

Structural Health Monitoring (SHM) : structuration de la filière en France à la lumière des premières applications industrielles



- SHM
- Quelques exemples de déploiements
- Technologies développées au CEA
- Structuration de la filière : branche SHM de la COFREND

OBJECTIFS SHM (STRUCTURAL HEALTH MONITORING)

Contrôle de santé des structures

Le système SHM doit garantir la bonne santé de la structure jusqu'à la prochaine opération de maintenance

Structural Health Monitoring = "The process of acquiring and analyzing data from on-board sensors to evaluate the health of a structure"

SAE ARP6461 2013

→ Sécurité

- Inspections régulières (voire continues) et automatisées

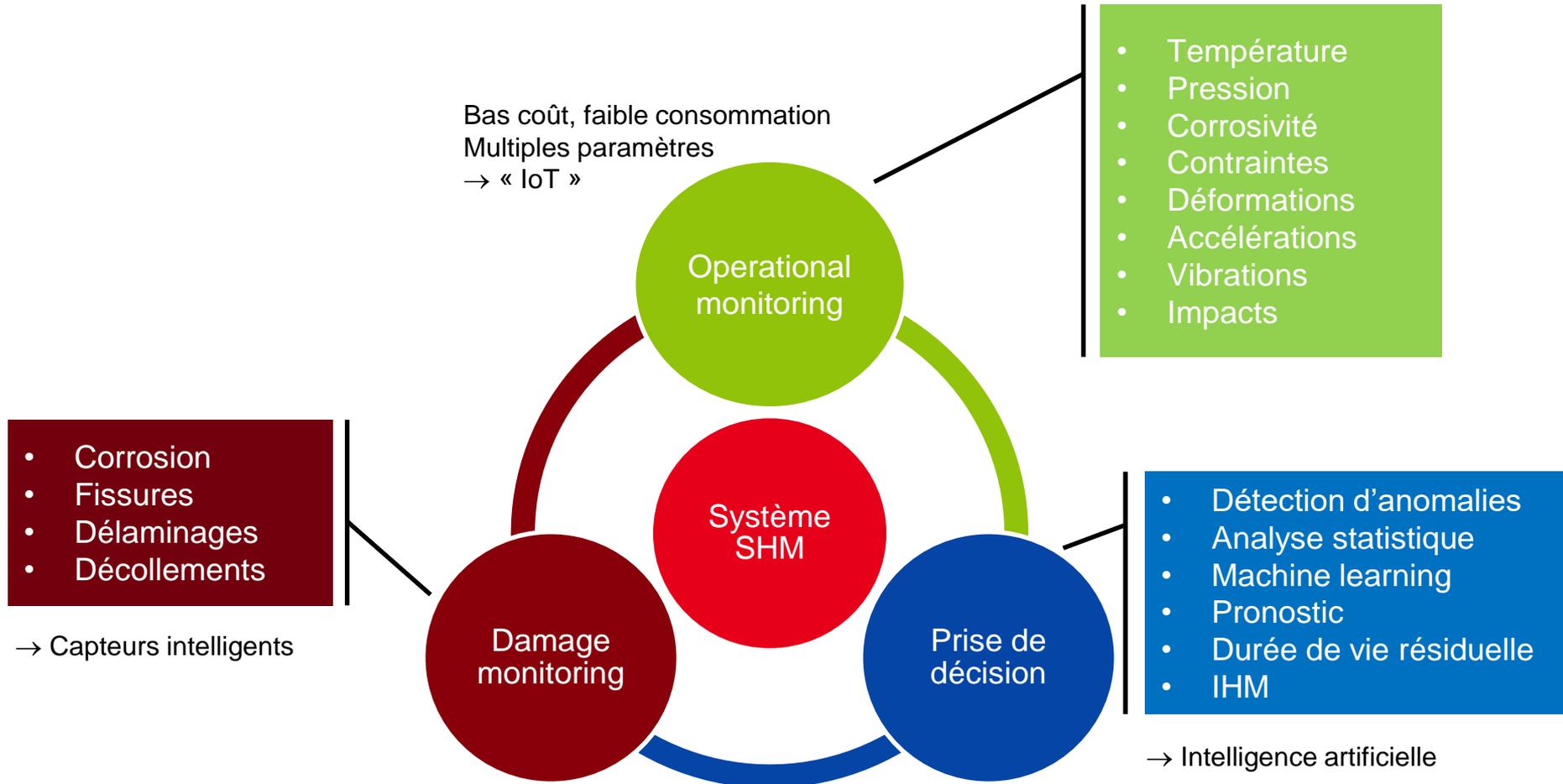
→ Maintenance simplifiée et planifiée

- Augmentation des intervalles de maintenance
- Maintenance conditionnelle pour éviter des immobilisations imprévues
- Suivi de zones inaccessibles

→ Prolongation de la durée de vie



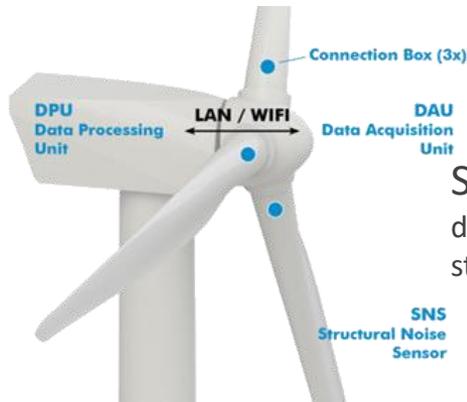
SHM : CLASSIFICATION



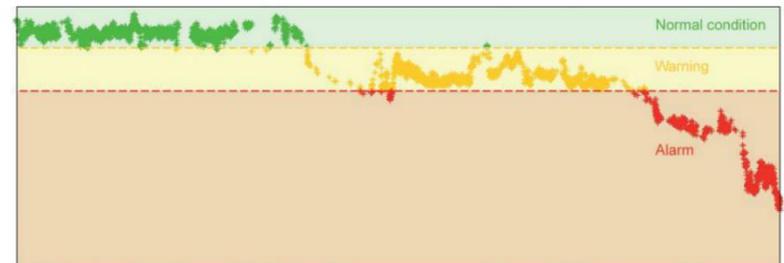
EXEMPLE

Eoliennes

Environnement agressif } surtout offshore
Maintenance difficile



System IDD blade
detects structural changes (weight,
stiffness, ...)



