

# CORROSION SOUS CONTRAINTE AFFECTANT LES RÉACTEURS EDF

[ PERFORMANCES END

ANCCLI du 4 juillet 2023

## Détection de CSC et procédés de contrôle UT mis en œuvre

- La fissuration par CSC des tuyauteries RIS a été découverte par EDF dans le cadre de contrôles en maintenance réalisés en visite décennale au titre de la surveillance du risque de fatigue thermique
- La méthode de contrôle utilisée lors des visites décennales s'appuie sur une technique de contrôle ultrasonore manuelle sans enregistrement des signaux : examen UT « historique » (Uth)
  - Transducteurs monoéléments
  - Contrôle manuel avec balayage en peigne
  - Pas d'enregistrement des signaux, pas d'imagerie ❌
  - Pas de dimensionnement possible ❌
- En conséquence, EDF a développé en 2022 une nouvelle technique de contrôle ultrasonore multiéléments dite UT « améliorés » (UTa) :
  - Transducteur multiéléments
  - Rotation encodée du transducteur
  - Enregistrement des signaux → affichage et sauvegarde d'une imagerie ultrasonore ✔️
  - Détection, positionnement et dimensionnement possible (analyse des signaux en différé) ✔️

# Procédé UTa – technique d'examen

Examen UTa réalisé à l'aide de traducteur multiéléments de type DLA (Dual Linear Array)

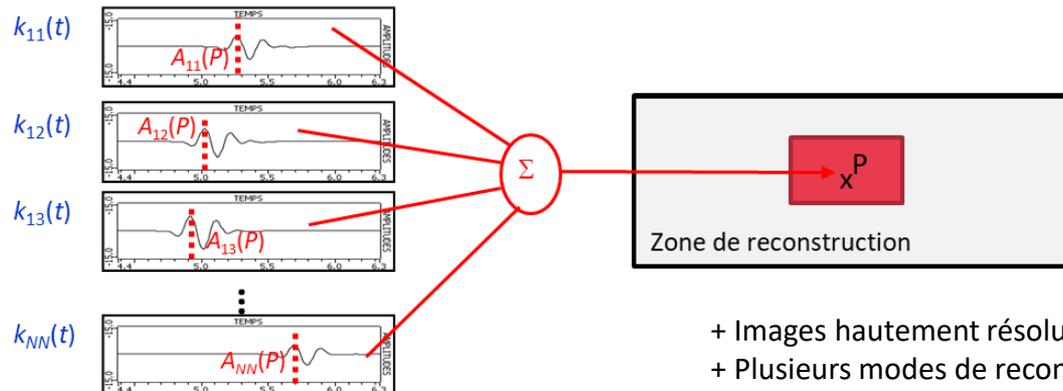
- 32 éléments en émission
  - 32 éléments en réception
- } Fréquences 2 MHz et 4 MHz



Technique d'examen FMC-PWI/TFM

- FMC : Full Matrix Capture
- PWI : Plane Wave Imaging – Imagerie en onde plane
- TFM : Total Focusing Method – Focalisation en Tous Points

} Acquisition d'une matrice de signaux



- + Images hautement résolues
- + Plusieurs modes de reconstruction possibles

# Procédé UTa - Analyse

## [ SIGNAUX DANS LE MODE DIRECT LL (ONDES LONGITUDINALES)

Signaux acquis sur une maquette 8'' comportant 12 entailles électro-érodées

Image « T-Scan »  
Image de la zone de reconstruction dans l'épaisseur de la tuyauterie

