

De l'IA au service du SHM – Exemple industriel à l'appui

Mahjoub El Mountassir et Slah Yaacoubi,
Equipe Monitoring et Intelligence Artificielle

06 | 07 | 2021

4^{ème} JOURNEE NATIONALE CONTROLE SANTE ET MONITORING DES STRUCTURES

Sommaire

01 A propos de l'IA

02 Problématique

03 Méthodologie

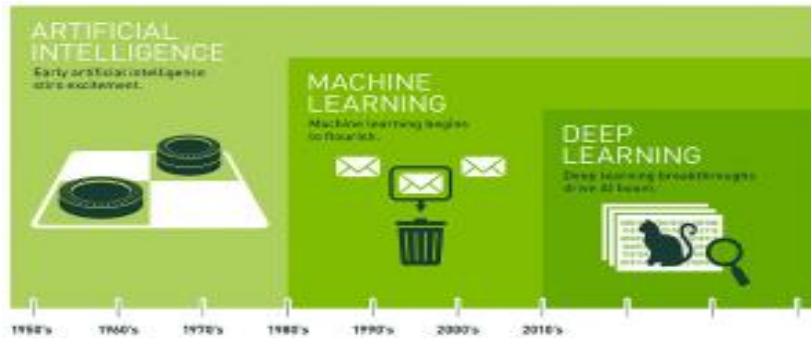
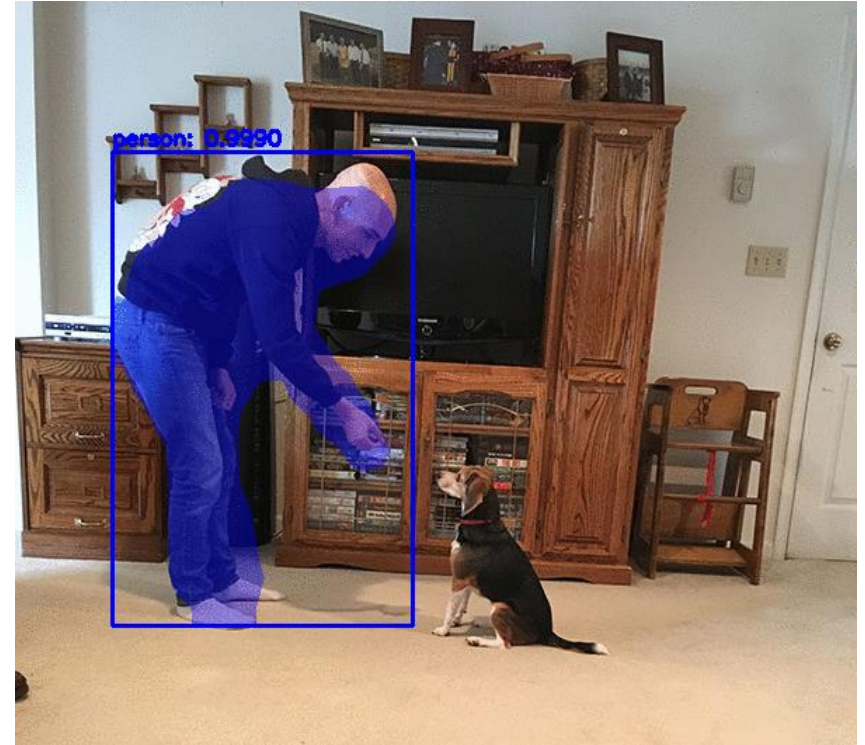
04 Base de données

05 Résultats

06 Conclusions et perspectives

Intelligence artificielle ?

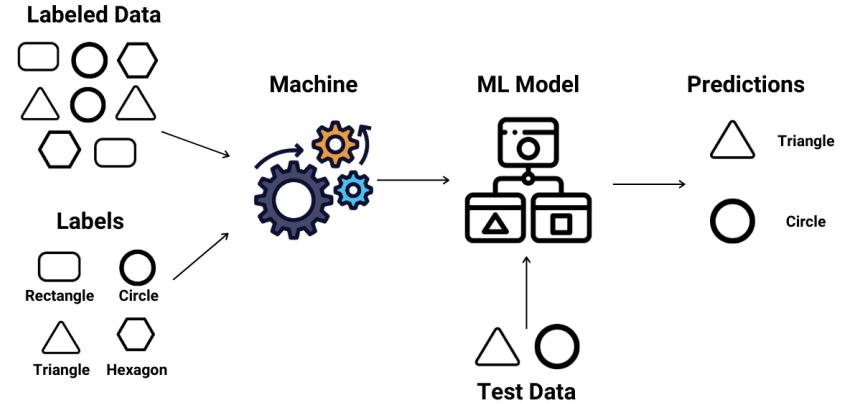
- C'est l'ensemble des techniques et théories permettant à la machine d'exécuter certaines tâches non habituelles, (i.e. nécessitant de l'intelligence)
- Différents niveaux d'intelligence
- « Une intelligence générale artificielle (AGI) serait une machine capable de comprendre le monde aussi bien que n'importe quel humain, et avec la même capacité d'apprendre à exécuter un large éventail de tâches »



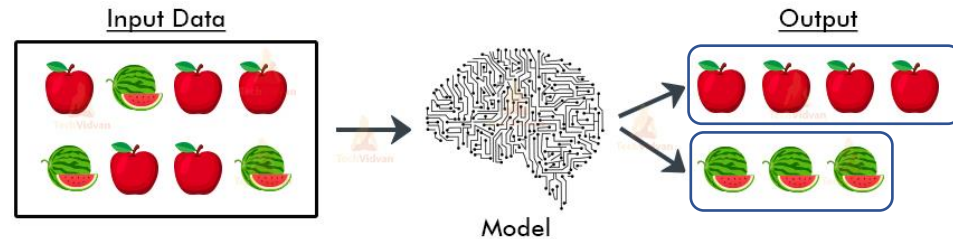
Apprentissage statistique

- Machine learning = apprentissage machine
- On distingue :
 - Apprentissage **supervisée**
 - ▶ recherche d'une fonction prédictive basée sur des données (entre autres)
 - Apprentissage **non supervisée**,
- Besoin de données (expérimentales, numériques ...)

Supervised Learning



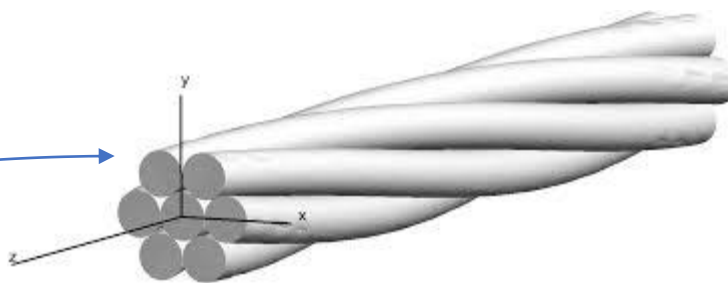
Unsupervised Learning



Zones inaccessibles (1/2)