Condition indicator

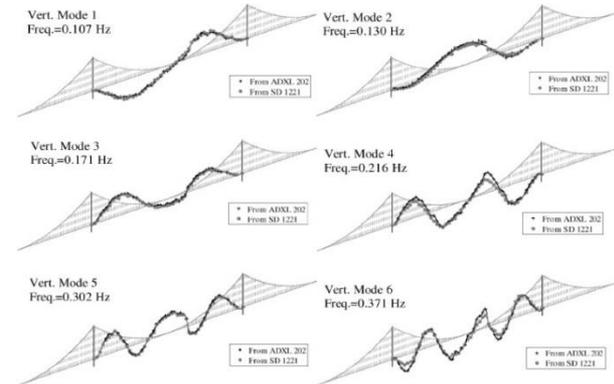
<http://www.woelfel.de/en/products/wind-energy/shmblade-iddblade/>

EXEMPLE

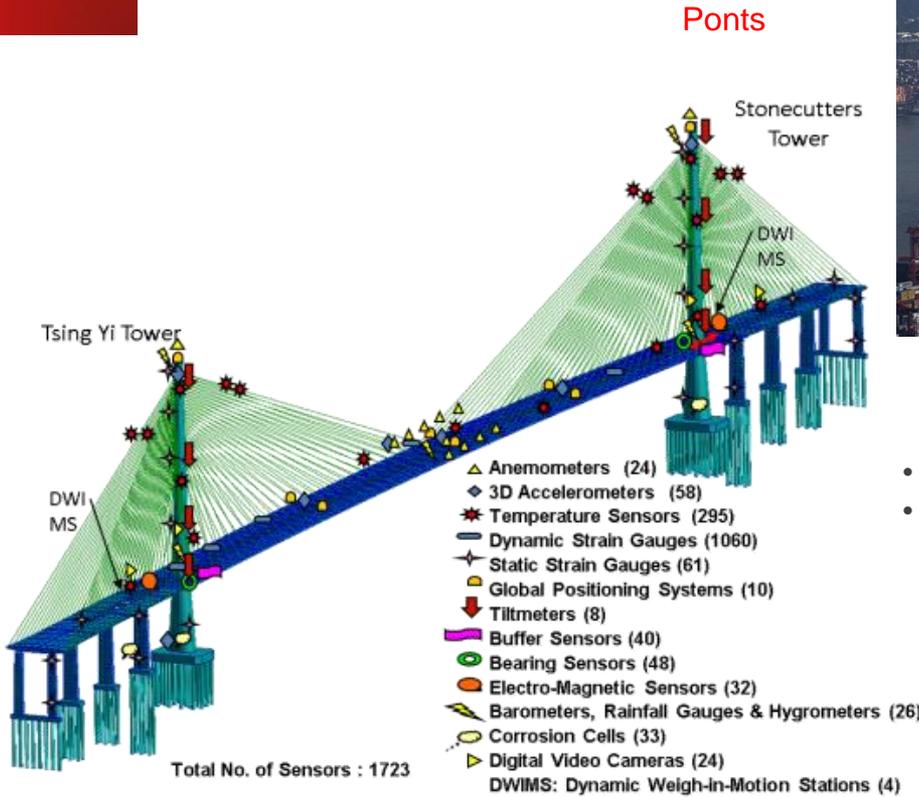


Stonecutters Bridge, Hong-Kong

- Accumulated fatigue monitoring (rainflow counting)
- Modal analysis



<http://iopscience.iop.org/0964-1726/21/6/065008/article>



http://www.invicom.com/downloads/Structural_Monitoring.pdf

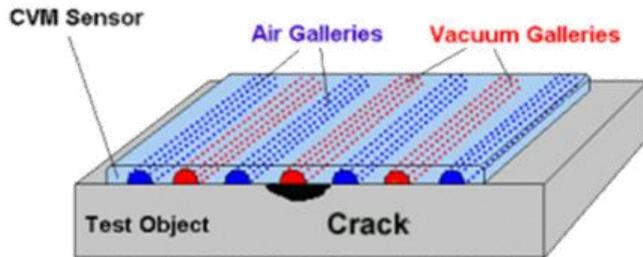
Plus de 1700 capteurs !

