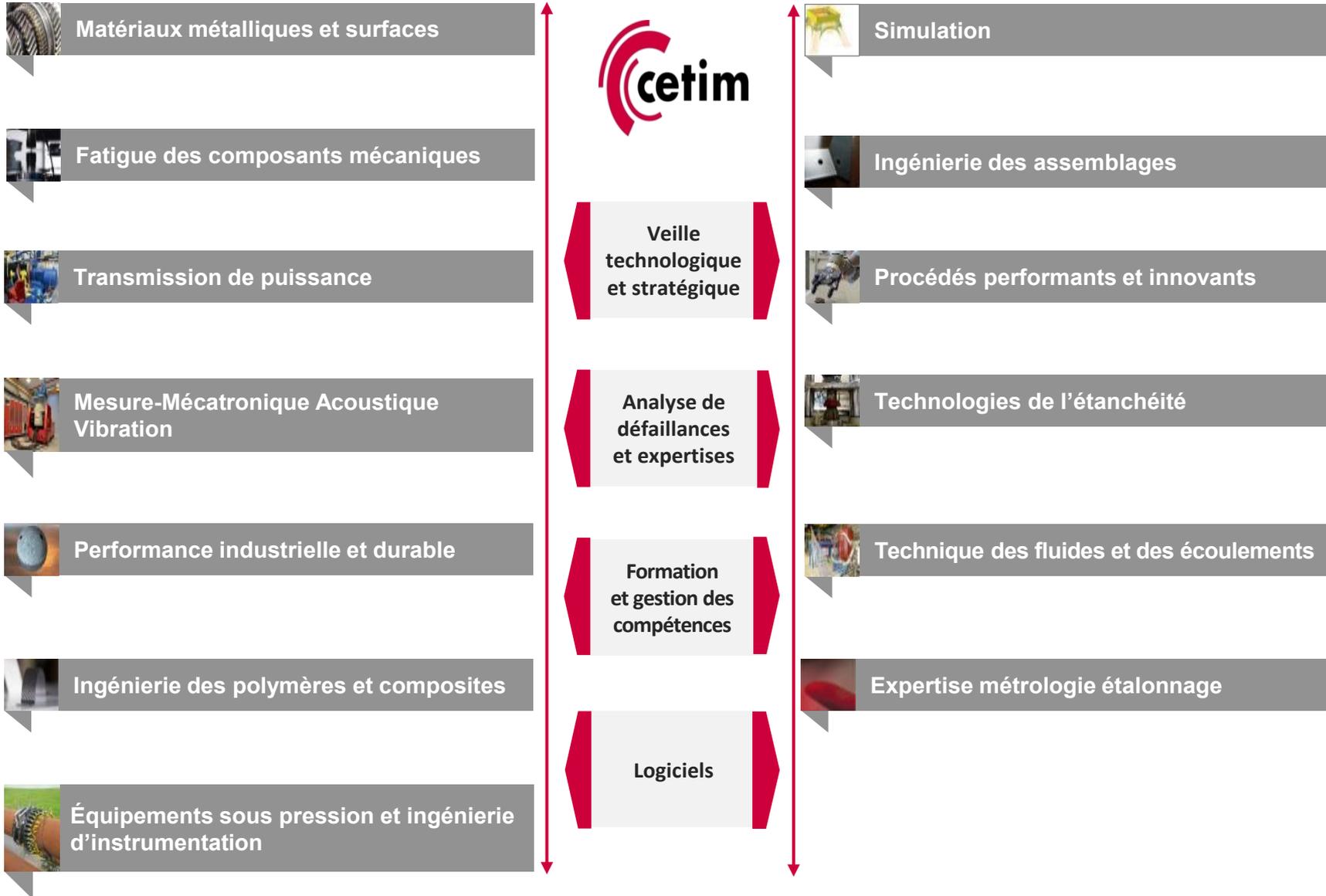


A close-up photograph of a complex mechanical assembly, likely a turbine or engine component, featuring several dark, cylindrical parts and a central brass-colored section. A large, white, stylized logo consisting of three concentric curved lines and the word 'cetim' in a bold, lowercase sans-serif font is overlaid on the image.

**cetim**



# Une structuration en pôles d'activité



# IOT, SHM et monitoring des équipements de production

H;Walaszek CETIM

O. Duverger CETIM

0344673324 [henri.walaszek@cetim.fr](mailto:henri.walaszek@cetim.fr)

[sqr@cetim.fr](mailto:sqr@cetim.fr)

[www.cetim.fr](http://www.cetim.fr)



# Les attentes industrielles

Idéalement: tout surveiller,  
tout voir, tout mesurer

Est-ce réaliste?

