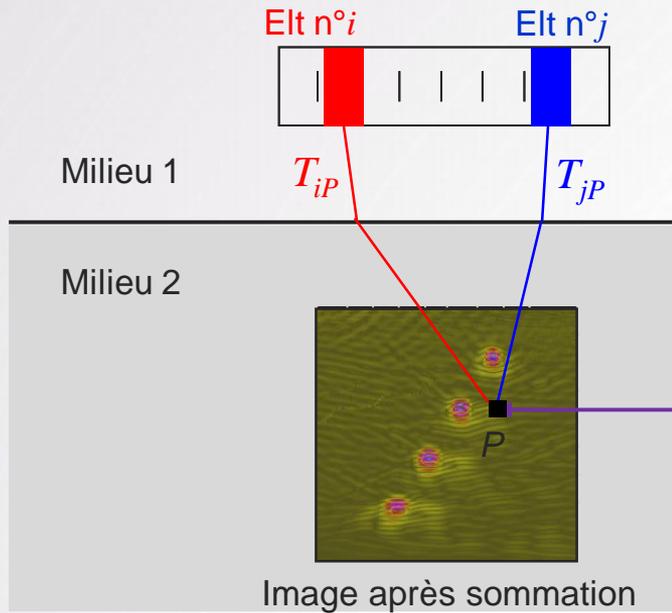
Acquisition

Emetteur:
Élément n° N



Total Focusing Method (TFM / FTP)

Principe: sommation cohérente des amplitudes

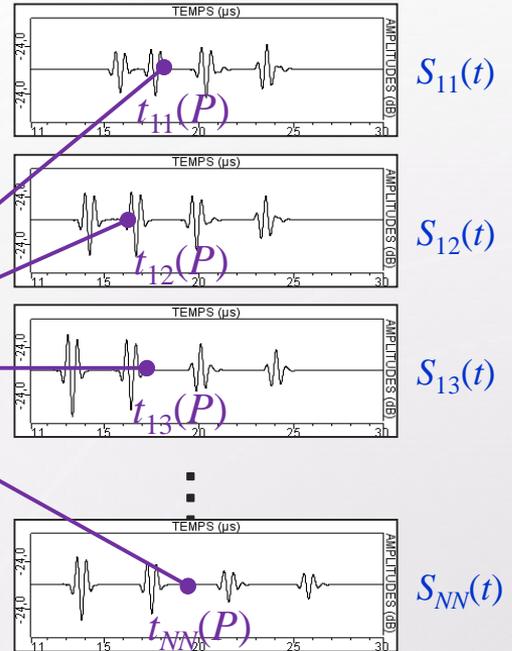


1. Calcul des temps de vol pour chaque pixel de l'image et chaque couple Emetteur / Récepteur

$$t_{ij}(P) = T_{iP} + T_{jP}$$

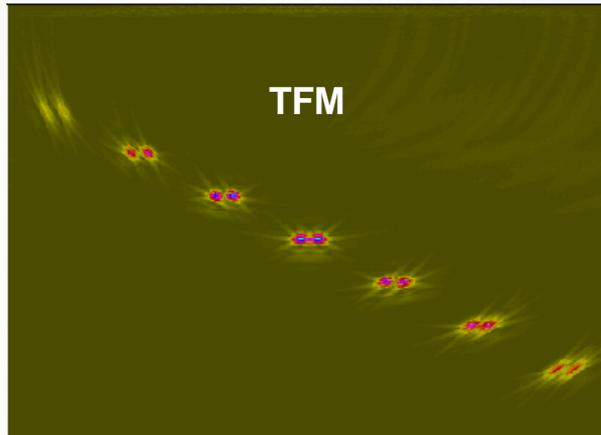
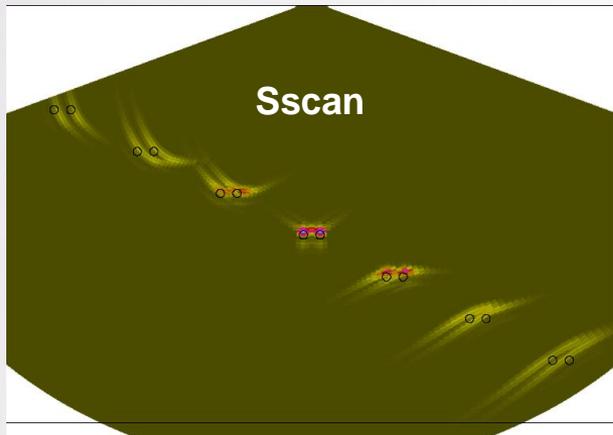
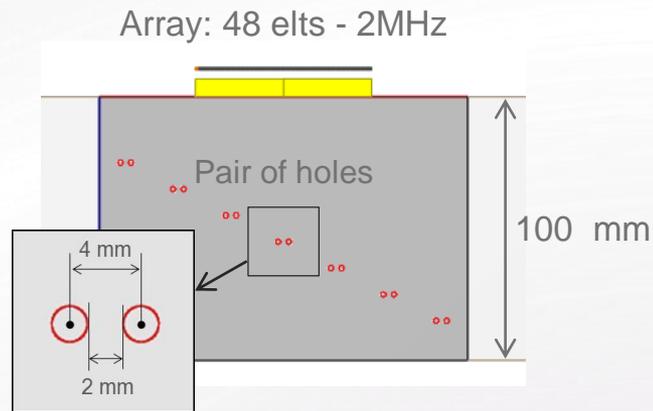
2. Somme des NxN amplitudes