→ Etat de santé global

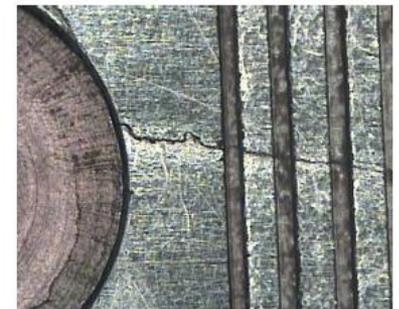
EXEMPLE

Aéronautique

Comparative Vacuum Monitoring (CVM) system



<http://airlines.org/wp-content/uploads/2014/10/231030-Paul-S.pdf>

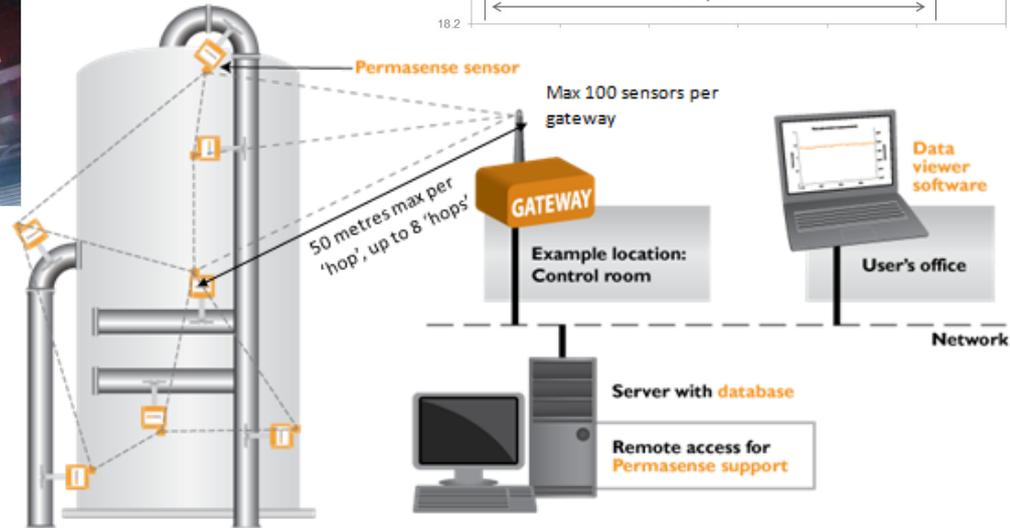
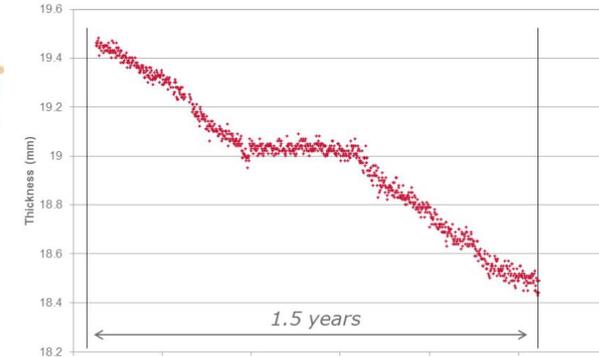
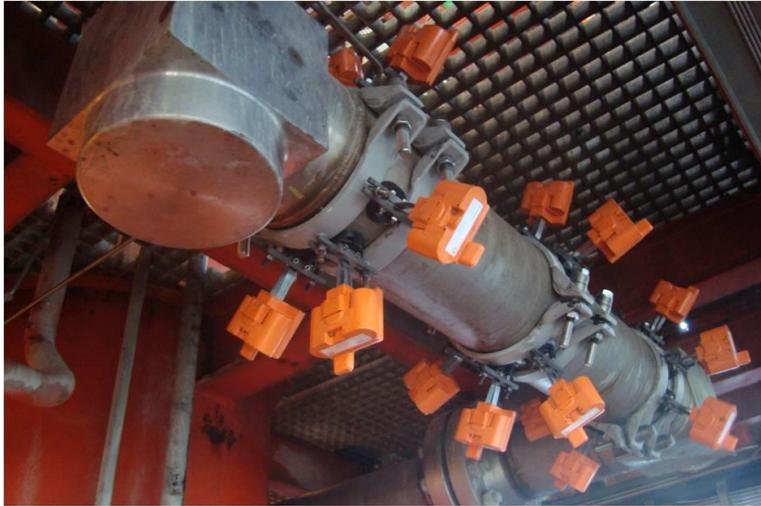


Now, the commercially available sensor can have a sensitivity down to 250 μm with an accuracy better than 4%.

→ 1^{er} système SHM certifié par la FAA américaine en 2016

EXEMPLE

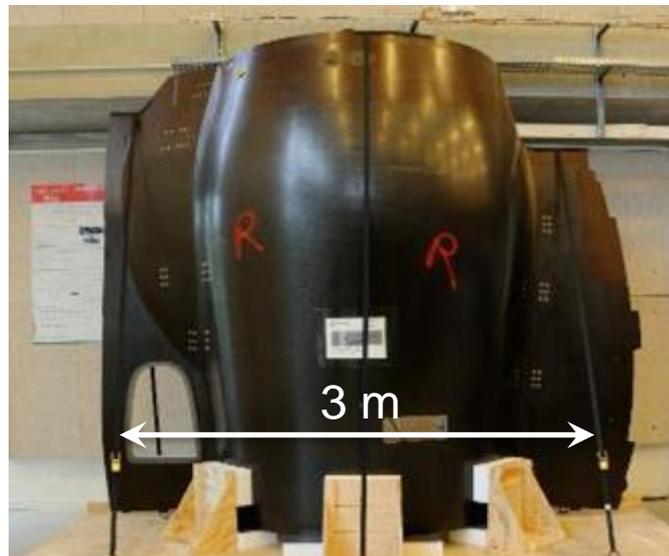
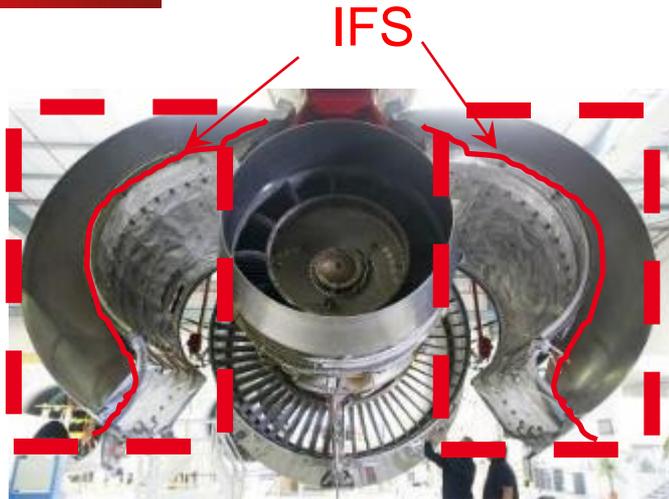
Oil&gas