## Quels composants?

- ❖ *Machines de fabrication, production –Mécatronique*
- ❖ *Composants en fonctionnement - anticiper et détecter avec le SHM les avaries et optimiser la maintenance:*
  - *tuyauteries,*
  - *équipements sous pression,*
  - *éoliennes aéronefs,*
  - *équipements mobiles,*
  - *machines tournantes..*

# Les attentes industrielles

**Idéalement: tout surveiller, tout voir, tout mesurer**

**Quand ?**

- ❖ **En permanence?**
- ❖ **Périodiquement?**

Contexte technique: capteurs, télétransmission, fibre optique, réseaux ,

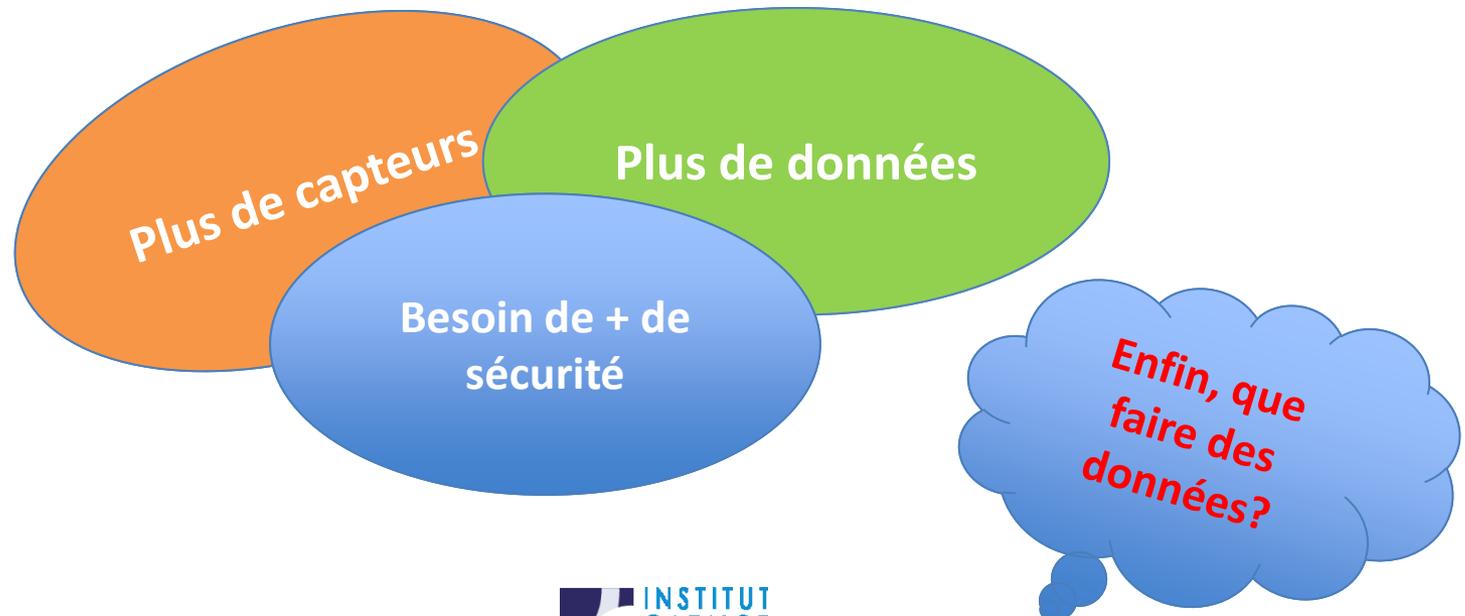
Contexte culturel: évolution des esprits-domotique  
intégration de capteurs de mieux en mieux acceptée industriellement

# Le paysage technologique, les tendances

- ❖ Capteurs à liaison filaire
- ❖ Capteurs RFID
- ❖ Capteurs communicants, wi-fi
- ❖ Capteurs auto-alimentés (récupération d'énergie, harvesting)
  - Big data
    - Traitement de signal
      - Traitement des données
        - Machine learning

# Les verrous technologiques

- ❖ Alimentation électrique
- ❖ Bande passante des systèmes de communication (pour le temps réel)
- ❖ Coût des capteurs (nombreux points de mesure)
- ❖ Encombrement de l'espace Hertzien?

