

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



Matériaux métalliques et surfaces



Fatigue des composants mécaniques



Transmission de puissance



Mesure-Mécatronique Acoustique  
Vibration



Performance industrielle et durable



Ingénierie des polymères et composites



Équipements sous pression et ingénierie  
d'instrumentation



Veille  
technologique  
et stratégique

Analyse de  
défaillances  
et expertises

Formation  
et gestion des  
compétences

Logiciels



Simulation



Ingénierie des assemblages



Procédés performants et innovants



Technologies de l'étanchéité



Technique des fluides et des écoulements



Expertise métrologie étalonnage

# 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 ,

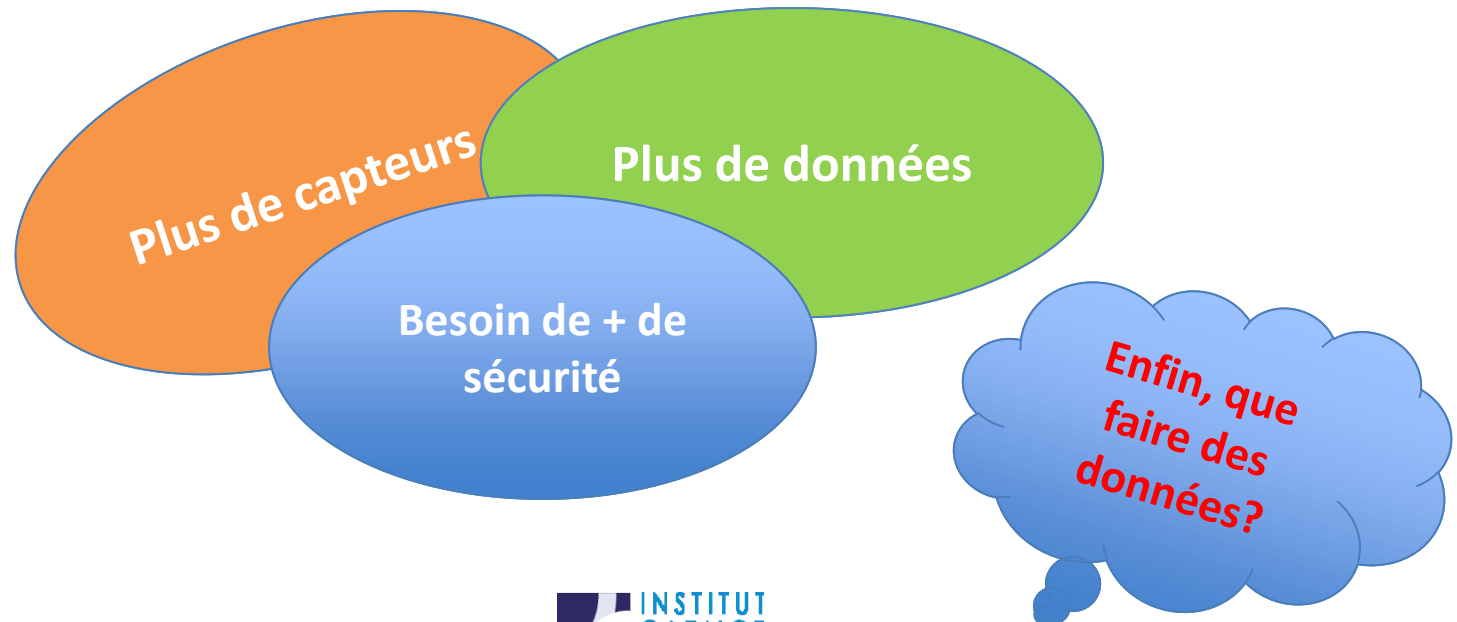
Contexte culturel: évolution des esprits-domotique  
intégration de capteurs de mieux en mieux acceptée industriellement