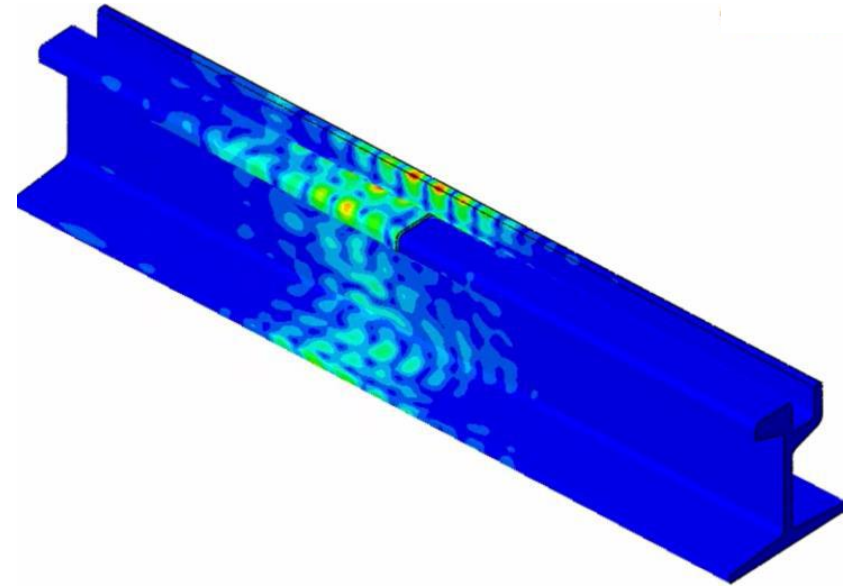
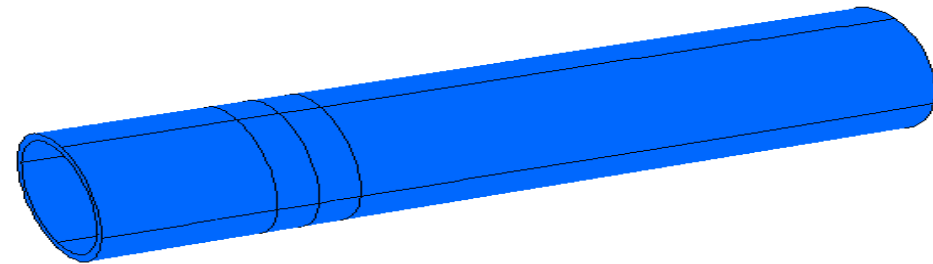


Zones inaccessibles (2/2)

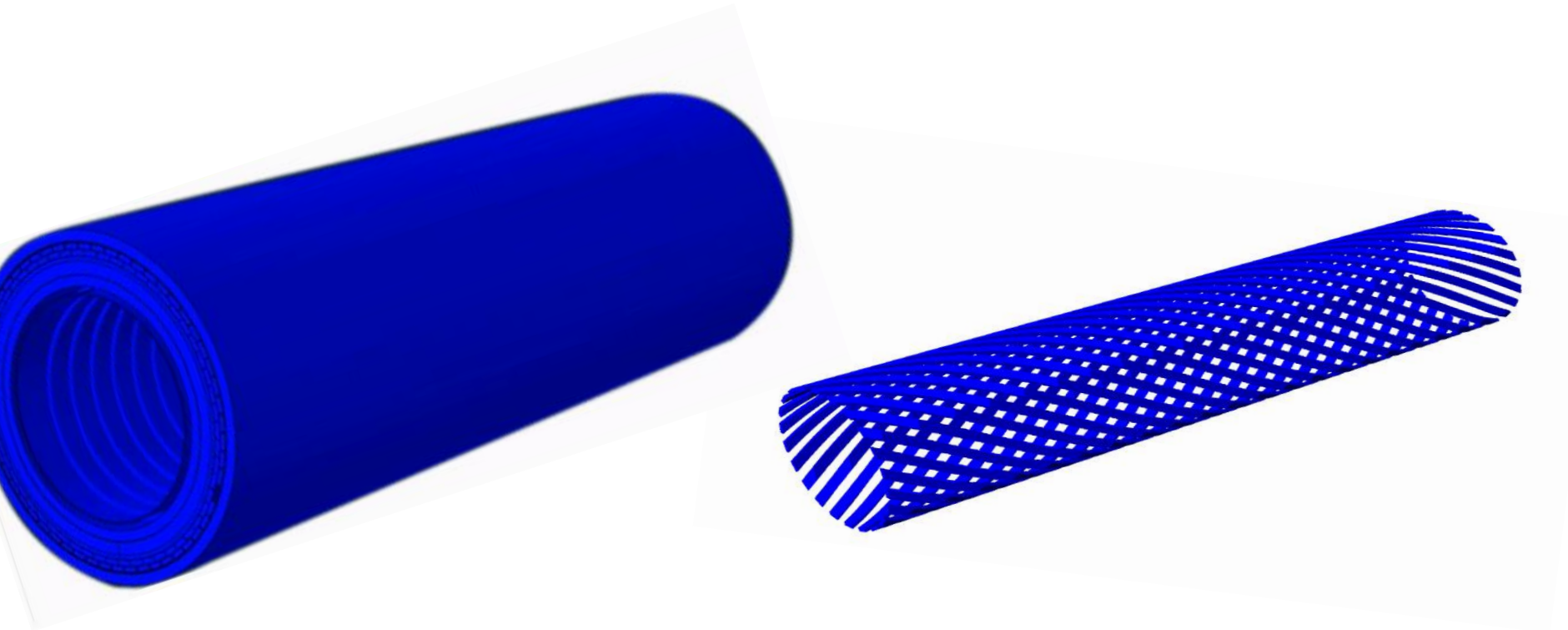


Ondes guidées (1/2)

- Contrôle non-destructif
- SHM



Ondes guidées (2/2)



02 Problématique

Verrous (1/2)

- Forte **atténuation** des ondes ultrasonores guidées (OUG) par les matériaux composite
- La réparation composite peut **masquer** l'évolution d'un défaut ou la détection de nouveaux défauts
- **Variation** imprévisibles des conditions environnementales et opérationnelles

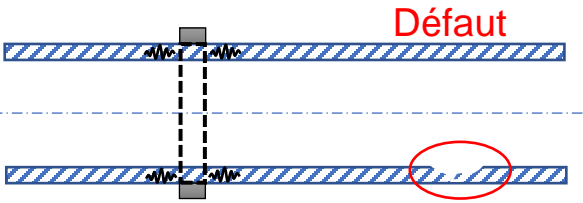


- Température
- Humidité
- Pluie
- Pression
- Débit etc.

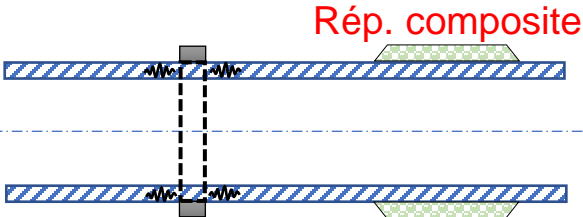


Verrous (2/2)