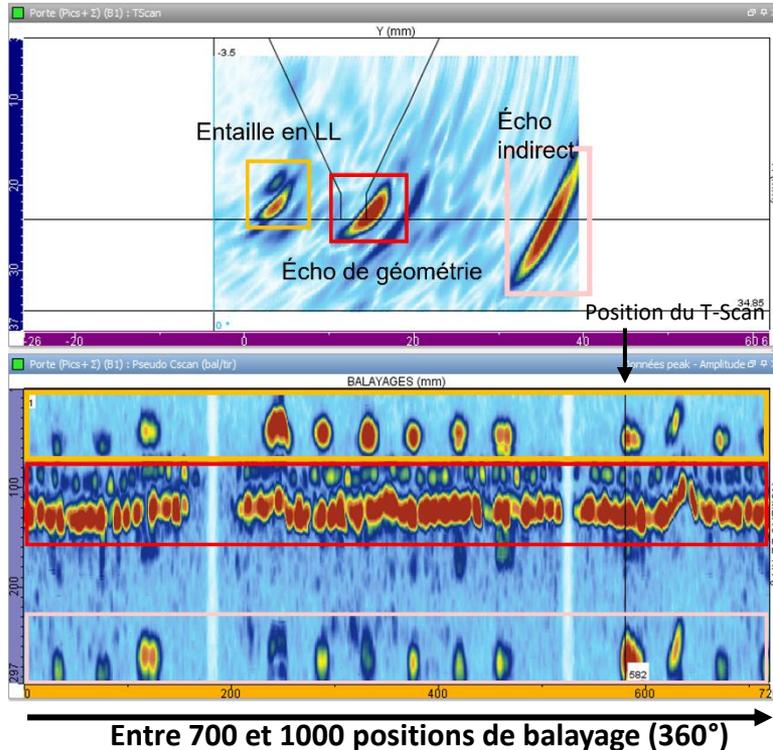
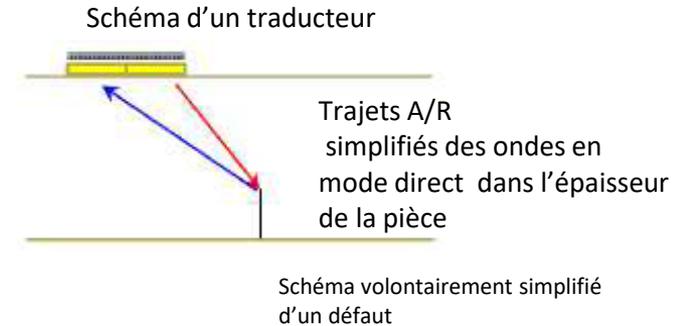


Image « C-Scan » :  
Représentation de l'amplitude maximale mesurée le long d'une ligne verticale du T-Scan pour toutes les positions de balayage

Entre 700 et 1000 positions de balayage (360°)



Echos LL des entailles

Échos de géométrie :  
pénétration + bord de cordon

Echos indirects des entailles

# Procédé UTa - Analyse

## [ SIGNAUX DANS LE MODE TLL

Signaux acquis sur une maquette 8" comportant 12 entailles électro-érodées

Image « T-Scan »  
Image de la zone de reconstruction dans l'épaisseur de la tuyauterie

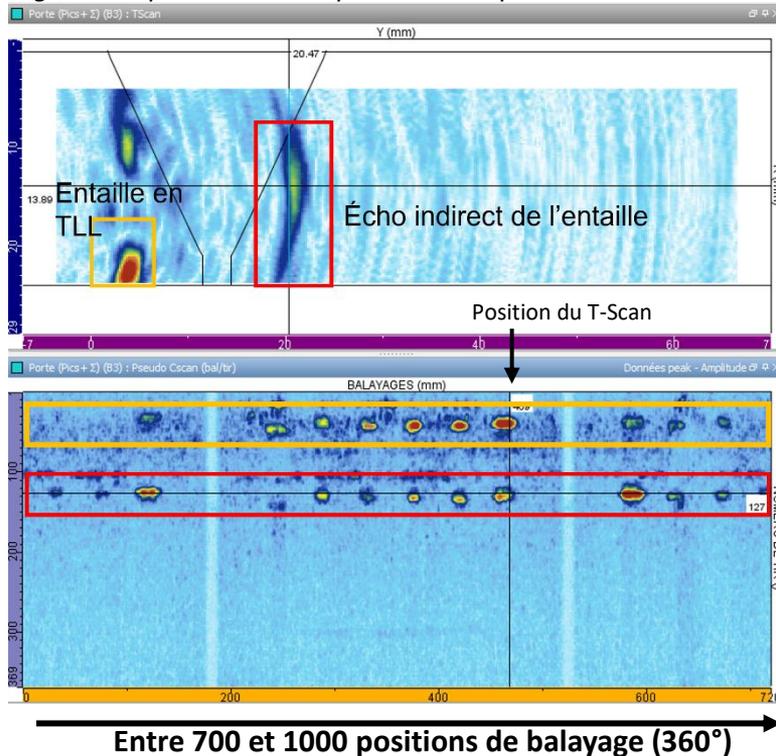
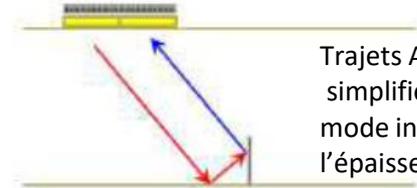