# 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?

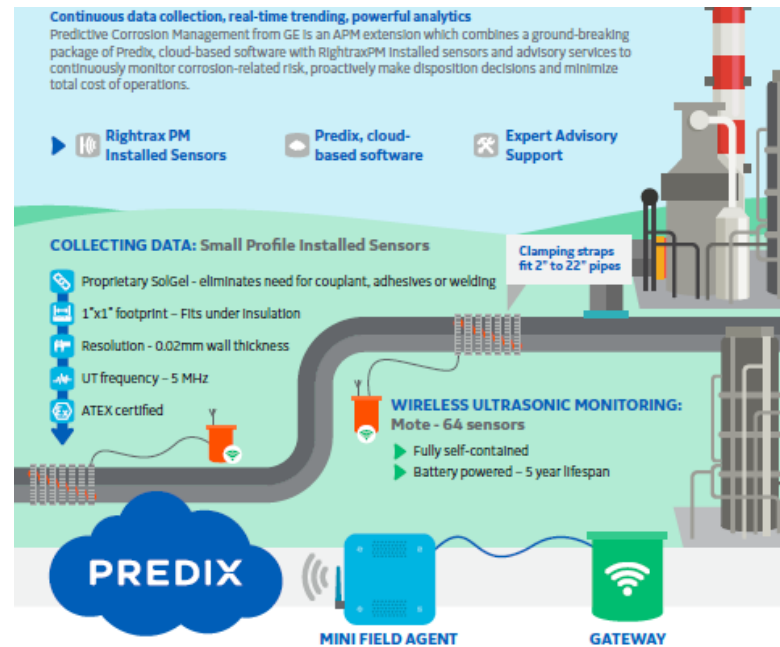


# Pour les optimistes: deux exemples de réalisations industrielles

## Exemple contrôle de corrosion US autonome sans fil



Spot-on U A3



Predictive Corrosion Management source GE



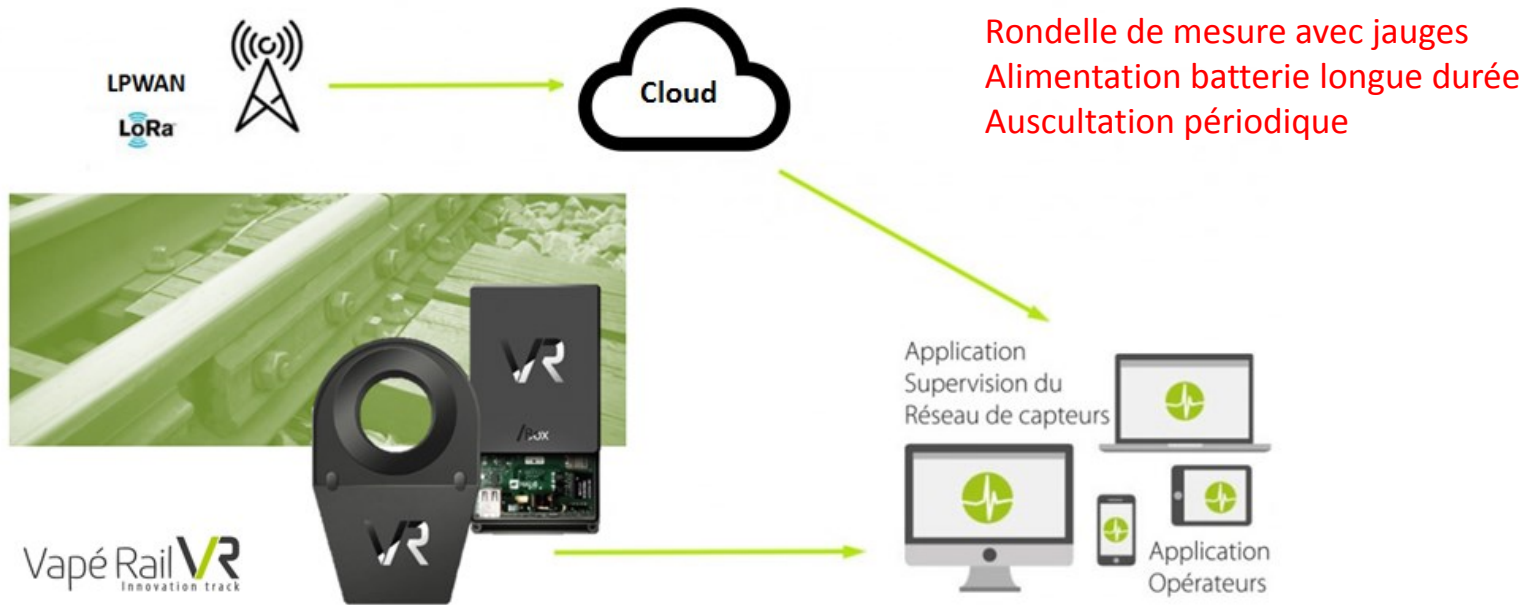
# Activités d'étude et de développement capteurs autonomes au CETIM