N elements $\rightarrow N \times N$ signals $S_{ij}(t)$



Avantages TFM

- ✓ Focalisation en tous points
- ✓ Couverture de zone étendue
- ✓ Facilité d'interprétation
- ✓ Réduction significative de la zone morte



Mise en œuvre

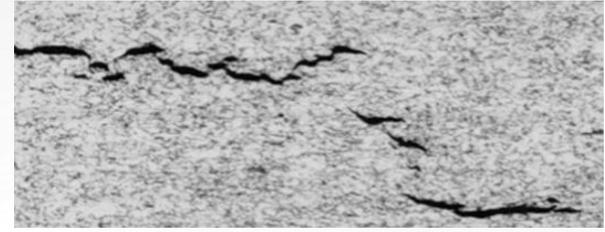
- ✓ FMC/TFM peut être mis en œuvre avec tout type de sondes multiéléments : linéaire, courbe, matricielle, TRL,...
- ✓ Les règles de base des multiéléments sont toujours valides : pas de focalisation possible au-delà du champ proche
- ✓ Imagerie disponible en temps réel sur les appareils portables Gekko et Mantis



Exemples d'application

- ✓ HIC
- ✓ HTHA
- ✓ Vis
- ✓ Corrosion sur bride

HIC

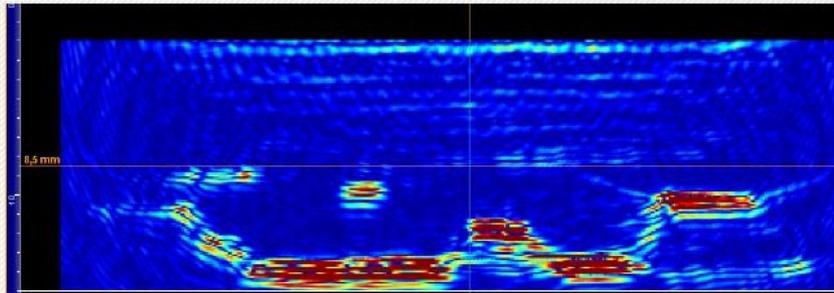
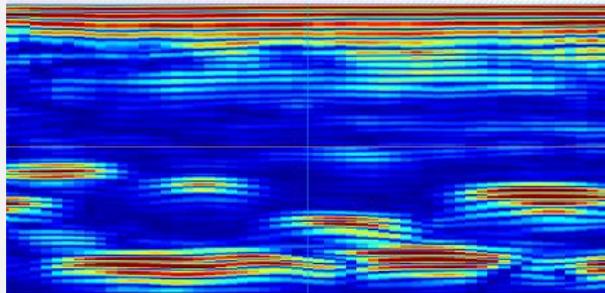
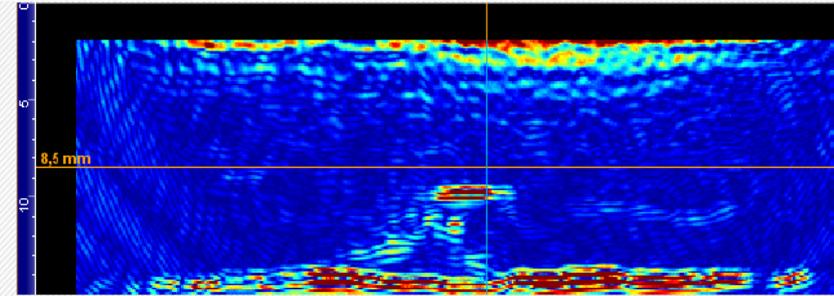
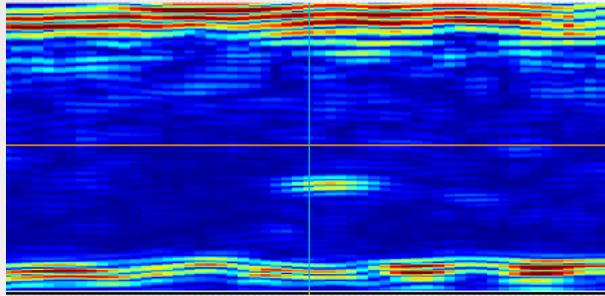
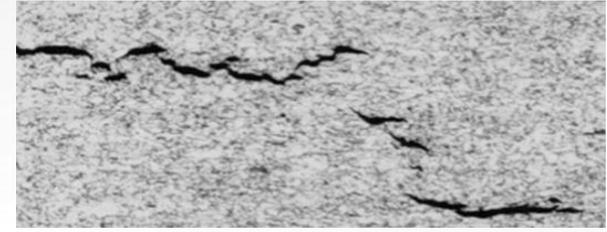


Les molécules d'hydrogènes forment des fissures horizontales (blister). Il peut y avoir connexion entre ces fissures.