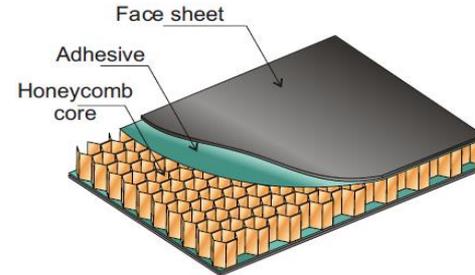
Permasense, spin-off de l'Imperial College:

Permanently installed corrosion monitoring sensors
Batterie, communication sans fil

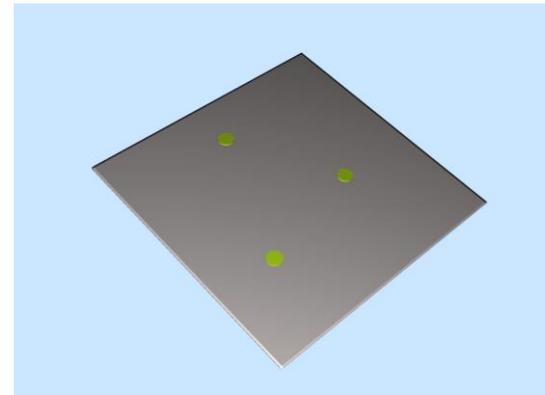
Rachetée par Emerson \$40M en 2016



IFS: inner fixed structure



Composite sandwich nid d'abeille



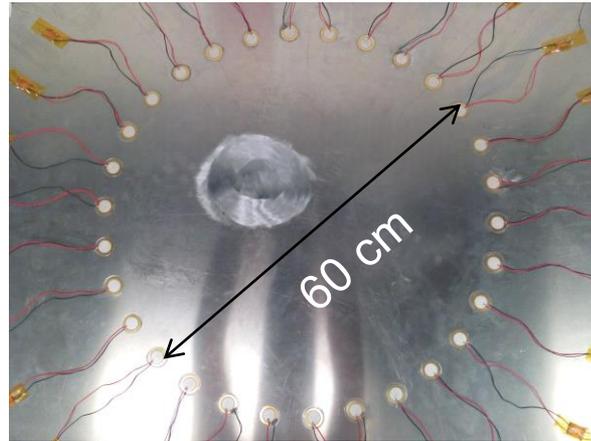
→ Instrumenter IFS pour détecter décollement peau/nid d'abeille par système SHM



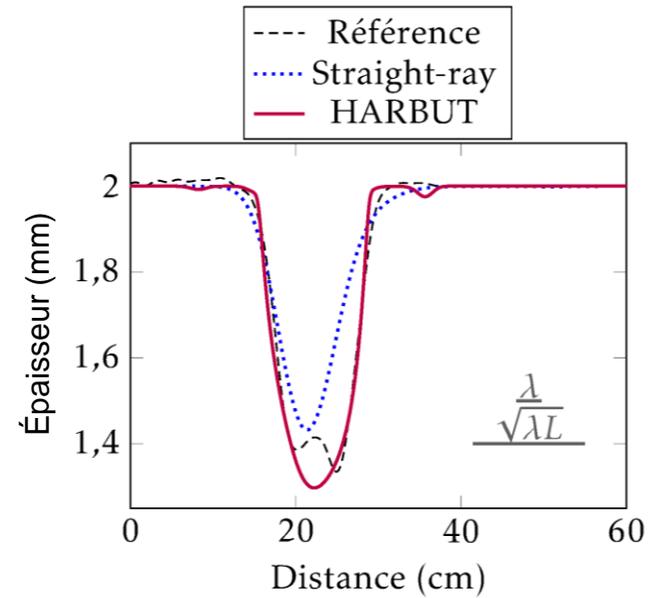
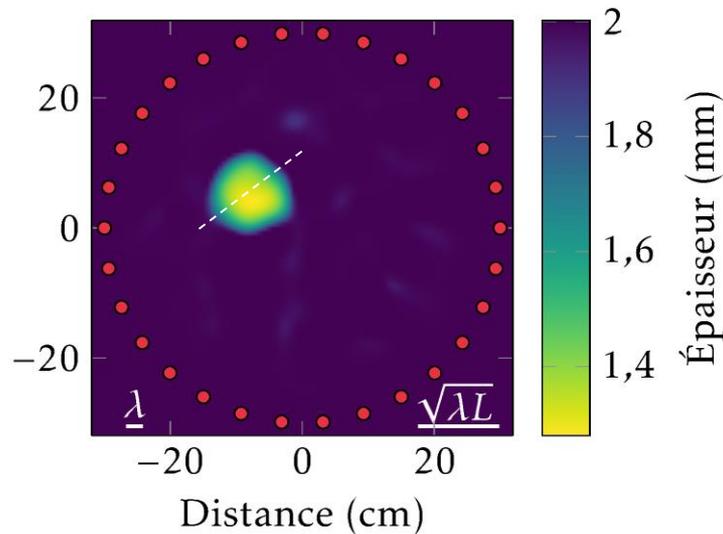
Thèse Andrii Kulakovskiy, CEA-Safran, 2019

TOMOGRAPHIE PASSIVE PAR ONDES GUIDÉES

Plaque d'aluminium
(2 mm)



Thèse Tom Druet, CEA, 2017



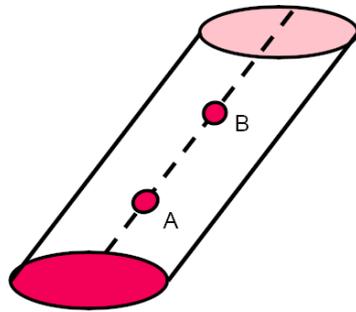
→ Méthode quantitative sans état de référence (très robuste)

❖ Signal actif :