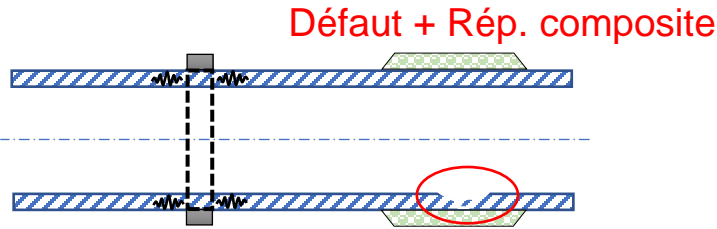
Cas 1



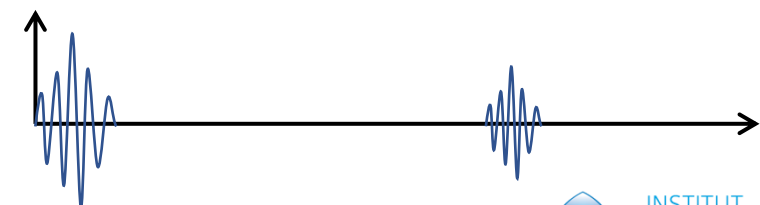
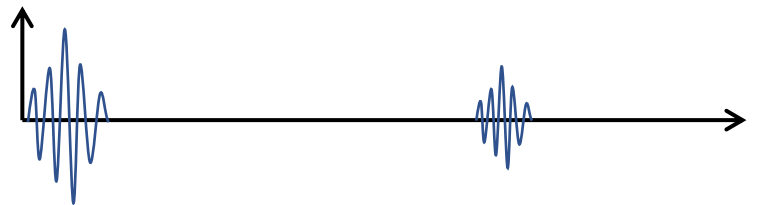
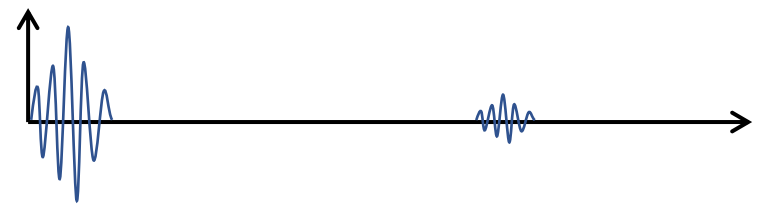
Cas 2



Cas 3



Contrôle non destructif 

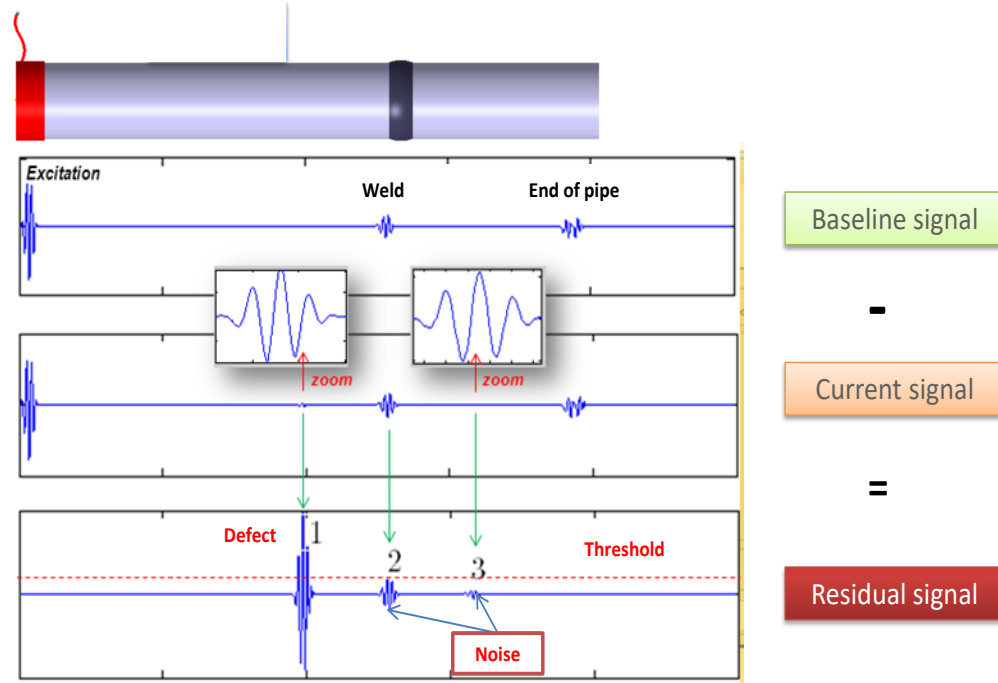


03 Méthodologie

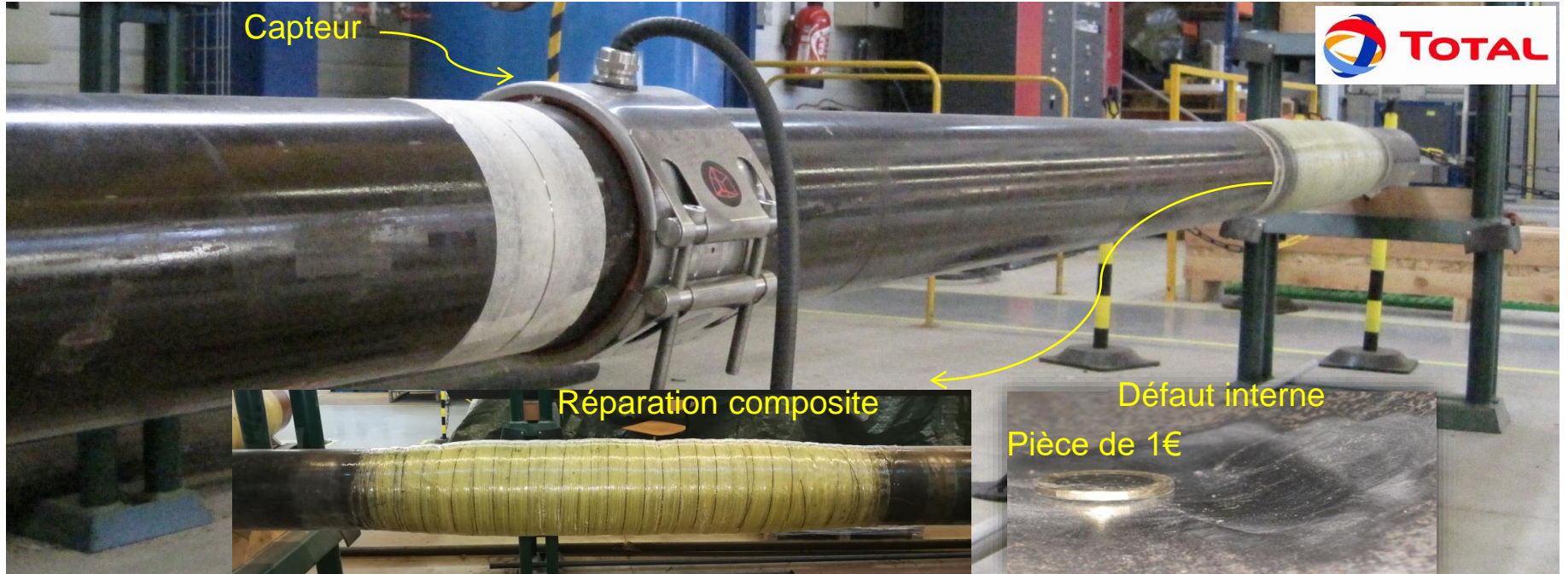
- Le monitoring repose sur la comparaison entre le signal de référence et le signal actuel
- La méthode de soustraction n'est pas efficace
- Apprentissage de l'état sain de la structure.