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

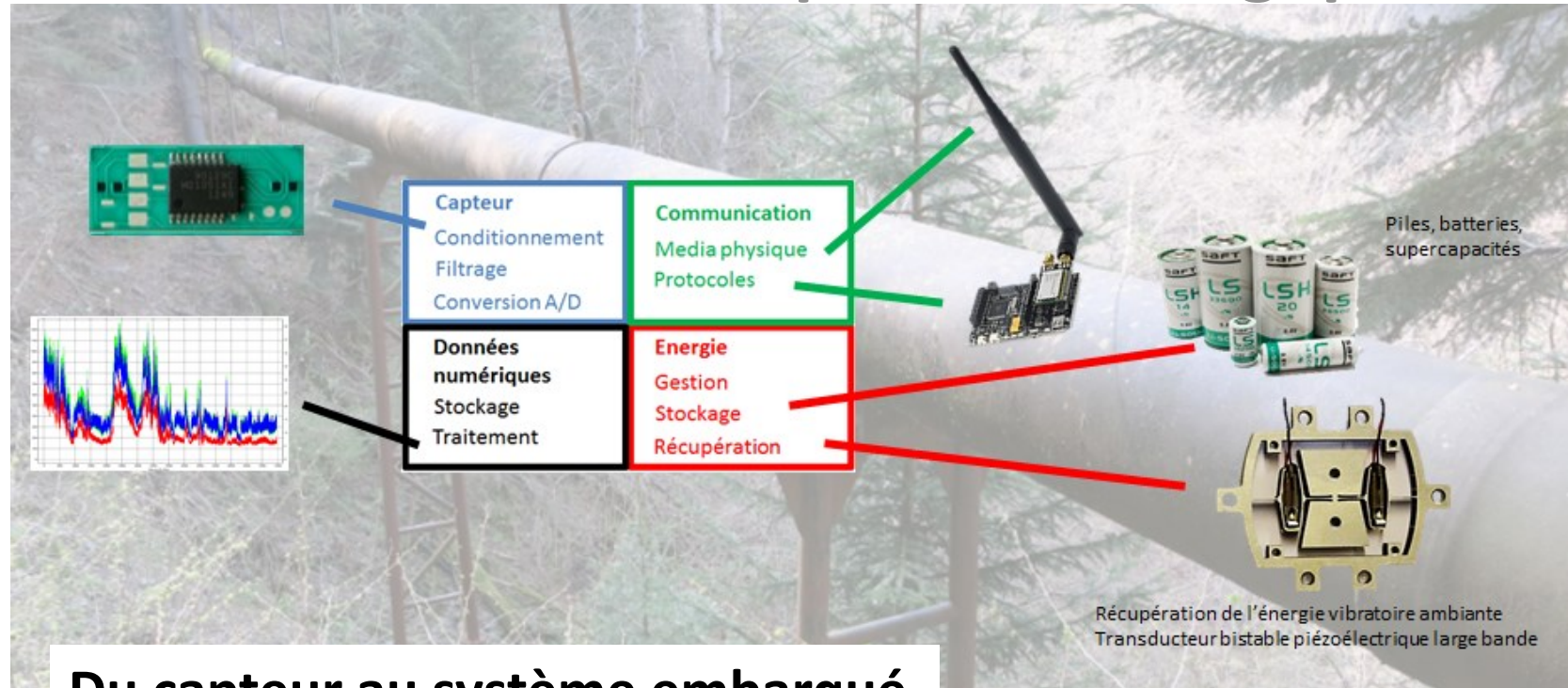
## Utilisation de technologies à basse consommation d'énergie