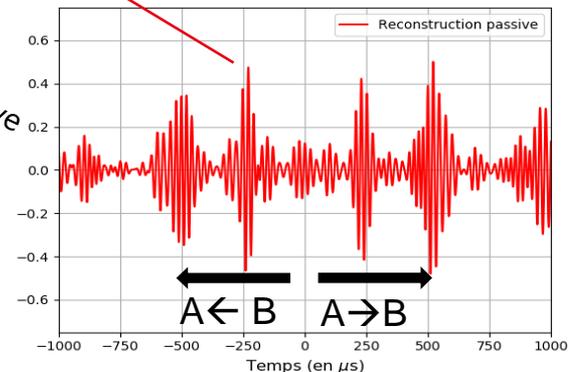
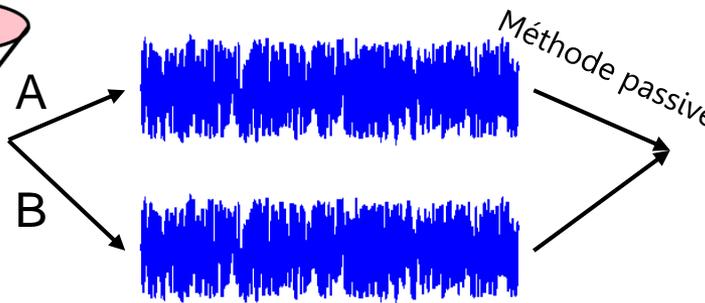
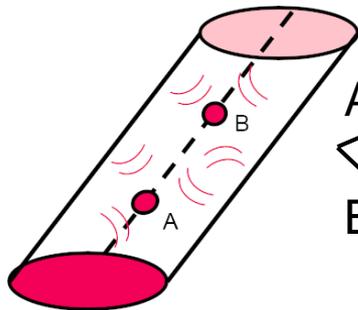
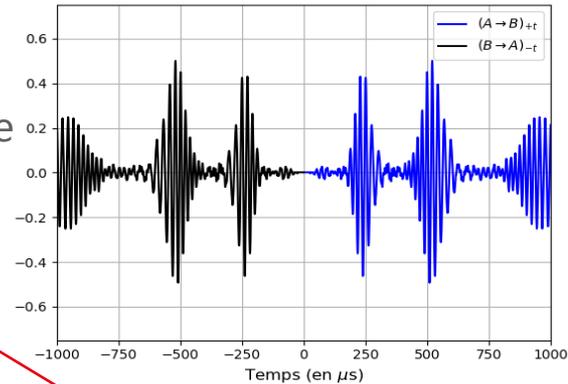
- Émission en A et mesure en B (ou l'inverse)

❖ Signal passif :

- Mesure du bruit ambiant simultanément en A et B
 - On remonte à l'information sur la propagation des ondes guidées entre les points A et B → comme en actif



Extraction par exemple de
temps de vol, phase



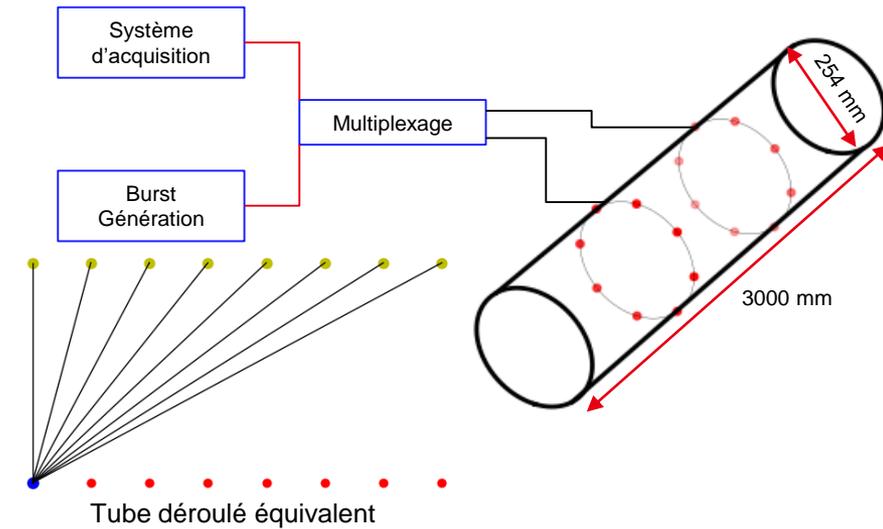
TOMOGRAPHIE ACTIVE PZT-PZT

❖ Tube d'inox de dimension

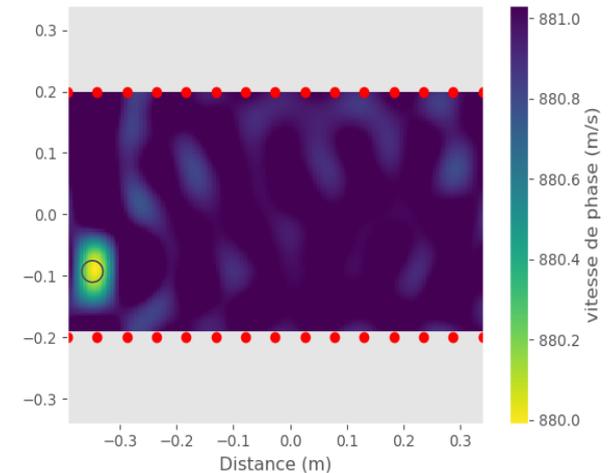
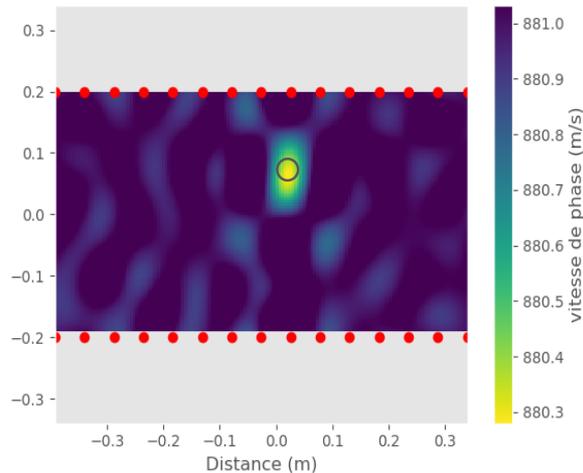
○ $3000 \times 254 \times 2.145 \text{ mm}^3$