Les défauts de type HIC peuvent se confondre avec des défauts laminaires ou des inclusions volumiques.

L'inspection est réalisée en balayage 0 degré.

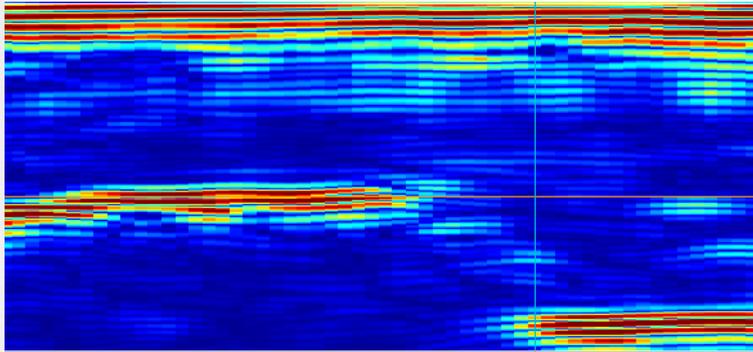
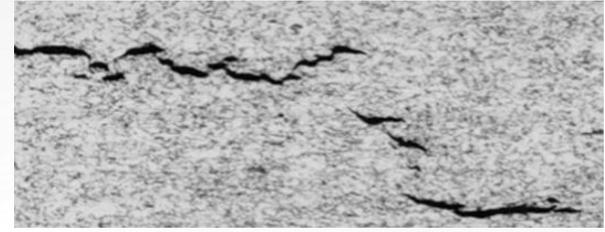
HIC



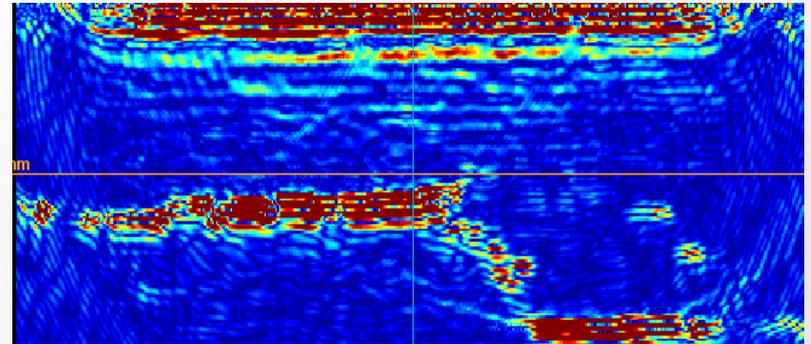
Balayage électronique

TFM

HIC

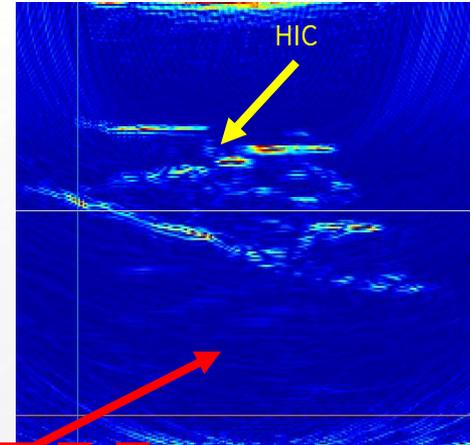
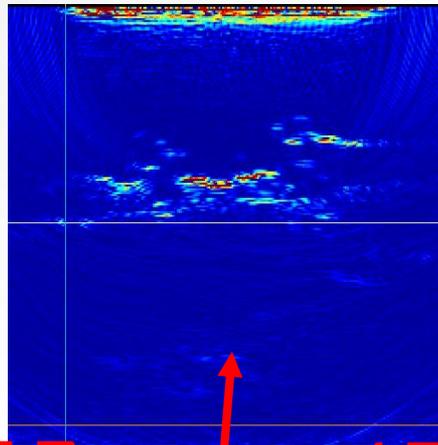
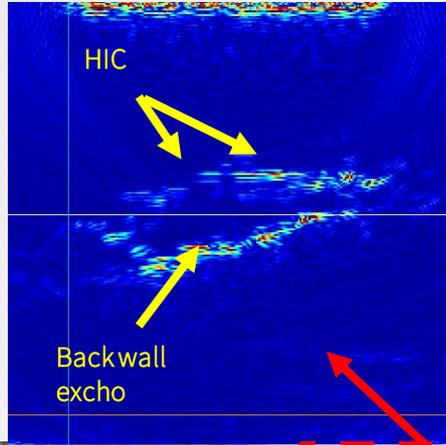
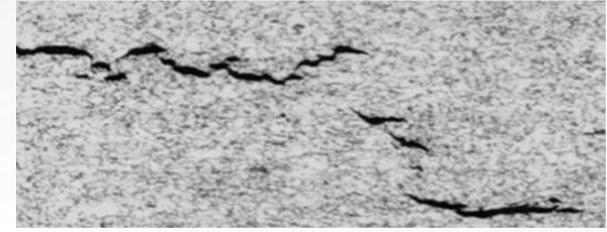