Image « C-Scan » :  
Représentation de l'amplitude maximale mesurée le long d'une ligne verticale du T-Scan pour toutes les positions de balayage

Schéma d'un traducteur



Trajets A/R simplifiés des ondes en mode indirect dans l'épaisseur de la pièce

Schéma volontairement simplifié d'un défaut

Echos TLL

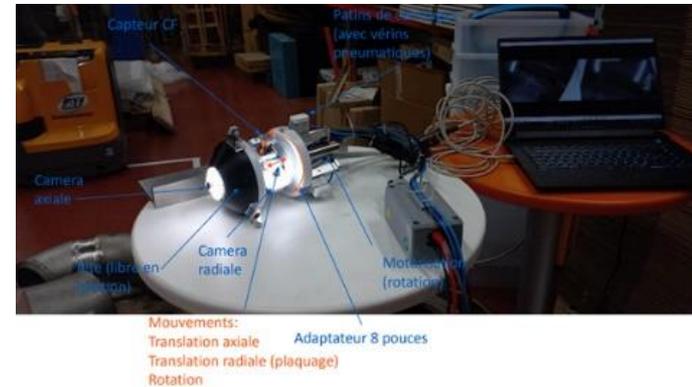
Echos indirects

## Performances du procédé UTa

- Objectif EDF : détection de fissures de CSC aux abords des soudures et caractérisation de leur hauteur
  - Hauteur  $\geq 2$  mm et longueur  $\geq 20$  mm
- Performances établies par comparaison entre la profondeur évaluée par UTa et la profondeur mesurée sur coupes métallographiques (analyse destructive)
  - obtenues après analyse de 142 diagnostics réalisés jusqu'en septembre 2022
- Performances établies par EDF :
  - Garantie de détection d'une fissure de CSC de plus de 2 mm de hauteur
  - Caractérisation de la hauteur des fissures :  $\pm 1$  mm avec un biais de -0,1mm
- Validation des performances par un comité technique EDF (collège d'experts END)
- Procédé en phase de qualification (processus long basé sur l'examen formel d'un dossier de justification technique par un collège d'experts indépendants)

## Autres procédés END en développement

- Le procédé UTa à lui seul ne permet pas de conclure sur :
  - La nature des indications détectées (CSC, défaut de fabrication,...)
  - Le caractère débouchant ou non pour des ligaments < 2mm
- EDF développe de nouveaux procédés END surfaciques avec introduction d'un outillage dans les tuyauteries (lors de la dépose d'un tronçon de tuyauterie ou accès par démontage d'un organe de robinetterie :
  - ET + ETV HD (Examen par courants de Foucault + télévisuel HD)
  - PT + ETV HD (Examen par ressuage + télévisuel HD)
- Ces END surfaciques ont le potentiel d'améliorer la détection d'indications, la détermination de la nature des indications et de suivre leurs évolutions selon la longueur en service.
- Pas de performances établies à date



## Expertise IRSN sur le procédé UTa

- Expertise IRSN : avis 2023-00067 du 12 mai 2023
- L'analyse des données UTa est complexe et nécessite une bonne formation des analystes (procédé nouveau, évolutions fréquentes des procédures pour fiabiliser le diagnostic)
  - Point de vigilance sur la formation des analystes (EDF va rédiger un guide de bonnes pratiques)
- Le procédé UTa présente des limitations : zones non couvertes ou non analysables pour différentes raisons (environnement, état de surface, niveau de bruit élevé) ou doutes sur la nature des échos
  - L'IRSN recommande que, en cas de questionnement sur la présence, la nature ou le dimensionnement d'une indication détectée par UTa, EDF déploie un END complémentaire surfacique

Merci pour votre attention