L'environnement de la structure peut évoluer dans le temps → **Apprentissage adaptatif**

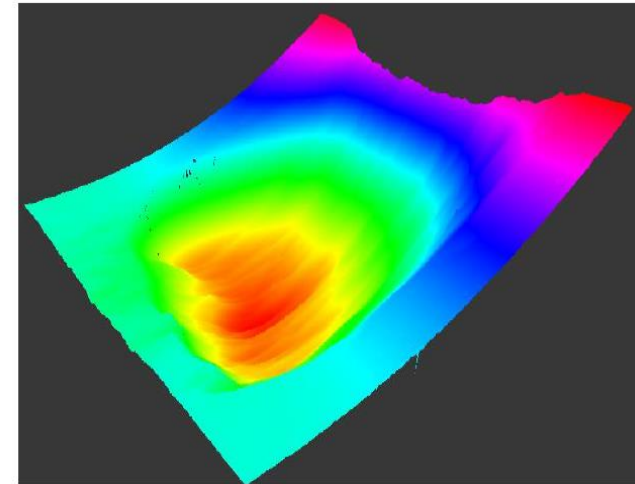
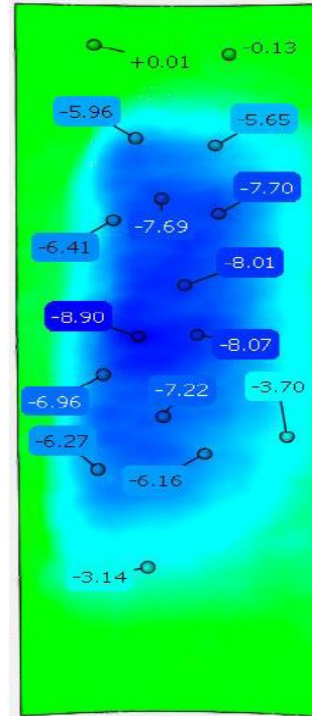
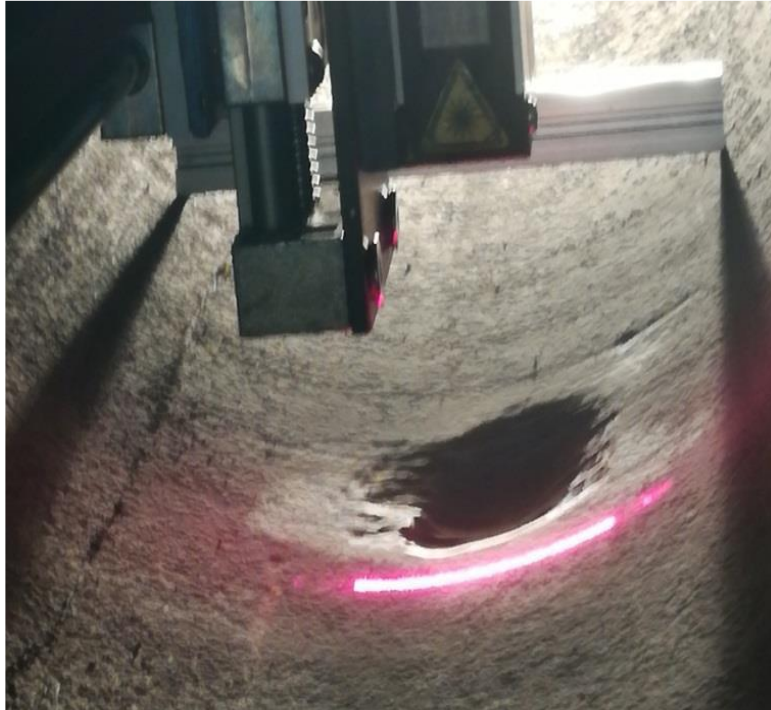
- L'apprentissage est effectué sur une base de données initiale.
- L'apprentissage est mis à jour au fur et à mesure de l'arrivée de nouvelles données



Dispositif expérimental (OUG)



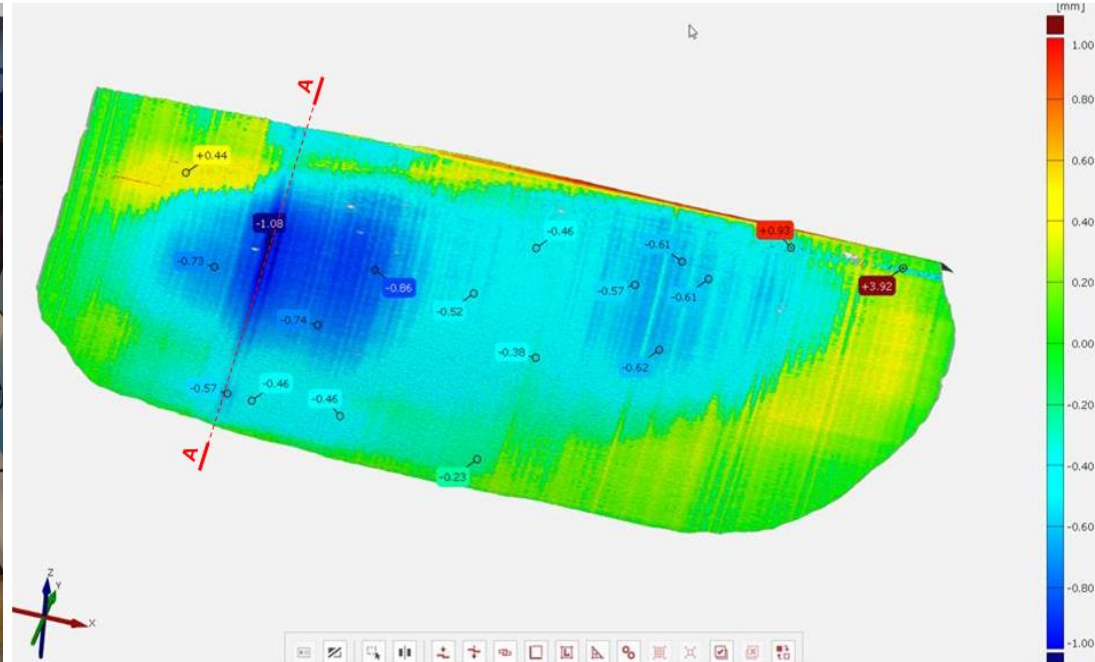
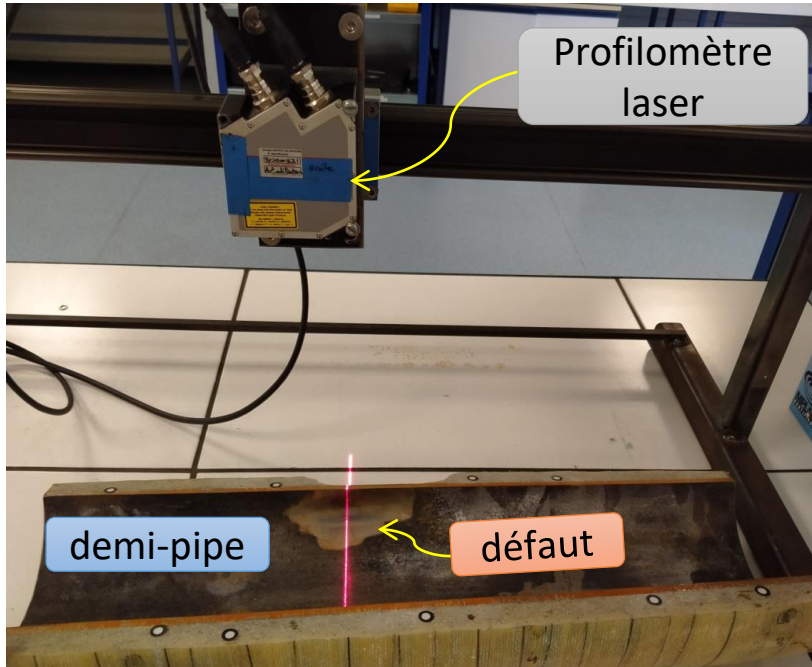
Dispositif expérimental (profilométrie laser)