Balayage électronique

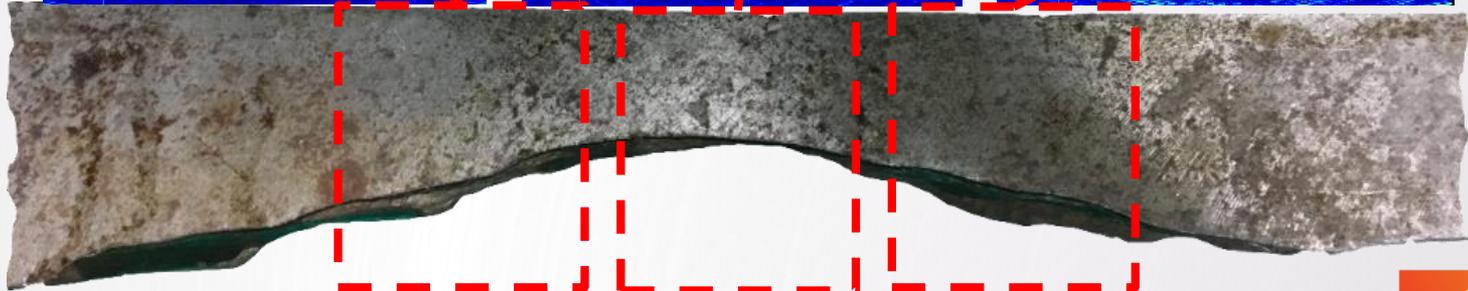


TFM

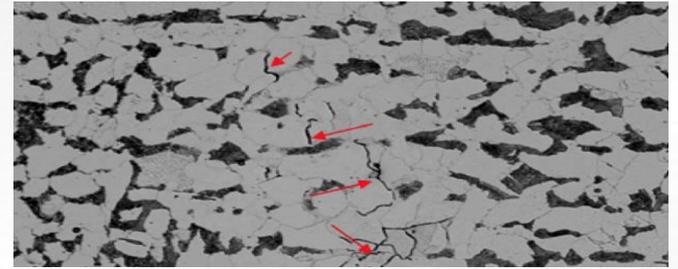
HIC



3 positions
de la sonde

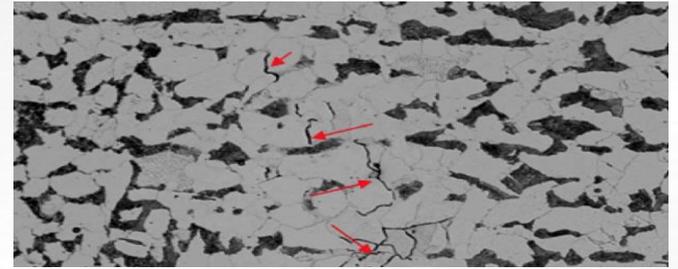


HTHA



API RP 941 recommande les techniques rétrodiffusion UT, l'analyse de fréquence, l'étude des rapports de vitesse et l'usage d'ondes transverse hautes fréquence. Les limitations sont importantes et les résultats ne sont pas toujours fiables sur le terrain pour la détection au stade 2 (fissuration).

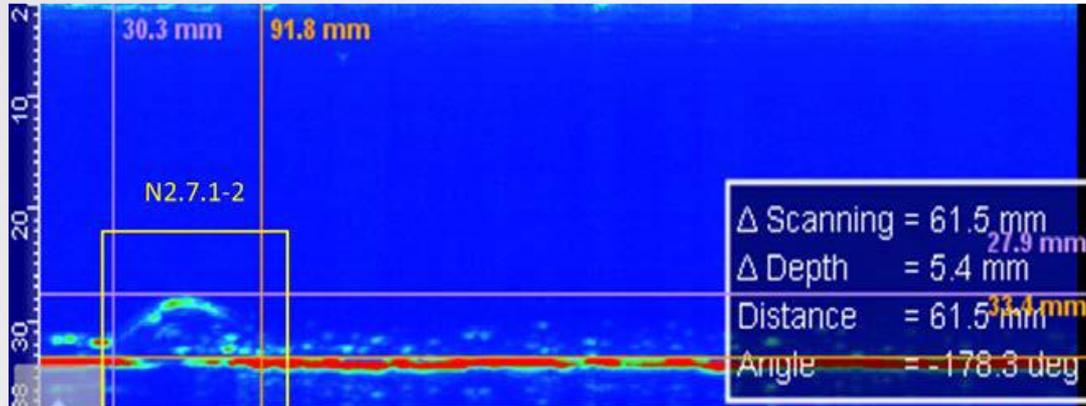
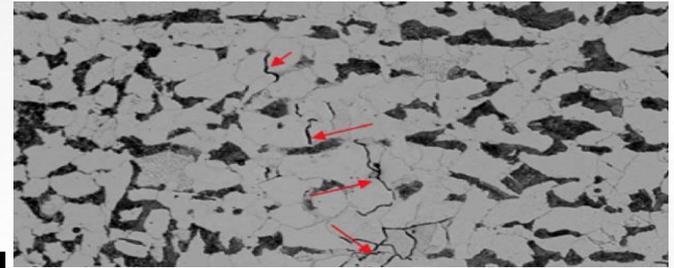
HHTA