- 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

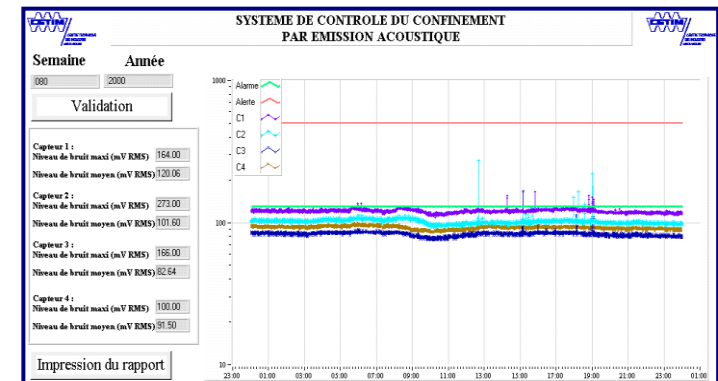
- 4 briques technologiques interdépendantes à concevoir et à maîtriser
- L'autonomie en énergie implique de résoudre une problématique de consommation d'énergie et d'imaginer pour un scénario d'usage donné un assemblage optimal
- Différentes solutions de stockage électrochimique et de communication (LAN/WLAN,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

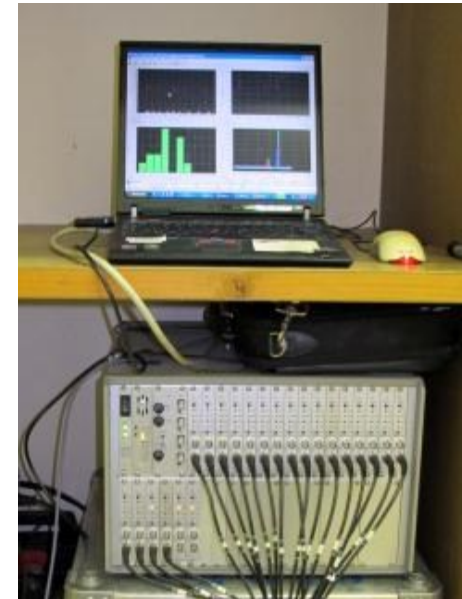


Global detection,  
qualitative  
measurement



# 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)**



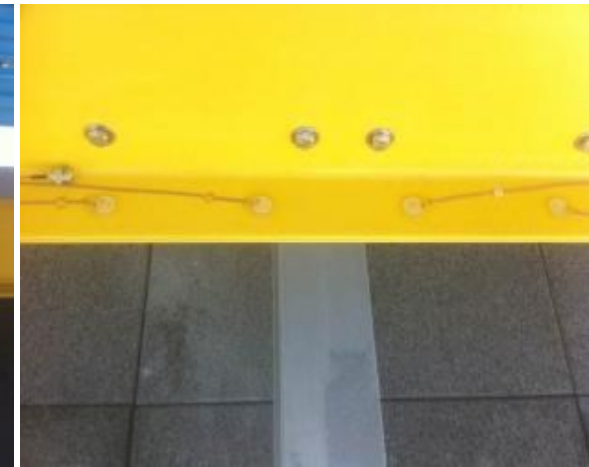
Contrôles complémentaires au suivi global de la déformation de la structure effectué par fibres optiques