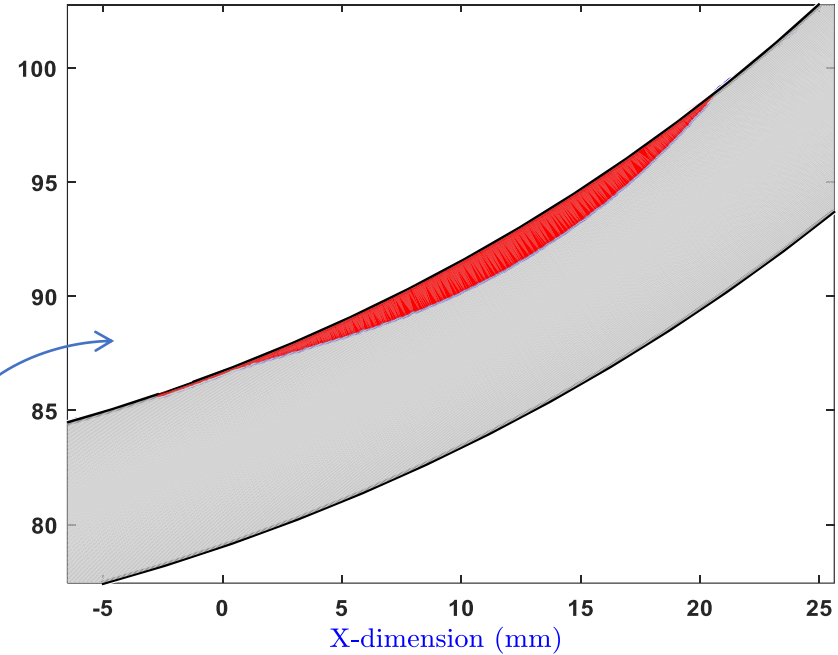
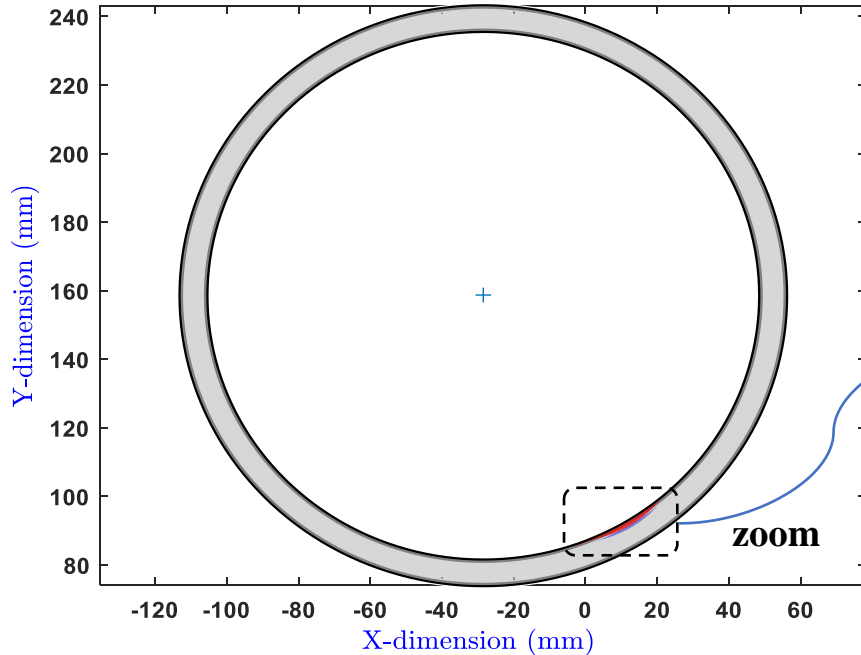
Tube trop étroit



Dispositif expérimental (profilométrie laser)



Dispositif expérimental (profilométrie laser) (suite)



$$CSA = \frac{\text{Section du défaut}}{\text{section du tube}} \times 100$$
$$= \mathbf{0,5 \% \text{ (défaut le plus grand)}}$$

