



Innover
en mécanique

Caractérisation de fissures par tomographie à rayons X

Les enjeux

Les moyens d'acquisition

Les outils de caractérisation

Exemples de caractérisation simples

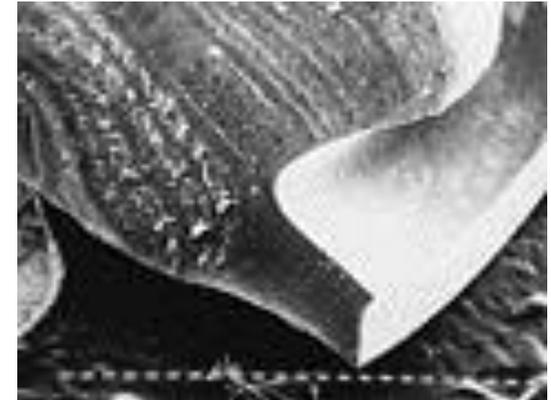
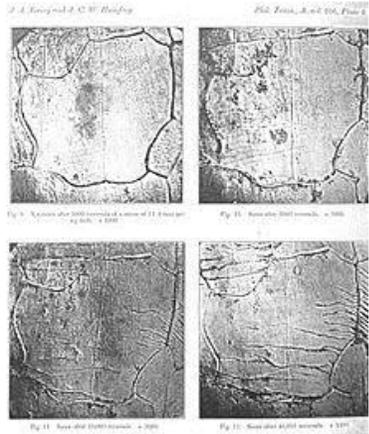
Exemple de caractérisation évoluée

Conclusion

Présentation réalisée par Sébastien BRZUCHACZ
Coordinateur Métier Tomographie
Sebastien.brzuchaz@cetim.fr
Tél :03 44 67 23 33

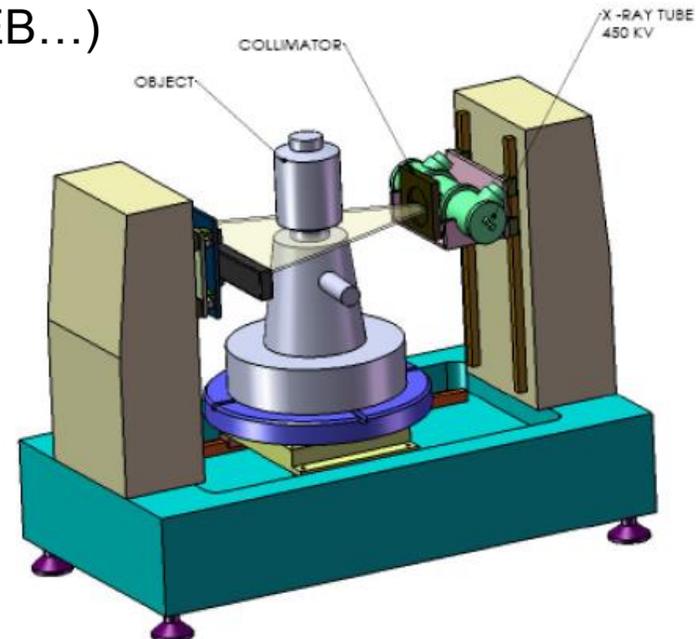
Les enjeux de la caractérisation de fissures

- Domaines concernés et problématique rattachée :
 - Analyse de défaillance : apparition de la fissure
 - Fatigue des matériaux : loi de propagation
 - Contrôle non destructif : critère d'acceptation
 - Diagnostic d'installations industrielles : durée de vie
- Forme, dimensions et chemin de propagation des fissures fournissent une information sur leur origine et leur devenir



Les enjeux de la caractérisation de fissures

- Démarche classique de la caractérisation de fissure :
 - Réalisation d'un cnd : surfacique (ressuage) en général pour repérer la fissure, complété par un volumique (radiographie) quelques fois ;
 - Découpe de la pièce au niveau de la fissure détectée en surface
 - Réalisation de coupes métallographiques
 - Analyse des échantillons (binoculaire, MEB...)
- Apport de la tomographie :
 - Détection en surface et en profondeur
 - Numérisation 3D
 - Caractérisation numérique