❖ 30 transducteurs PZT ($\varnothing 8 \text{ mm}$)

❖ On utilise le mode A_0

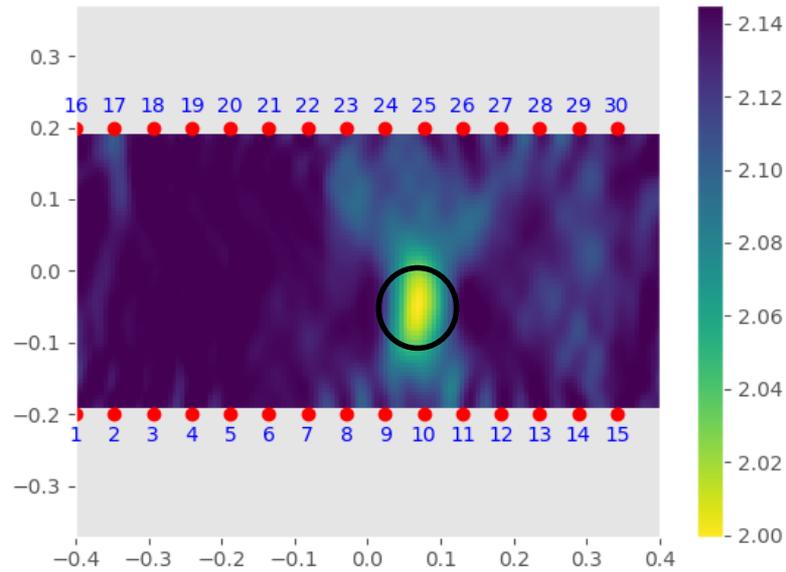
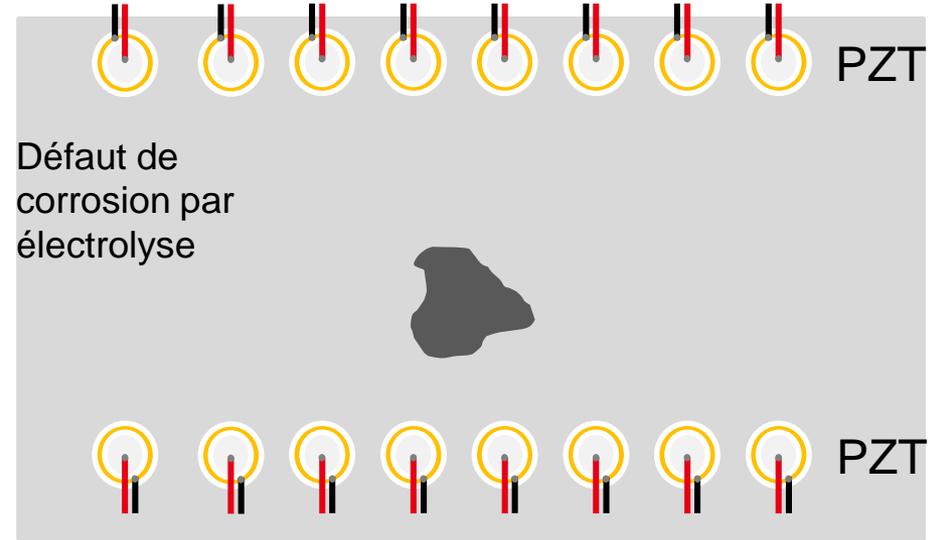
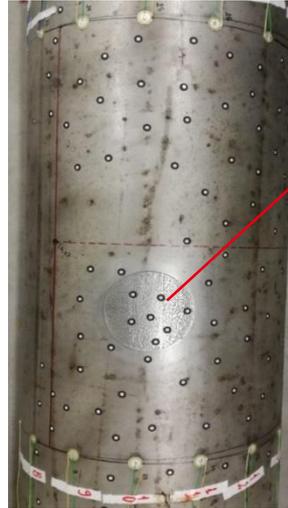
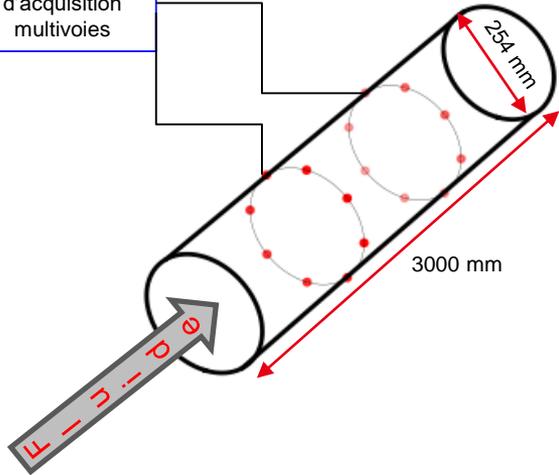


→ Détection et localisation de défaut artificiel (un paire d'aimants) par tomographie active