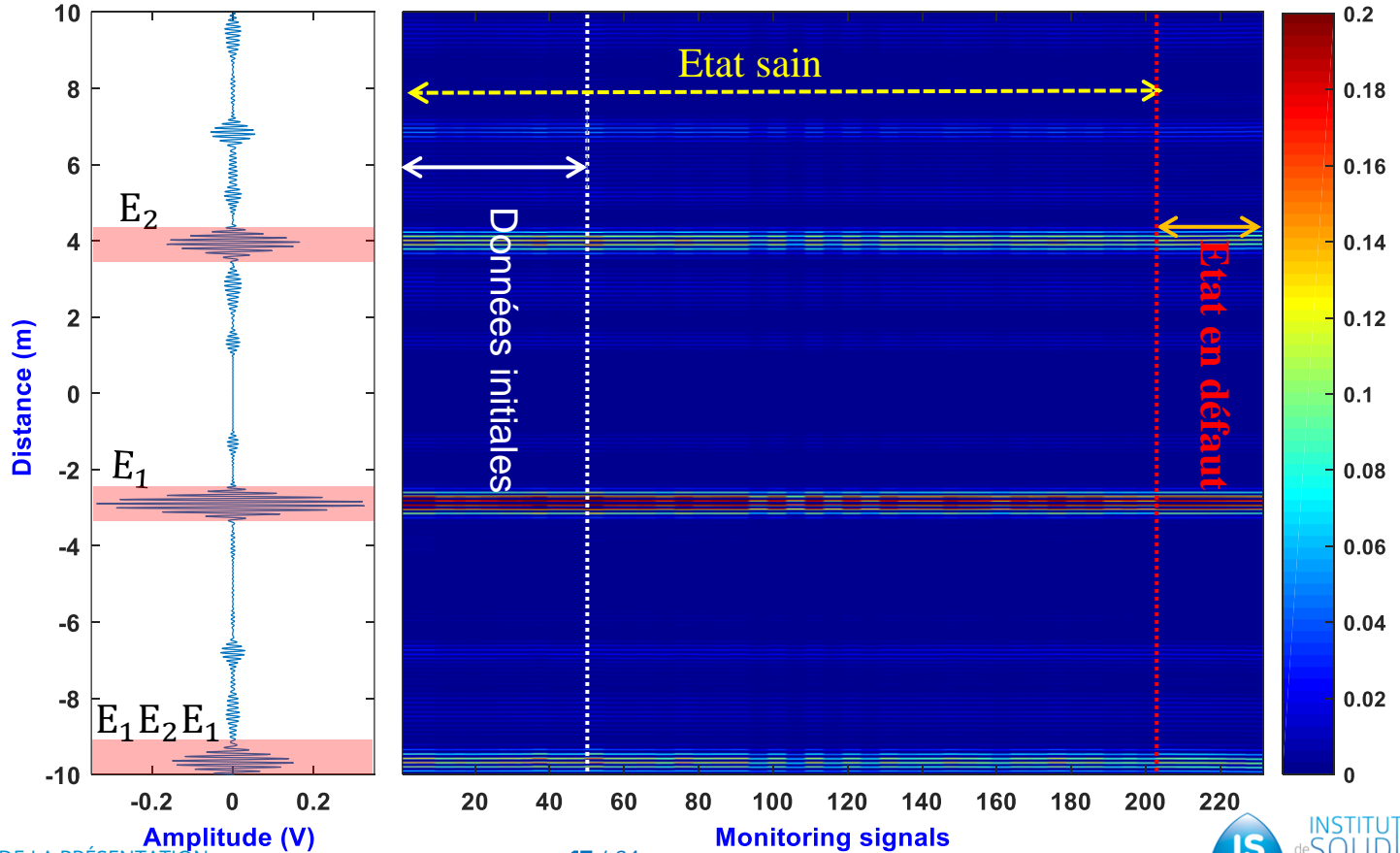


En contrôle, le CSA > 5%

Caractéristiques des données collectées

	Base de données #1	Base de données #2
Tube	spécimen #1	spécimen #2
Durée de monitoring (mois)	3	5
Etat de référence (signaux)	202	311
Etat de signal (signaux)	29 sur 6 étapes	51 sur 9 étapes
Distance capteur-défaut	2.6 m	4.4 m
Température (°C)	19 - 26	15 - 30

Données originales



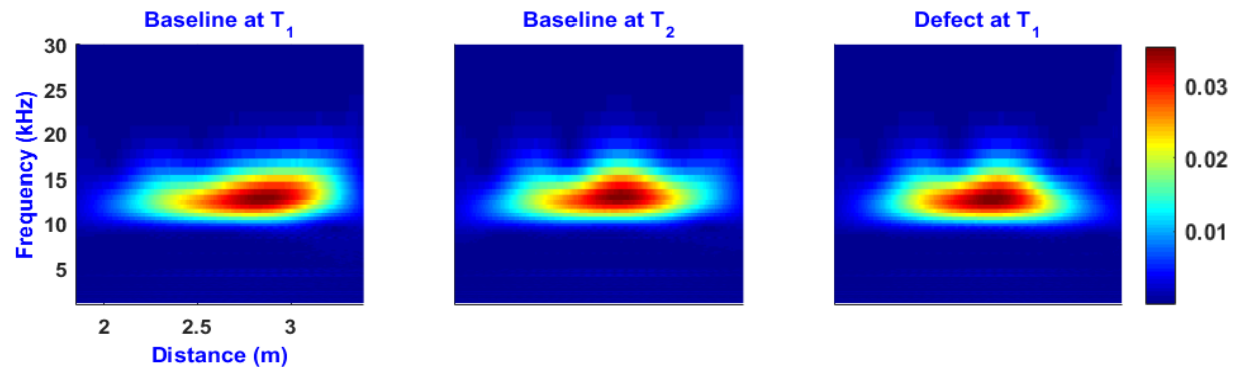
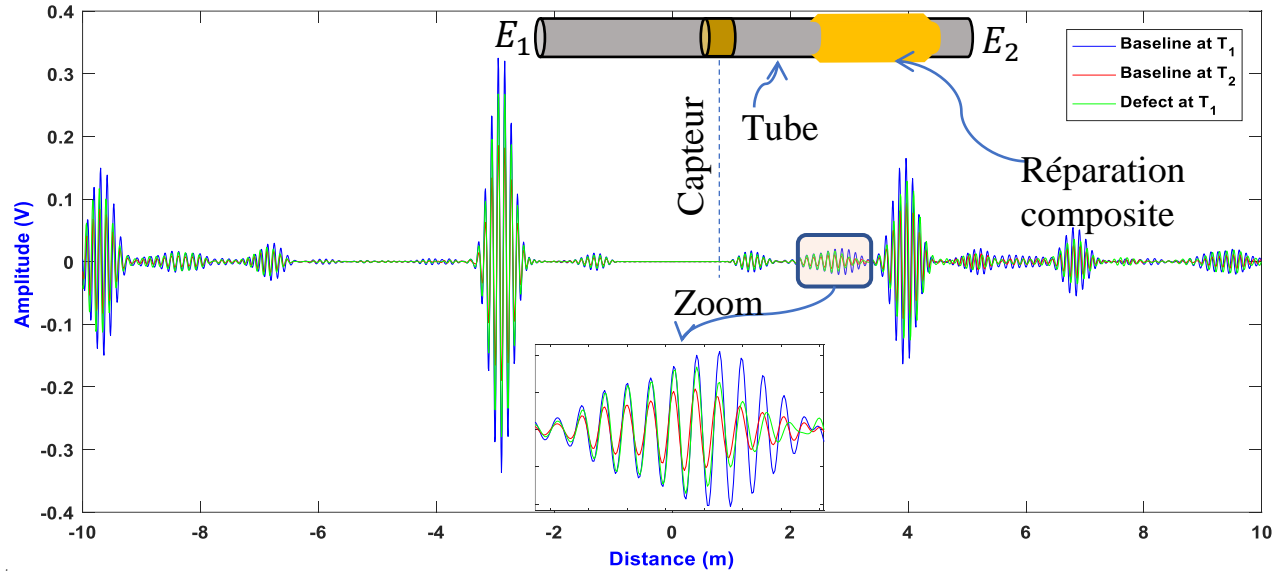
Données originales



Dans le domaine fréquentiel:

- la discrimination entre les signaux de l'état sain et les signaux en défaut est impossible

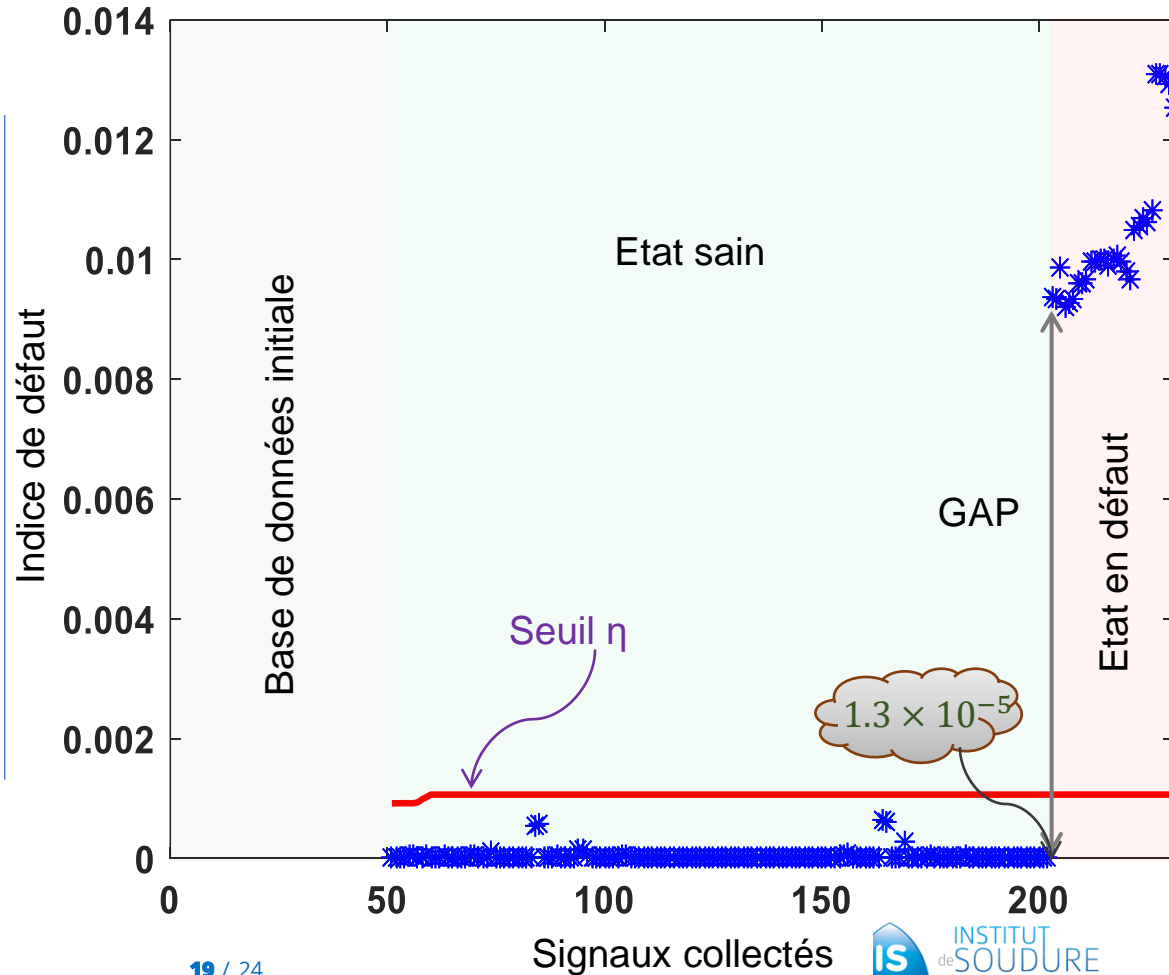
→ Le défaut n'affecte pas la fréquence du signal