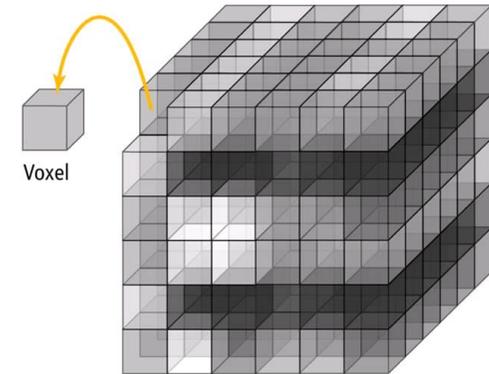
Les moyens d'acquisition

- Choix de l'équipement dicté par les dimensions de l'objet analysé et de la fissure à caractériser
- Limitation résolution vs dimensions/matériau : caractérisation limitée pour les pièces volumineuses ou en matériau dense

Type	Nano tomographe	Micro tomographe	Macro tomographe		Scanner médical	Synchrotron
Caractéristiques						
Tension max	180 kV	240 kV	150 à 600 kV	1 à 15 MeV	160 kV	~450kV
Taille foyer	<1 μ m	1 à 5 μ m	0,4 à 1mm	0,5 à 2mm	1mm	<1 μ m
Type détecteur	plan	plan	Linéaire ou plan	Linéaire ou plan	Module de linéaires	Plan
D _{max} objet	120mm	200mm	1m	>> 1m	1m	500mm
Résolution max	0,5 à 1 μ m	1 à 10 μ m	0,1 à 0,5mm	0,5 à 1mm	0,1 à 0,5mm	0,5 à 1 μ m

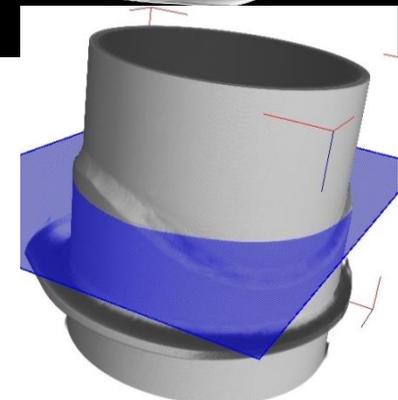
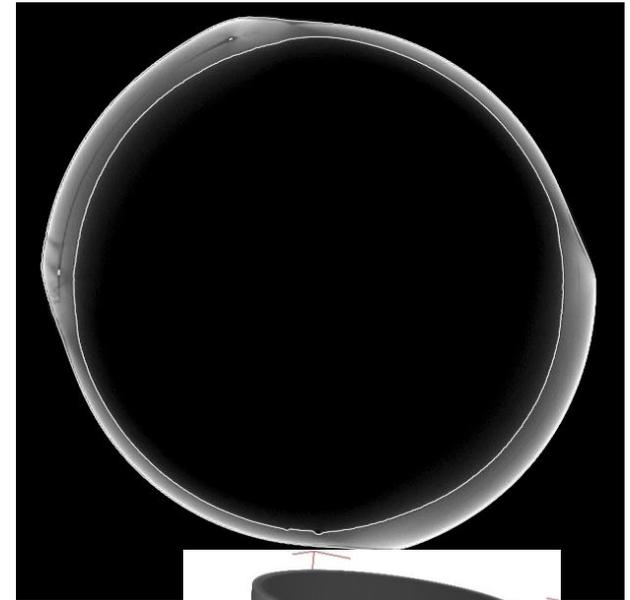
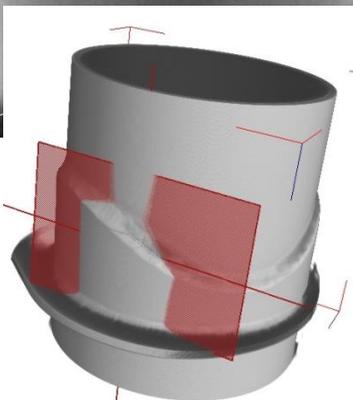
Les outils de caractérisation

- Fonctions nécessaires :
 - Visualisation 2D et 3D
 - Outils de mesure simple : angle, distance
 - Outils de traitement d'image :
 - Algorithme de seuillage
 - Filtres numériques : réduction du bruit, netteté de l'image, segmentation ...
- Différentes stratégies possibles en fonction du contexte de la caractérisation et de son degré de sophistication :
 - Utilisation de logiciel clé en main
 - Utilisation de logiciel dédié au traitement d'image
 - Développement d'un outil de caractérisation