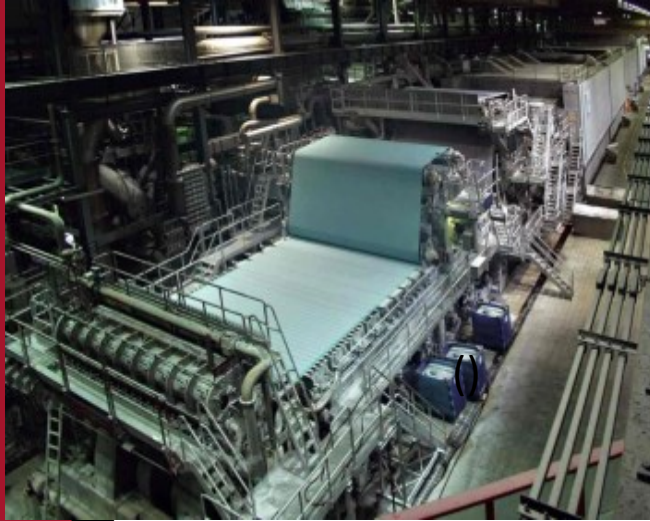


# Projet DECID2 : Contrôle santé intégré d'une passerelle composite

- **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



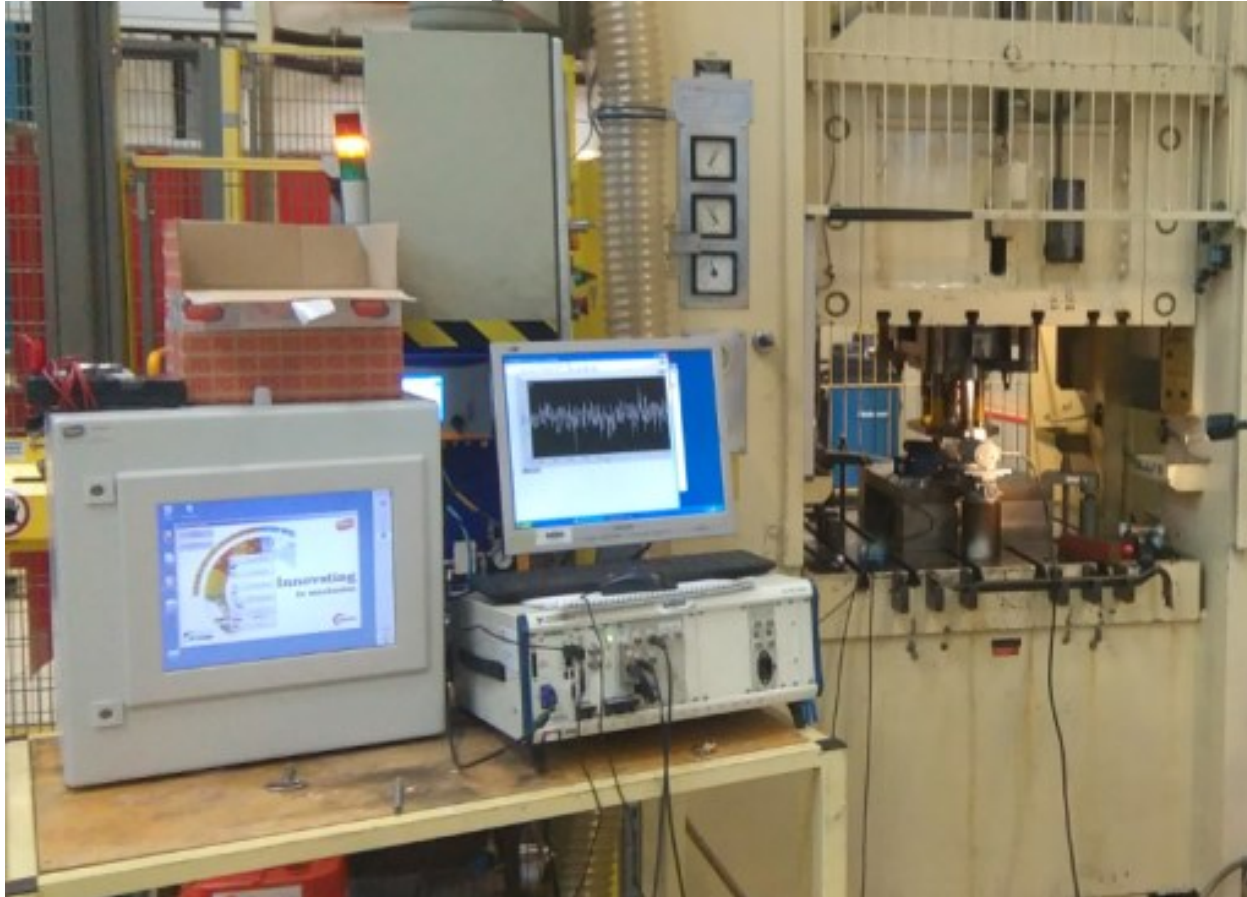
# La surveillance des transmissions mécaniques et roulements de machines à papier: projet SUPREME (R et D)



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!!