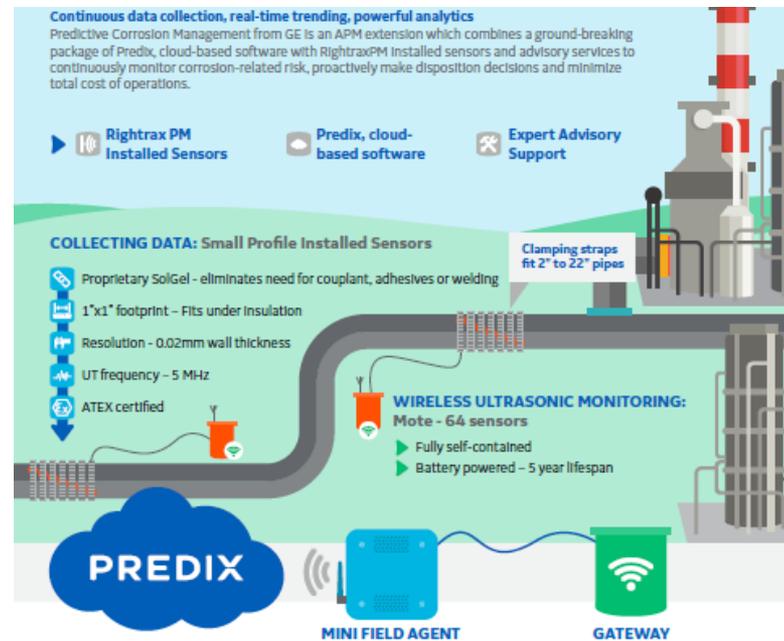


# Pour les optimistes: deux exemples de réalisations industrielles

## Exemple contrôle de corrosion US autonome sans fil



Spot-on U A3



Predictive Corrosion Management source GE

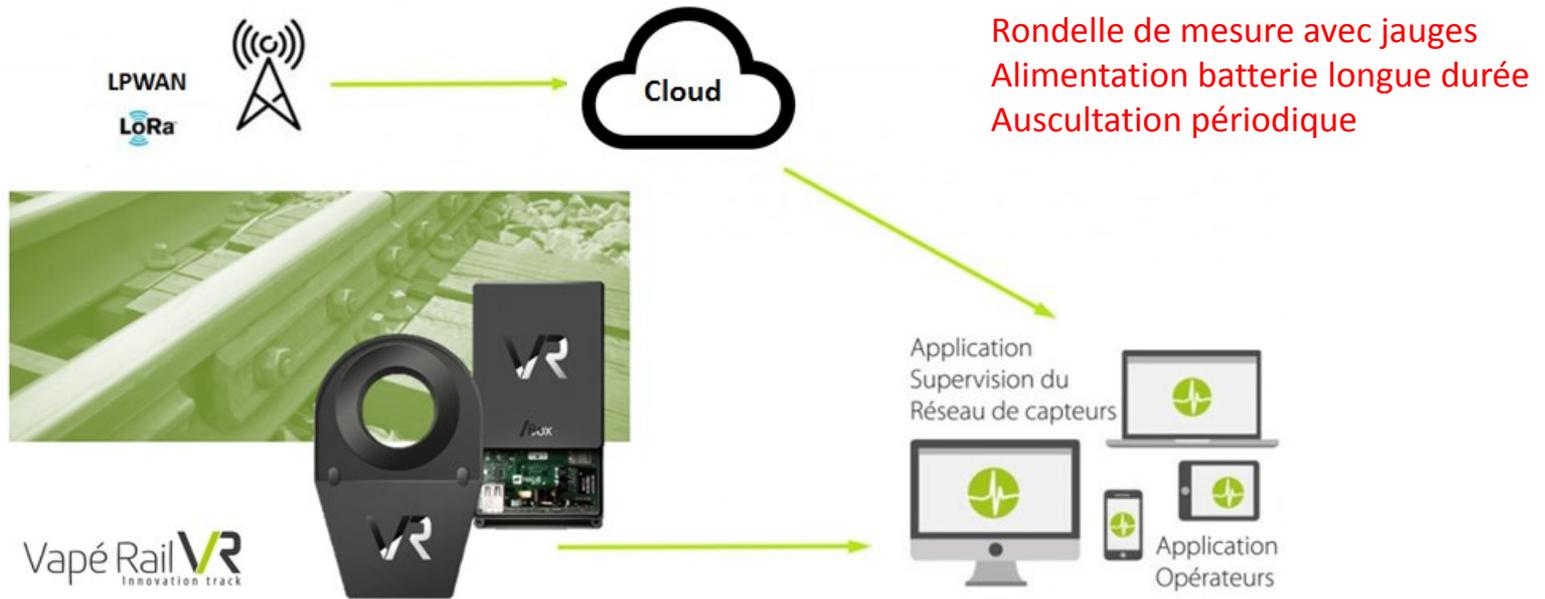
# Activités d'étude et de développement capteurs autonomes au CETIM