© BP Products North America

Résultats présentés lors du 7th Biennial Inspection Summit - 2017

HTHA



BP's Summary

- PAUT techniques can detect HTHA damage at stage two.
- PAUT TFM and ATFM resolution is in the range of 0.3 mm (300 μ m), a significant improvement over the techniques recommended in API RP 941.

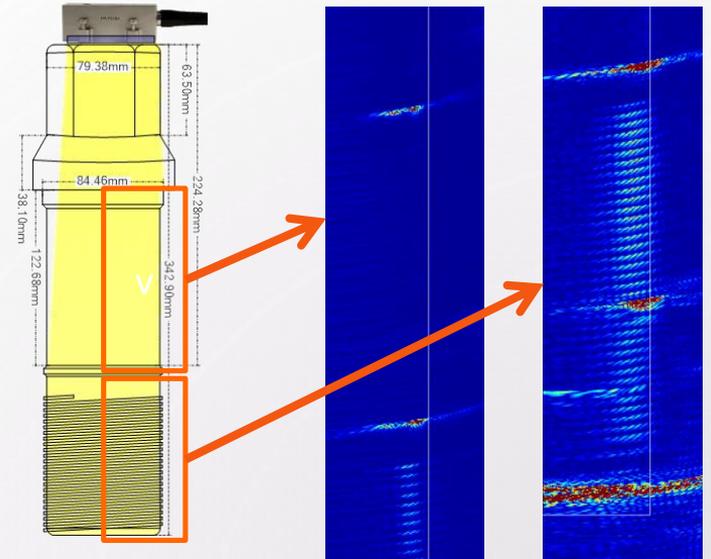
Vis

Causes

- Fragilisation par l'hydrogène
- Différences de potentiel galvaniques
- Corrosion (crevasse)

Lieu

- Raffineries, Usines pétrochimiques
- Plateformes Offshore
- Grue, Soupape de sécurité (BOP),...