Exemples de caractérisation simple

Soudure de 2 tubes métalliques emmanchés



Exemples de caractérisation simple

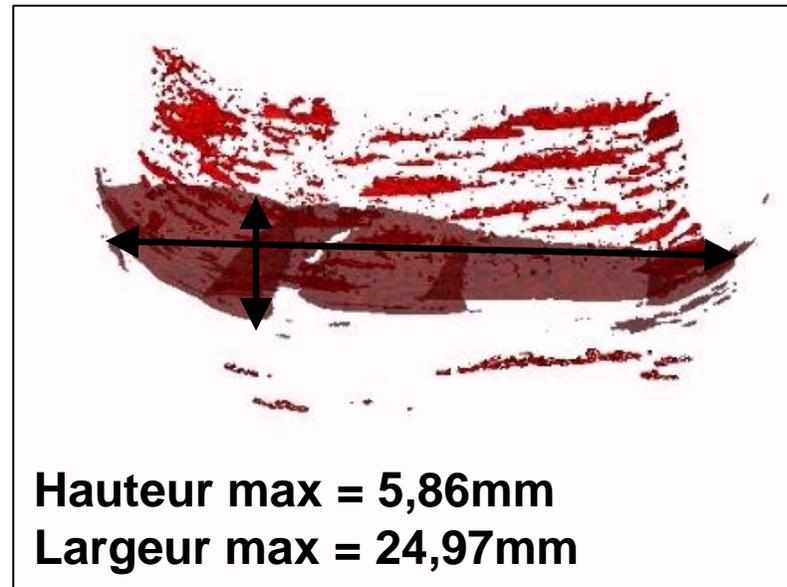
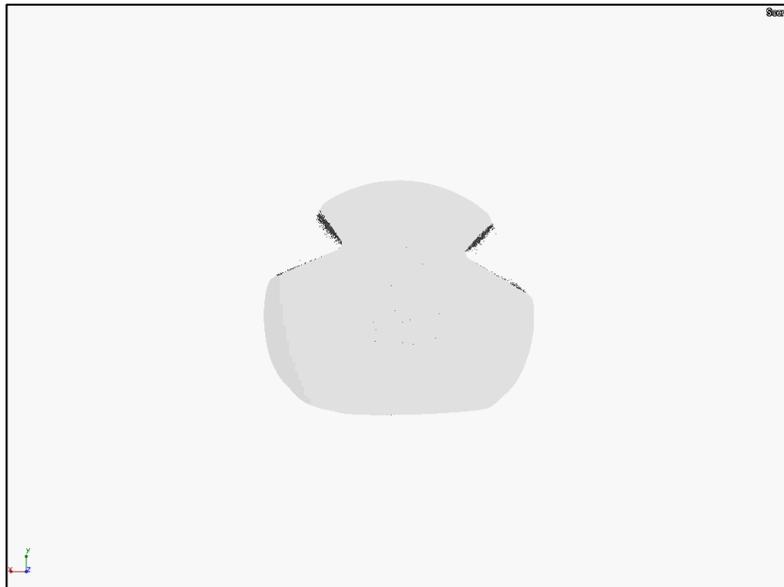
- Orientation des coupes métallographiques



Exemples de caractérisation simple

Fissure de fatigue dans une barre métallique

- Fissure relativement ouverte, segmentée par simple seuillage
- Extraction de la fissure pour détermination hauteur et largeur maximales