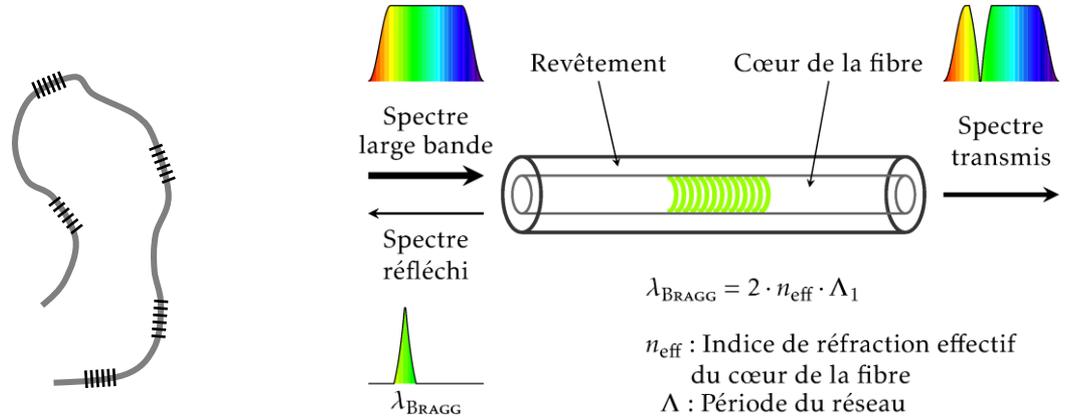


TOMOGRAPHIE PASSIVE PZT-PZT

Système d'acquisition multivoies

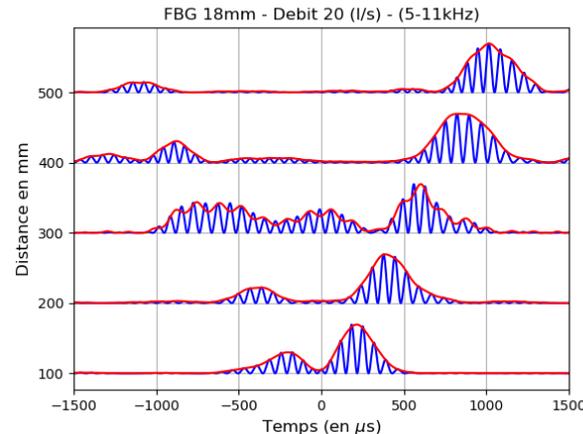
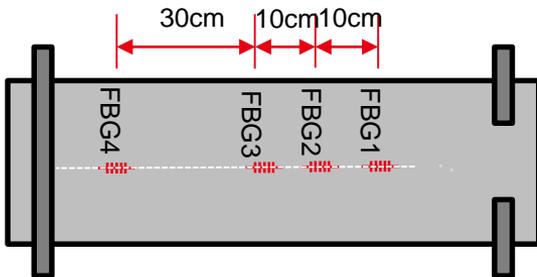


❖ Principe des FBG :



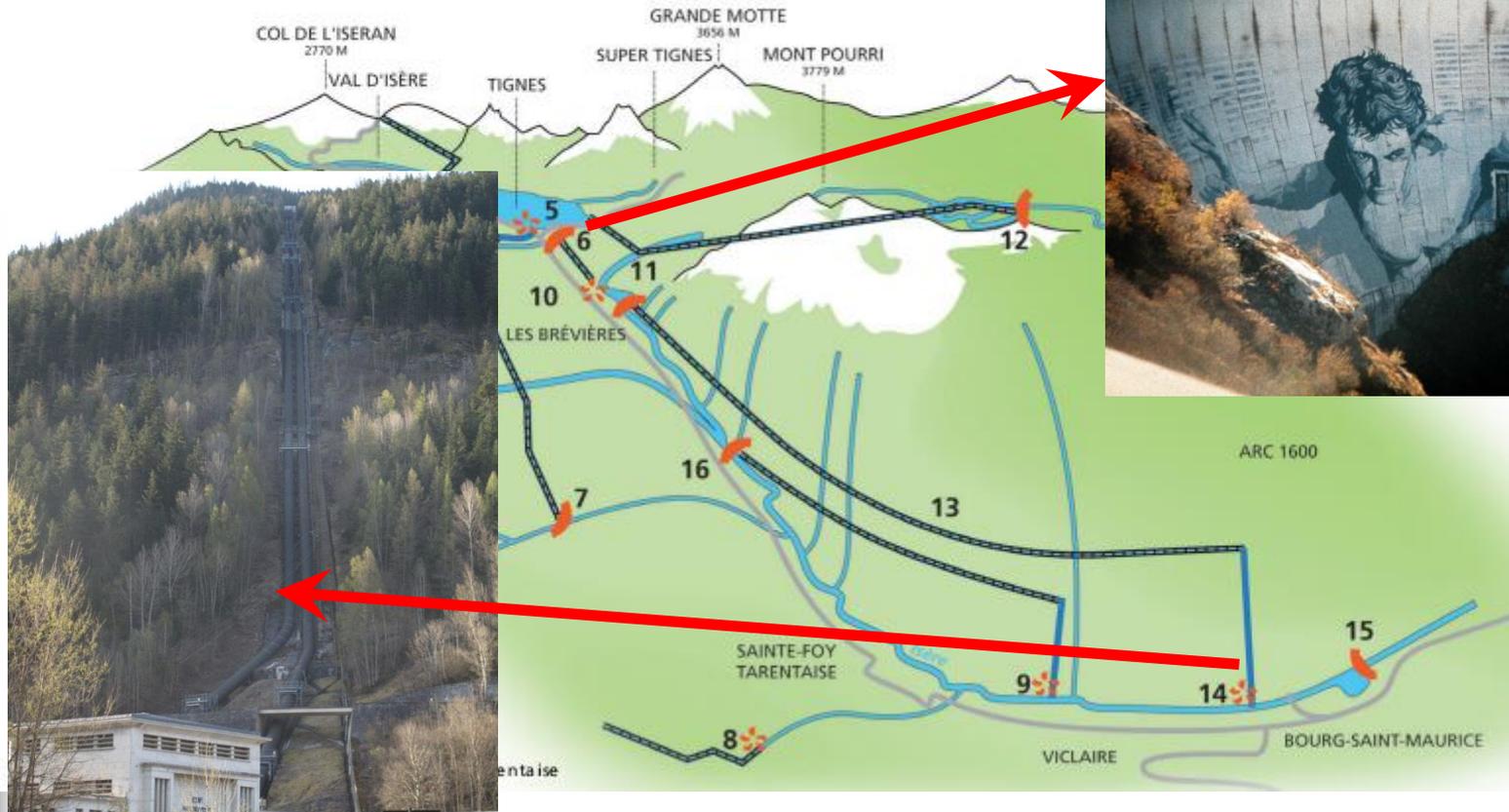
❖ Avantages :