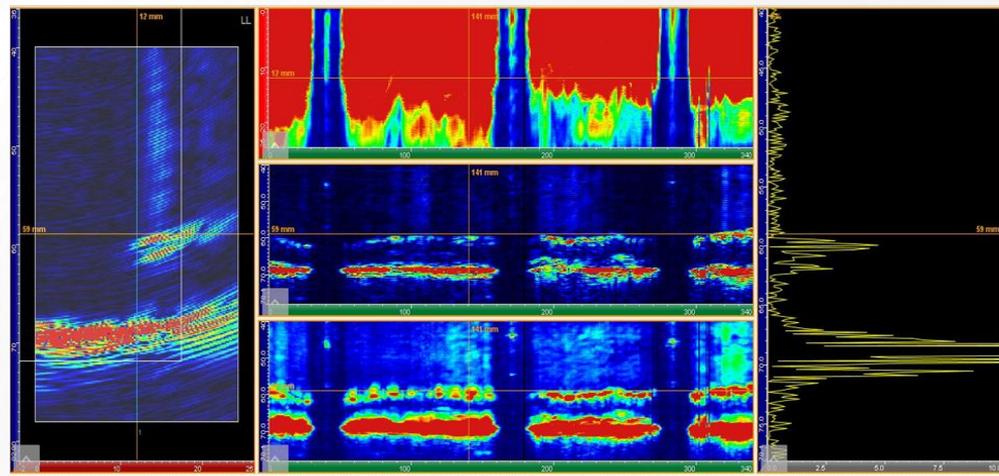
Corrosion sur bride

Causes

- Environnements agressifs:
 - Hydrofluorique
 - Salin
 - Humide
 - Acide

Lieu

- Raffineries, Usines pétrochimiques
- Plateformes Offshore



Corrosion sévère

TFM Adaptatif

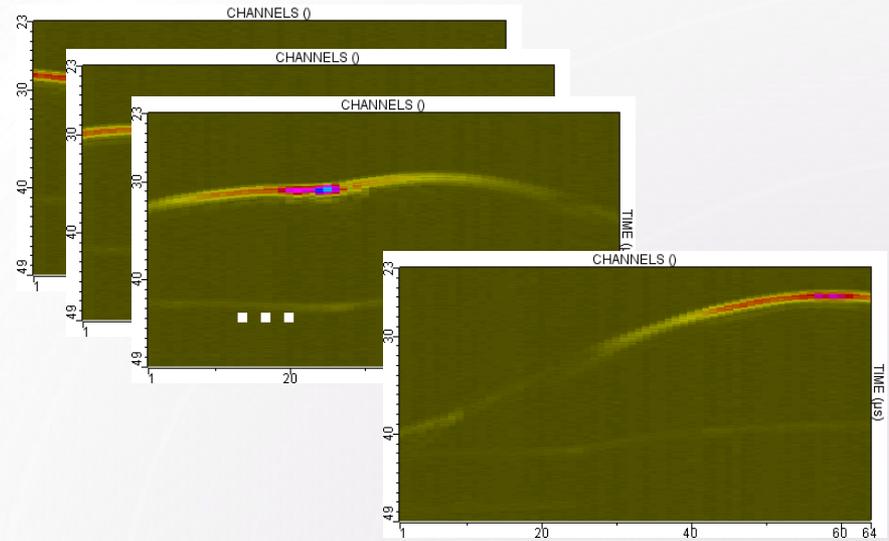
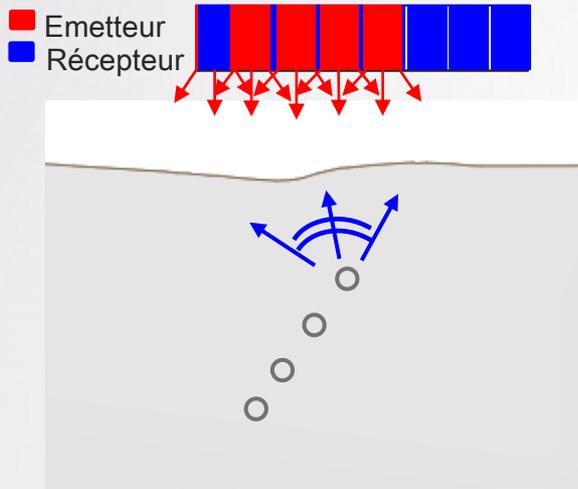
Défi

Réaliser des mesures ultrasonores quand le profil de la surface n'est pas régulier

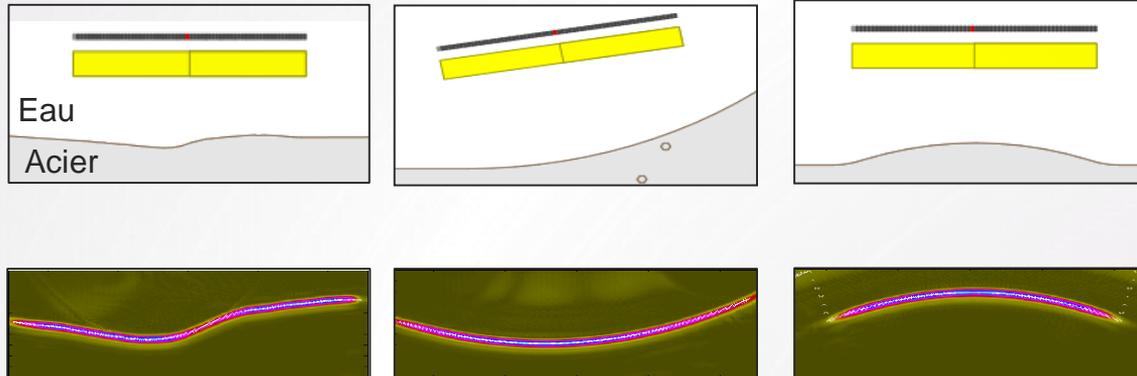


1^{ère} étape : Full Matrix Capture (FMC)

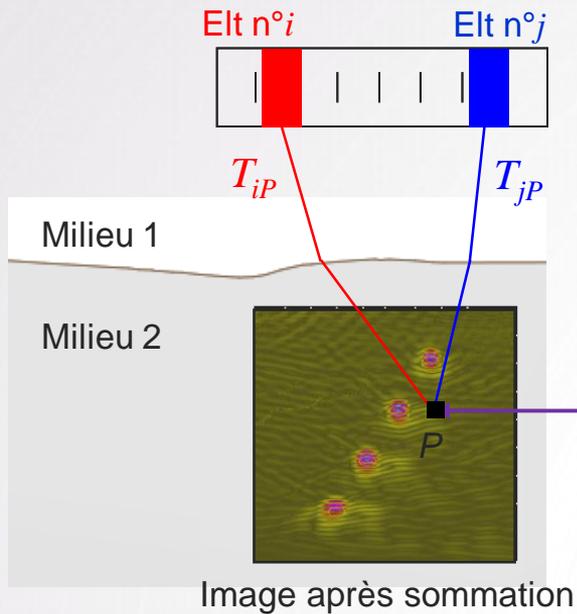
- N tirs successifs (N : nb d'éléments)
- 1 tir : 1 élément émetteur
Tous les éléments récepteurs