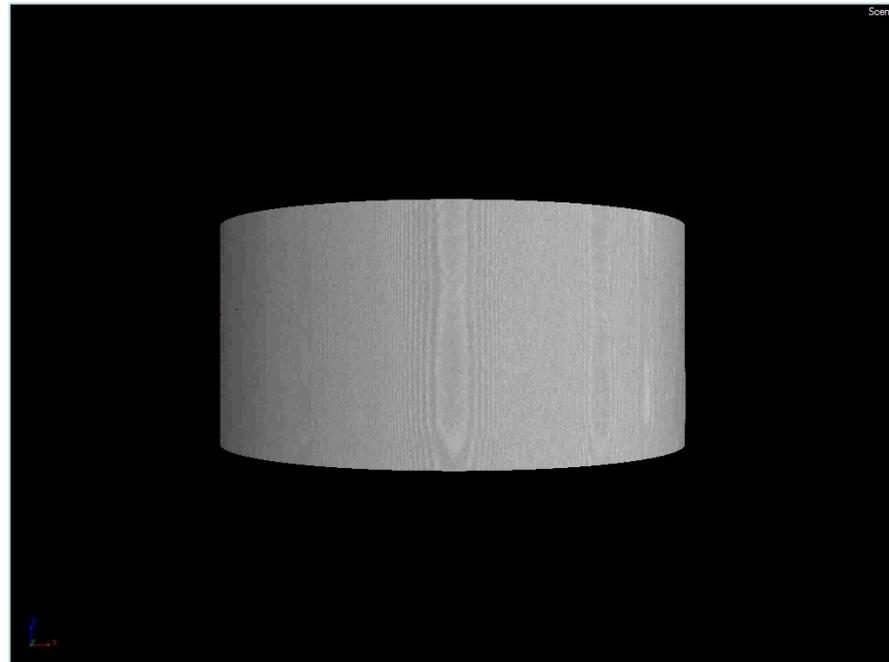


Exemple de caractérisation évoluée

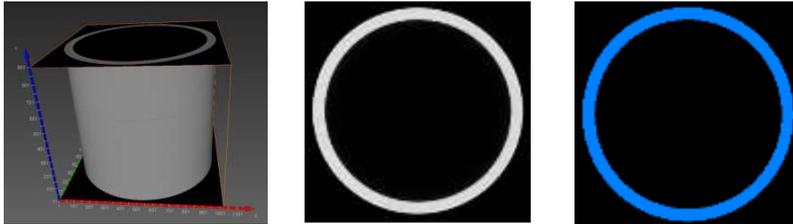
Détermination de la profondeur de fissures circonférentielles dans des tubes métalliques en fonction de la position angulaire

- Fissures fermées, ramifiées, ne se propageant pas dans un plan
- Nécessité de développer un outil d'extraction et de caractérisation pour traiter précisément l'ensemble des fissures présentes dans le volume scanné

- Micro-tomographie à 20 μ m
- Segmentation avec VGS Max



Exemple de caractérisation évoluée



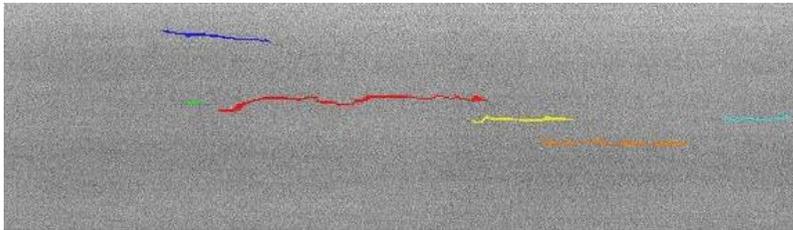
Préparation données

- Chargement de l'empilement d'images de la zone traitée
- Détermination de la surface du tube
- Création d'un développé du tube à partir de la surface externe



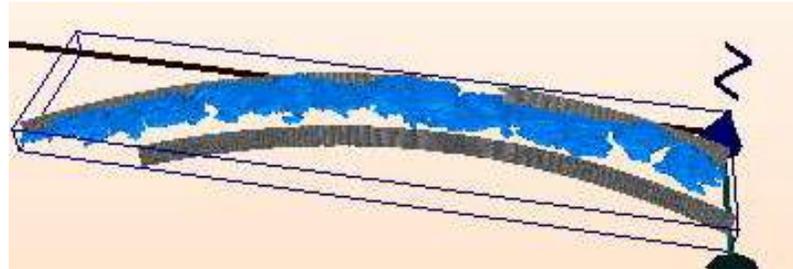
Extraction des fissures

- Filtrage du volume pour réduire le bruit
- Détection des fissures par seuillage des niveaux de gris à partir de la surface externe
- Sélection manuelle des fissures et création d'un volume indépendant
- Segmentation 3D de la fissure à partir du germe 2D