Six personnes consacrées à ces développements, à Besançon  
D'autres compétences, réparties sur les autres sites CETIM

Des collaborations universitaires Labo SYMME, des thèses:

- Développement de structures hybrides électromécaniques pour micro-sources d'énergie – Florian Huet, 2016
- Récupération d'énergie à partir des vibrations ambiantes – Emmanuelle ARROYO, 2013

# Capteur de serrage autonome connecté (CETIM)



## Surveillance de l'état de serrage de boulons critiques

- L'état de serrage d'un boulon évolue lentement en fonction du temps
- Le volume de données à acquérir et à transmettre est réduit
- La dérive sous charge du capteur doit être maîtrisée sur le long terme

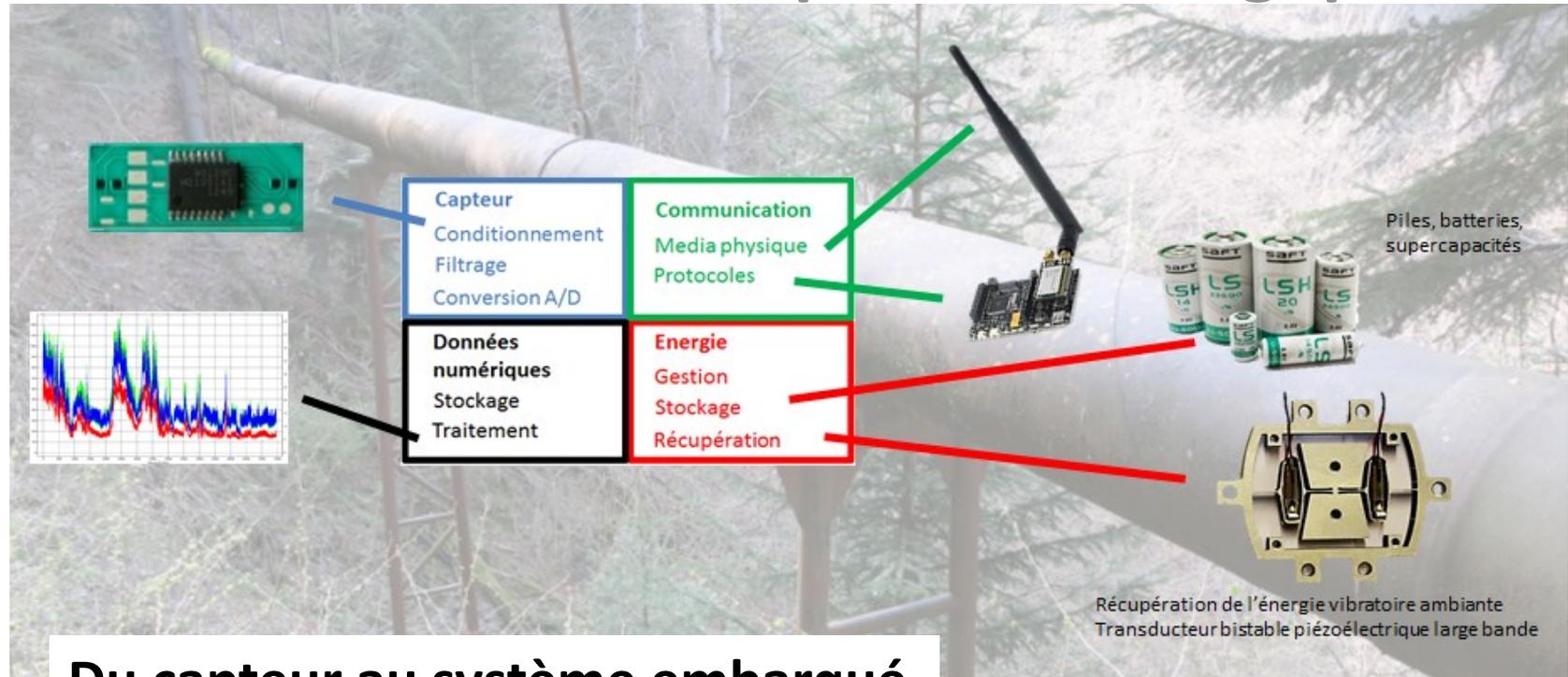
## Utilisation de technologies à basse consommation d'énergie