2^{ème} étape : Reconstruction du profile



3^{ème} étape : Total Focusing Method (TFM)

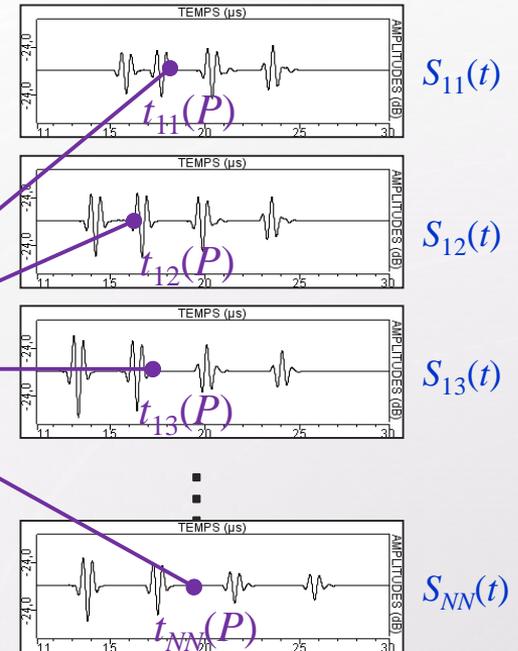


1. Calcul des temps de vol pour chaque pixel de l'image et chaque couple Emetteur / Récepteur

$$t_{ij}(P) = T_{iP} + T_{jP}$$

2. Somme des $N \times N$ amplitudes

N elements $\rightarrow N \times N$ signals $S_{ij}(t)$



Mise en œuvre

Intégration des fonctions TFM et ATFM dans un appareil portable

TFM affichage images 65k points 30 Hz.

ATFM affichage images 65k points 10 Hz.



Utilisation d'une sonde avec sabot flexible

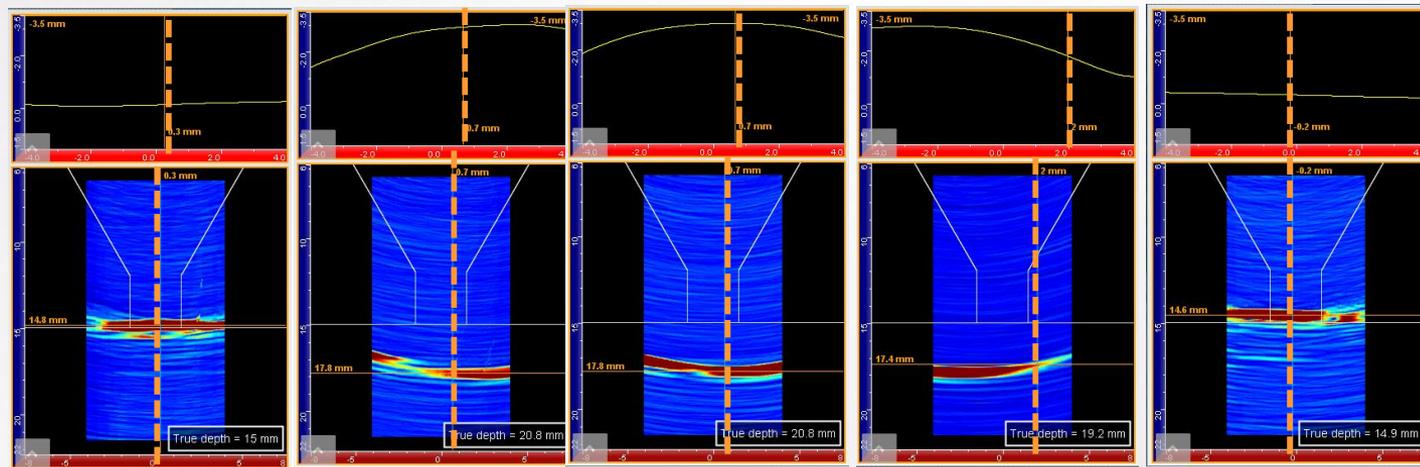


Support spécifique avec sabot
souple à membrane.
(développé par Imasonic)