Caractérisation des fissures

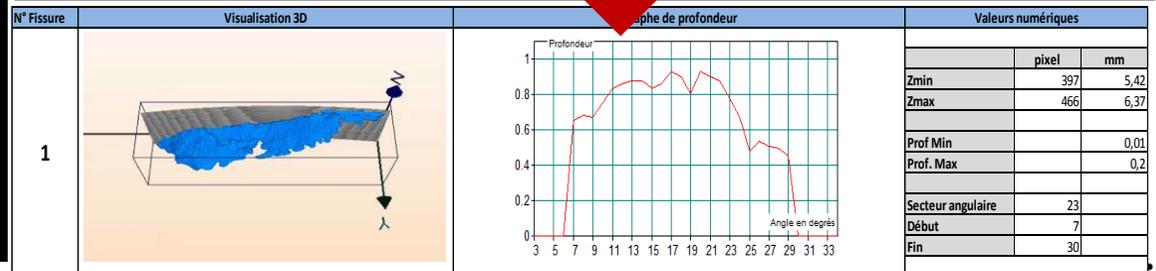
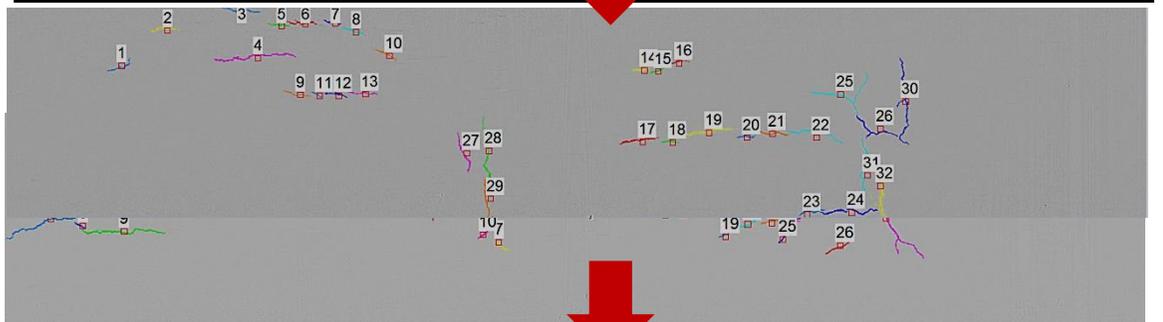
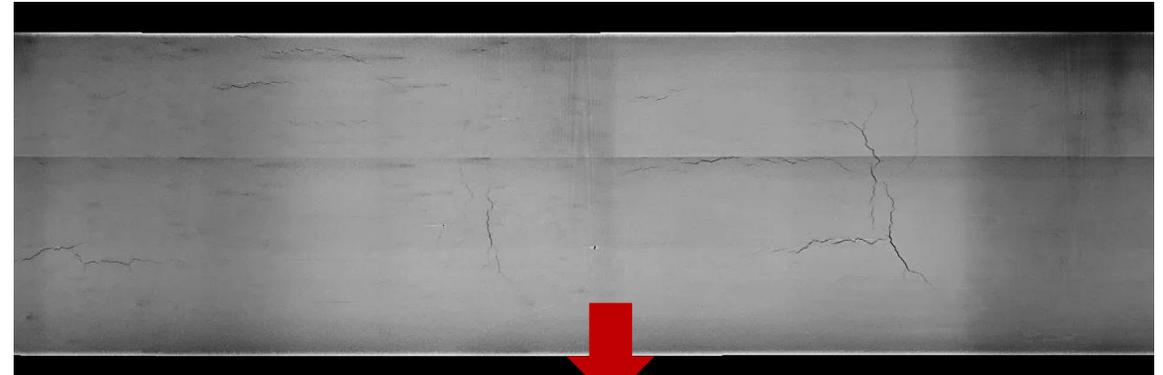
- Détermination du secteur angulaire couvert par la fissure sélectionnée
- Relevé des variations d'altitude min et max
- Détermination de la profondeur de la fissure en fonction de l'azimut



Id	Z min (Pixel)	Z min (mm)	Z max (Pixel)	Z max (mm)	Epais. min (mm)	Epais. max (mm)	Epais. moy (mm)	Prof. min (mm)	Prof. max (mm)
1	400	8.00	432	8.64	0.02	0.22	0.10	0.10	0.10

Exemple de caractérisation évoluée

- Tomographie synchrotron à 13 μ m, caractérisation complète avec outil développé sous Visilog



Conclusion

- La tomographie combinée au traitement d'image numérique peut être un bel outil de caractérisation des défauts de santé-matière, comme les fissures
- Limitations :
 - La technologie d'acquisition limite les caractérisations fines aux petits objets ou nécessite une destruction partielle de l'objet scanné afin d'en réduire le volume
 - Les outils de caractérisation des fissures ne sont pas très développés en raison de la difficile généralisation des traitements à tous les cas de figure
- Perspectives :
 - Développements d'outils de caractérisation plus dédiés aux fissures
 - L'extraction 3D et la quantification numérique amèneront à de nouvelles applications en simulation (CND, fatigue, diagnostique des ESP....)



Innover
en mécanique