Résultat spécimen #1

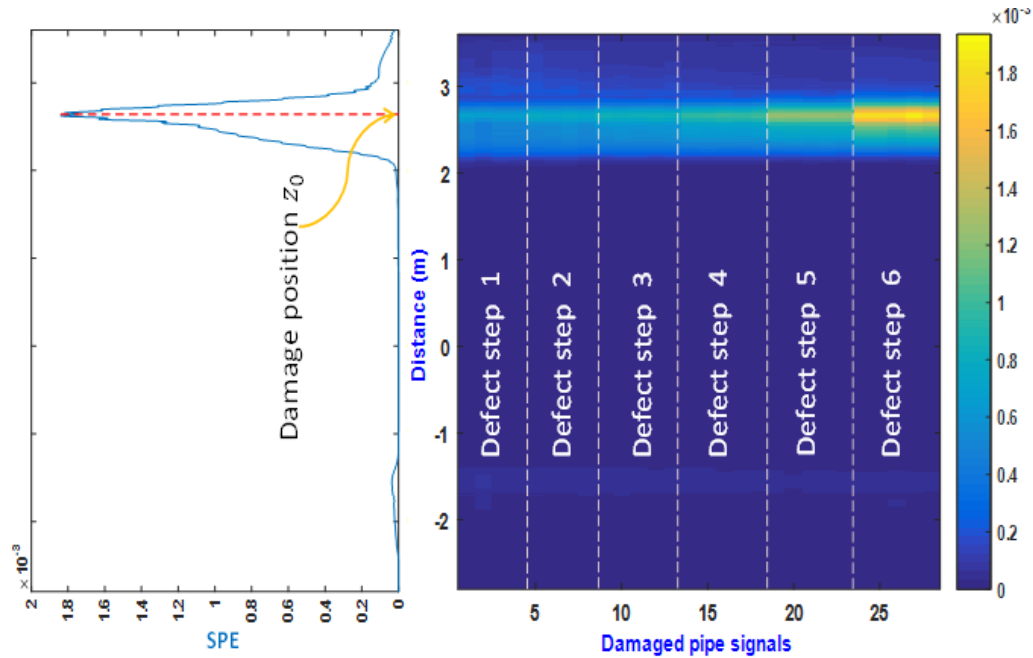
- ✓ Stabilité des données de l'état sain
- ✓ Ecart entre les données de l'état sain et données de l'état endommagé.
- ✓ Evolution de l'indice de défaut avec l'augmentation de la taille de celui-ci

→ **Meilleure sensibilité à la détection du défaut**

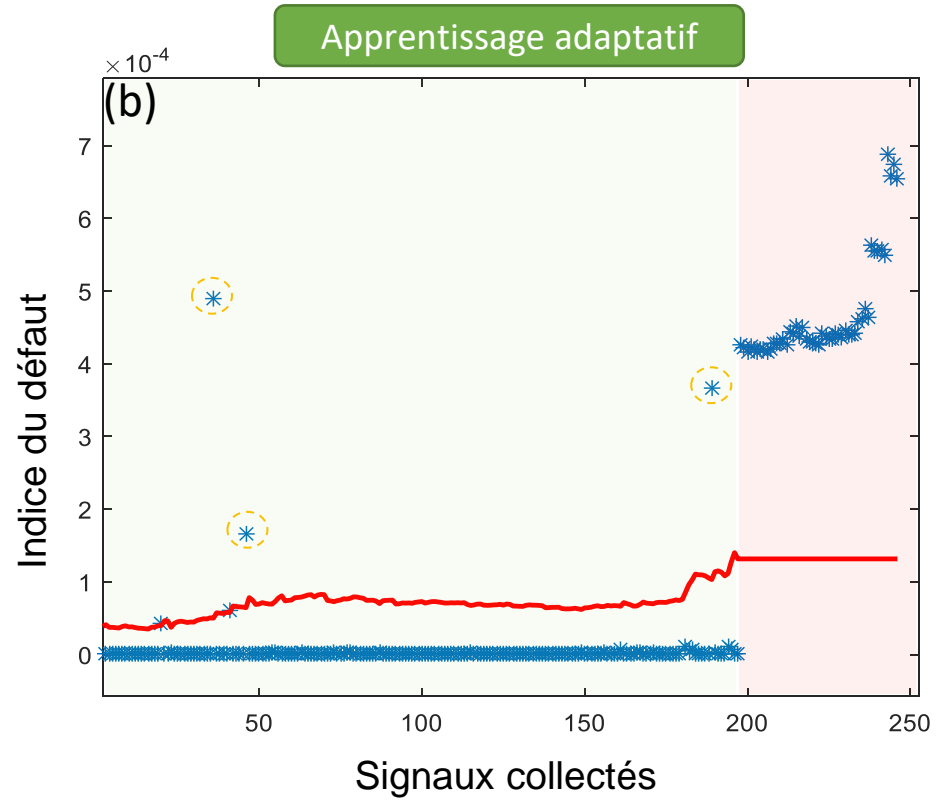
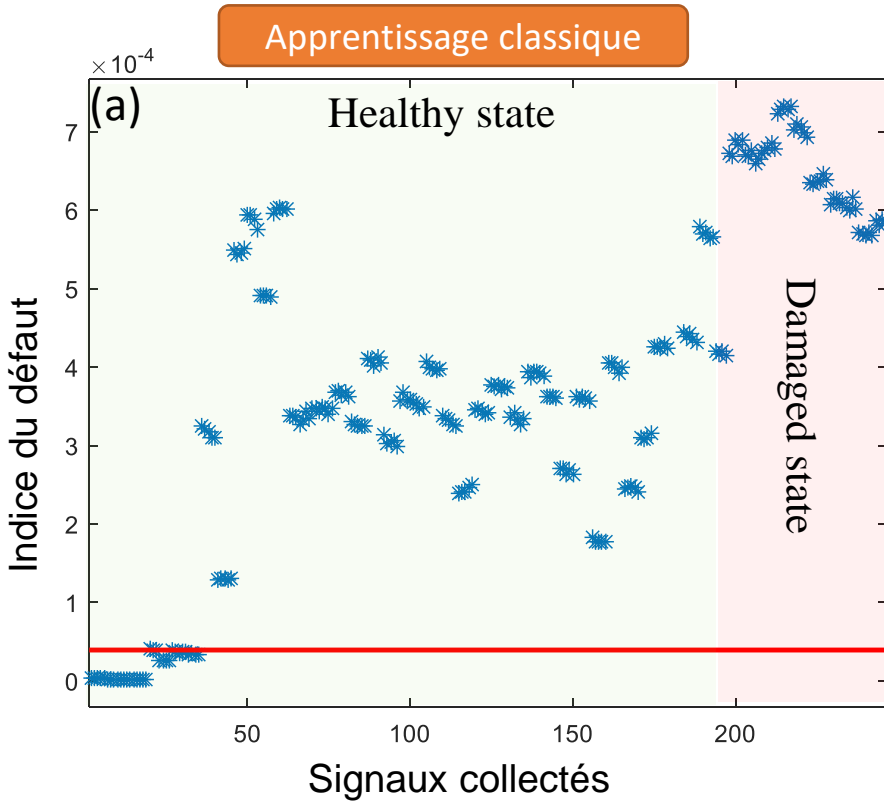