Illustration en image



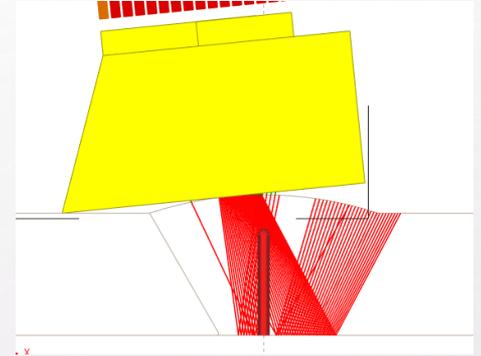
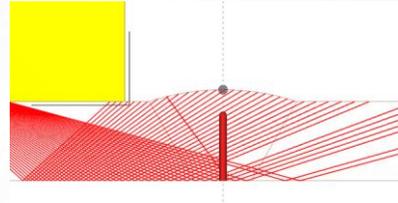
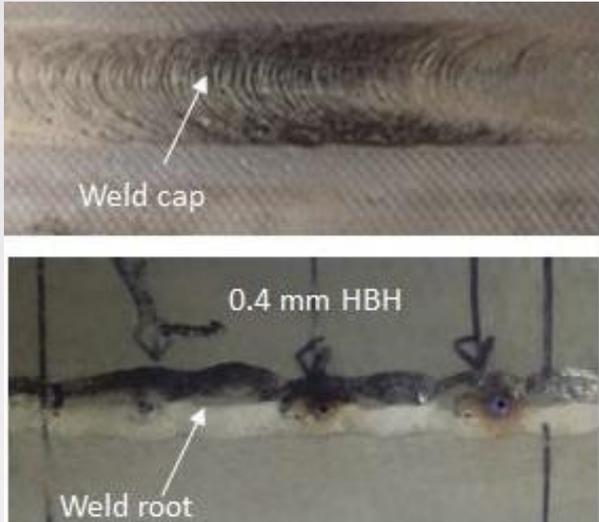
Epaisseur au droit d'une soudure



Epaisseur réelle : 15 mm 20,8 mm 20,8 mm 19,2 mm 14,9 mm

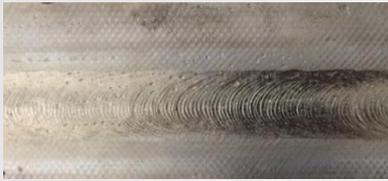
- Positionnement de la sonde sur le cordon de soudure
- Images ATFM à plusieurs positions

Détection de porosité dans soudure TIG

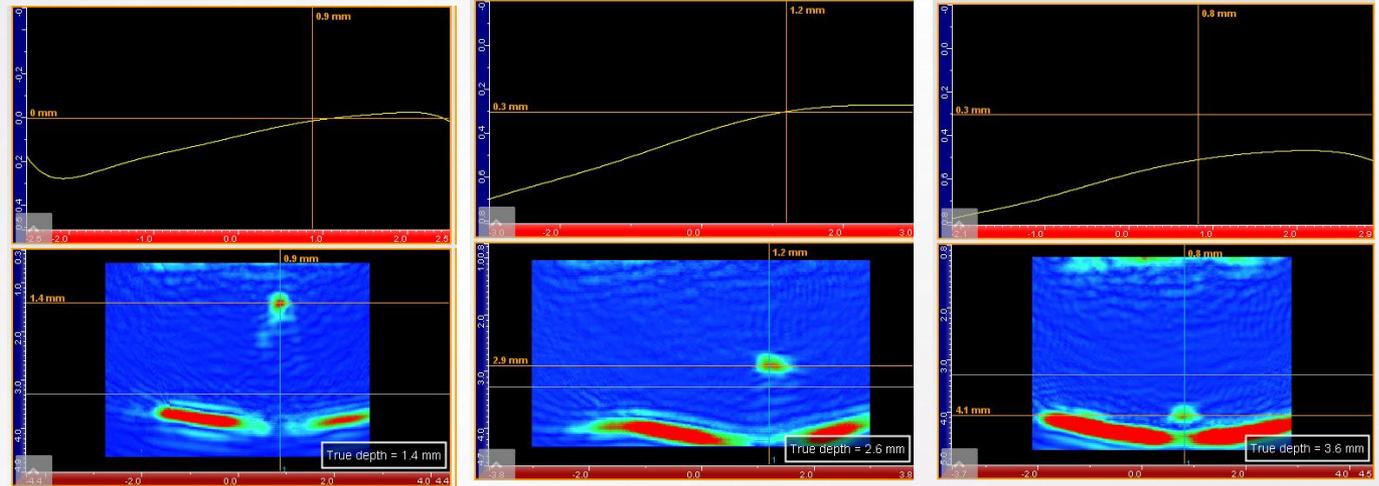


- Matériau: Titane / Epaisseur 4-mm
- Trous à fond hémisphérique percés depuis la racine. Diam. 0,4mm
- Sonde 20MHz 64 éléments

Détection de porosité dans soudure TIG



0.4-mm HBH



- Les trous HBH sont tous détectés avec un RSB > 20dB
- Les trous sont positionnés correctement grâce à la mesure d'épaisseur réelle.
- Utilisé QC production

Conclusion

TFM est une technique puissante qui permet d'obtenir des images avec une **très bonne résolution**.

ATFM tire partie de la TFM pour déterminer le profil ce qui permet ensuite de faire le calcul TFM dans la pièce inspectée même en cas de **surface non régulière**.

L'imagerie temps réel est accessible via des **IHM très simplifiée**, adaptées aux demandes terrain.

Perspectives

Imagerie TFM en multigroupe et multimode temps réel.

Optimisation ATFM pour s'adapter à des profils encore plus complexes.

PWI pour gagner en vitesse et adresser des matériaux très absorbants.



MERCI DE VOTRE ATTENTION !



hubert.voillaume@m2m-ndt.com