- Circuit de mesure de déformation réalisé par sérigraphie des couches épaisses
- Protocole de communication longue portée et faible consommation (LPWAN)

## Autre application:

- Surveillance de déformation de conduites forcées

# Capteur autonome communicant: implication du CETIM dans les briques technologiques



## Du capteur au système embarqué

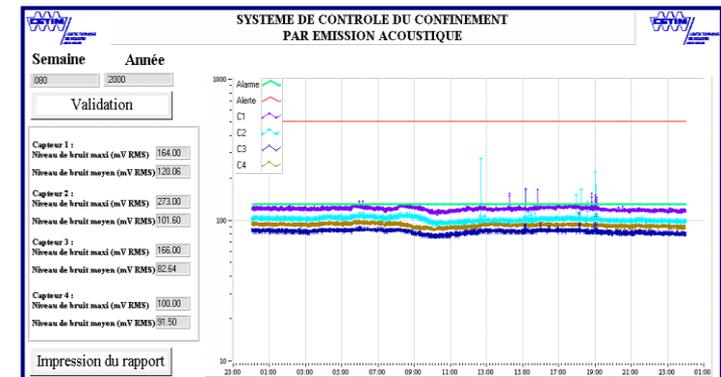
- 4 briques technologiques interdépendantes à concevoir et à maîtriser
- L'autonomie en énergie implique de résoudre une problématique de consommation d'énergie et d'imaginer pour un scénario d'usage donné un assemblage optimal
- Différentes solutions de stockage électrochimique et de communication (LAN/WLAN, LPWAN, WAN) sont disponibles pour satisfaire des besoins et contraintes industrielles variées

# More than ten years ago! Leak testing thanks to acoustic emission

## Remote leak monitoring of a column in chemical industry (CETIM)

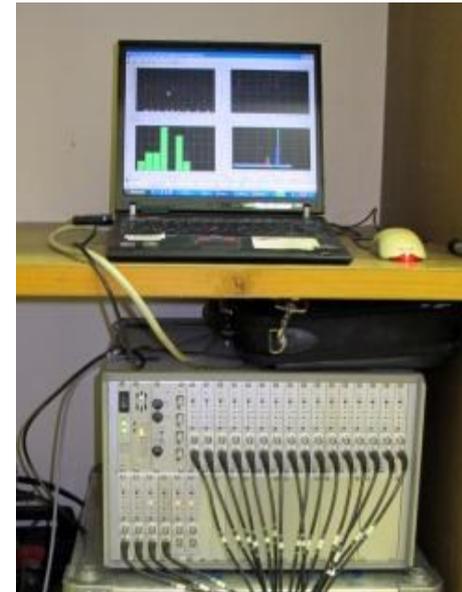


Global detection,  
qualitative  
measurement



# Monitoring of Malgovert Penstock pipes

Permanent monitoring of 200m long pipes 2 m. Dia  
with acoustic emission



Application de techniques non destructives pour le contrôle des équipements hydrauliques ESOPE 2013 J. CATTY<sup>1</sup>, H. WALASZEK<sup>1</sup>, P. BRYLA<sup>2</sup>, F. BLANC<sup>2</sup>, J. DELEMONTEZ<sup>2</sup> CETIM, France, johann.catty@cetim.fr <sup>2</sup>EDF-DTG, France, philippe.bryla@edf.fr

Source EDF

# Les conduites forcées : un élément de sécurité critique

- Conduites renforcées par des frettes en acier à haute limite élastique
- Sujet à la corrosion sous contrainte
- Risque en terme de sécurité

**Decision de mettre en place un système de surveillance :**

- **Capable de détecter une rupture de frette**
  - **Alerte en temps réel**

Principales caractéristiques

- Diametre: 2,1 m
- Pente jusqu'à 66%
- Longueur surveillée: 200 m



# DECID2 project

- **Context**

- Work performed during the regional project « Pays de la Loire » : DECID2
- Glass fibers composite footbridge of 20 m x 3 m

- **Objective**

- Developing a SHM system to check the structural integrity of a composite footbridge