- Plus légers et moins intrusifs que des PZTs
- Résistants à haute température (à 900°C)
- Imagerie sous radiations
- Imagerie en zone ATEX (ATmosphères EXplosives)



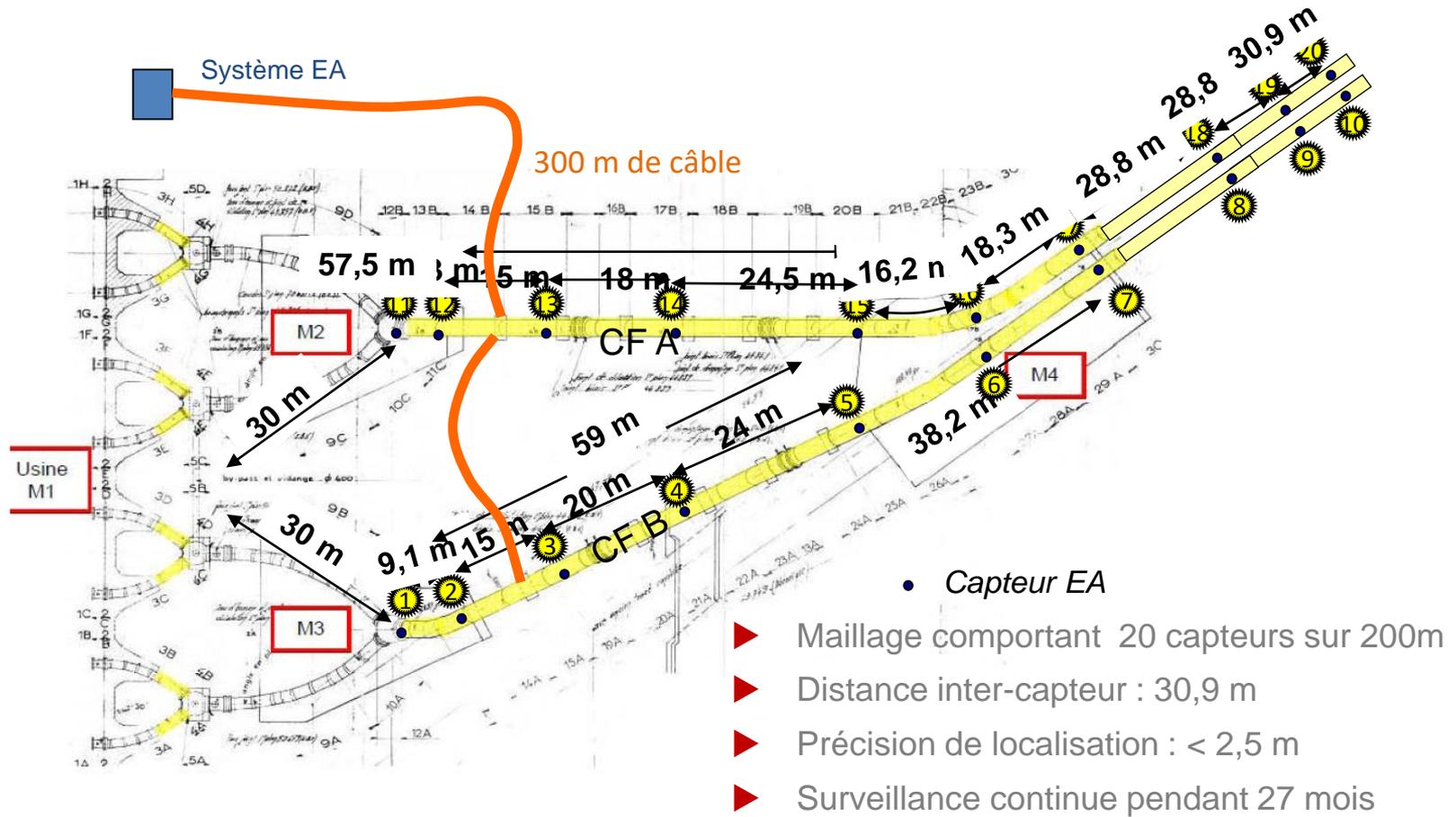
Boucle d'essai DEN
(Direction de l'énergie nucléaire), CEA

Emission Acoustique (EA) : une application sur Conduites Forcées



Emission Acoustique (EA) : paramètres influents dans la mise en œuvre sur Conduites Forcées

11.10.2016



- Pourquoi?
 - Changement en cours des métiers des essais non destructifs
- Comment?
 - Organisation de journées techniques annuelles « SHM France »
 - ~80-100 participants



→ Lancement en novembre 2018 de la « Branche SHM » COFREND

Groupes de réflexions sectoriels pour bâtir la structure et les ambitions de la branche

- Equipements sous pression :

→ **Olivier Bardoux (Air Liquide), Fan Zhang (CETIM)**



- Aérospatial :

→ **David Barnoncel (Ariane Group), Olivier Mesnil (CEA)**



- Génie civil :

→ **Hervé Lançon (Sites), Odile Abraham (IFSTTAR)**



- Energie :

→ **Etienne Martin (EDF), Jean Sarete (Bureau Veritas)**



→ Conclusion pour fin 2019



chute d'éolienne Bouin, 2018



pont Morandi Gênes, 2018



Permasense/Emerson

Le SHM n'est pas qu'un sujet d'actualité mais une tendance de fond tirée par les technologies numériques

→ Changement à anticiper dans les métiers de la maintenance et du contrôle non destructif