Résultat spécimen #1

- LOCALISATION

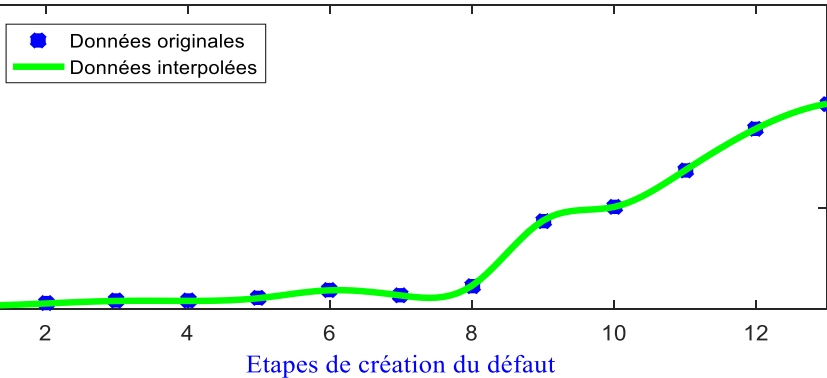


Résultat spécimen #2

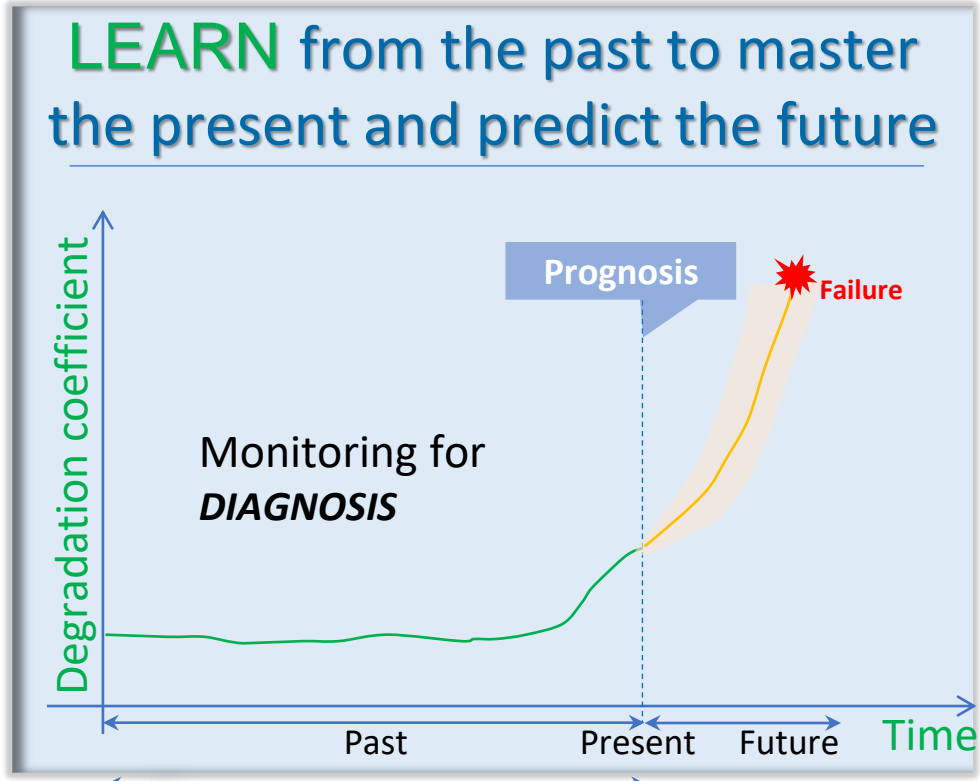
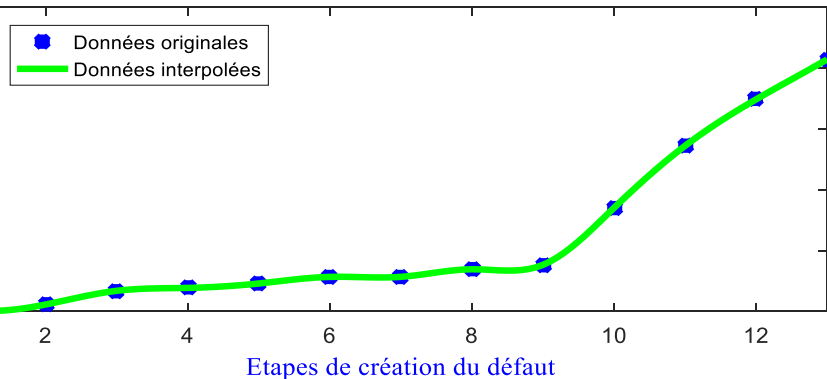


Les OUG sont-elles capables de dimensionner le défaut?

Ondes Ultrasonores Guidées



Profilométrie Laser



- ❑ Un modèle d'IA a été développé pour la détection des défauts de corrosion dans les pipes sous réparation composite.
- ❑ Le modèle permet de compenser l'effet de la variation des conditions environnementales et opérationnelles notamment la température.
- ❑ Les résultats ont montré que le modèle permet d'augmenter la sensibilité à la détection du défaut.
- ❑ En perspectives:
 - ❖ le modèle devrait être testé sur une base de données qui contient la variation de d'autres facteurs environnementaux (humidité, pluie etc.)

Remerciement



UN GROUPE APORTEUR DE SOLUTIONS
DEPUIS 1905



RECHERCHE | FORMATION | INSPECTION | CERTIFICATION
EXPERTISE | CONTRÔLES

isgroupe.com



CE QUI NOUS LIE
NOUS REND PLUS FORTS