- **Complementary techniques developed during the project**

- Optical fibers (FBG, Rayleigh)
- Acoustic Emission
- Guided Waves



Co-financé par



# Projet DECID2 : Contrôle santé intégré d'une passerelle composite

- **Surveillance des zones les plus critiques : assemblages et zones fortement sollicitées**



Passerelle de l'IFSTAR

- **2 méthodes complémentaires :**

- surveillance passive en continu par EA pour détecter des endommagements soudains : ruptures de fibres
- Surveillance active périodique par OG pour suivre la dégradation de la résine

- **Utilisation des mêmes capteurs ultrasonores miniaturisés en EA et en OG (patchs ultrasonores)**



Contrôles complémentaires au suivi global de la déformation de la structure effectué par fibres optiques

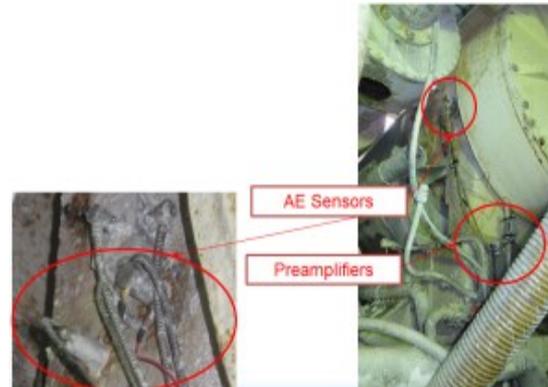
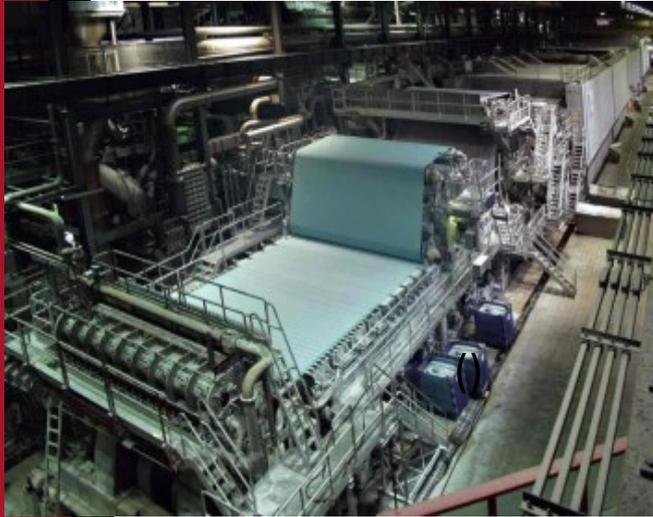


# Projet DECID2 : Contrôle santé intégré d'une passerelle composite

- **Instrumentation des passerelles de l'IFSTAR et du Technocampus EMC2**
  - Surveillance en continu des zones critiques
  - Détection des premiers endommagements survenant dans les zones les plus critiques
    - ⇒ Sécurisation de la structure
  - Diminution des coûts de maintenance par une réduction des visites de contrôles périodiques



# La surveillance des transmissions mécaniques et roulements de machines à papier: projet SUPREME (R et D)



Projet SUPREME, Sustainable PREdictive Maintenance for manufacturing Equipment

Real Time & Long Term Acoustic Emission Monitoring: New ways to use Acoustic Emission - Application to Hydroelectric Penstocks and Paper Machine VETOMAC-S Manchester 2014 Johann CATTY CETIM, Philippe BRYLA EDF Henri Walaszek CETIM

# Instrumentation des presses d'emboutissage système MOST



# Autres projets

- ❖ Surveillance de composants de transmission d'éolienne ADEOLYS (vibration et émission acoustique)
- ❖ Surveillance de jonction massif-mat d'éolienne TOWERPOWER (émission acoustique)

# En résumé

- ❖ Le CETIM réalise depuis longtemps des opérations de surveillance via des capteurs câblés (émission acoustique, vibration des machines..)
- ❖ La surveillance en temps réel est parfois une nécessité (conduites forcées, réacteurs chimiques..)
- ❖ Le développement des réseaux (LORA, SIGFOX..) permet maintenant, en association avec des capteurs autonomes, de surveiller les équipements à distance, par liaison Hertzienne
  - Une offre commerciale existe de systèmes SHM de corrosion
- ❖ De nombreux travaux portent sur la récupération d'énergie (qq mW cependant), pour l'autonomie complète des capteurs

Conclusion: c'est dans l'air!!