

---

# Transposition de techniques CND vers des applications SHM sur structures industrielles

B. Lascoup, J.C. De Luca, O. Fouché

J.F. Feler, M. Castro

J.C. Lenain

IRT Jules Vernes

UBS

Sense-in



LE FUTUR  
DE VOS USINES

# L'ADN DE L'IRT JULES VERNE

## ► L'IRT dédié au Manufacturing

### NOTRE VOCATION

Renforcer la compétitivité des usines en France

### NOTRE MISSION

Accélérer l'innovation et le transfert technologique vers les usines

### NOTRE CŒUR DE MÉTIER

La recherche collaborative



**115 M€**  
du Programme  
d'Investissements  
d'Avenir

**fit** FRENCH  
INSTITUTES OF  
TECHNOLOGY



# UNE FEUILLE DE ROUTE CENTRÉE « MARCHÉS »

## DES EXPERTISES TECHNOLOGIQUES

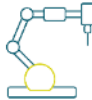
PROCÉDÉS  
COMPOSITES



PROCÉDÉS  
MÉTALLIQUES ET  
ADDITIFS



ROBOTIQUE ET  
COBOTIQUE



MODÉLISATION ET  
SIMULATION



CARACTÉRISATION,  
SURVEILLANCE ET  
CONTRÔLE



## DES THÉMATIQUES R&D



PROCÉDÉS DE  
FORMAGE ET  
PRÉFORMAGE



ASSEMBLAGE



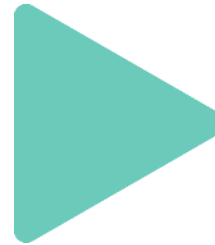
PROCÉDÉS DE  
FABRICATION  
ADDITIVE



MOBILITÉ DANS  
L'ESPACE  
INDUSTRIEL



FLEXIBILITÉ DE LA  
PRODUCTION





# ÉQUIPE CARACTÉRISATION, SURVEILLANCE ET CONTRÔLE



**11** Collaborateurs

## Compétences clés :

- La surveillance des procédés
- La surveillance des structures
- La caractérisation mécanique complexe
- Le contrôle non destructif pièces composites et interfaces (assemblage)



**2,3M€**

Investissement  
en équipements

## Équipements clés :

- Banc multi-vérins grande dimension 4 axes
- Moyens de mesures mécaniques état de l'art
- Équipements de monitoring & contrôle procédés, contrôle non destructif ultrasons et thermo-signature Infrarouge, *structural health monitoring* ultrasons et corrélation d'images, système laser ultrasons



**13** Projets R&D actifs



Exemples de partenaires clés

GE | EDF | ADWEN



---

# Déploiements industriels de CND:

- 1. Monitoring de process**
- 2. Monitoring de structures**

# Dans un procédé d'injection-surmoulage

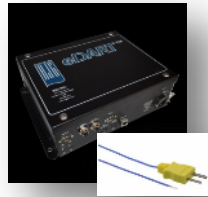
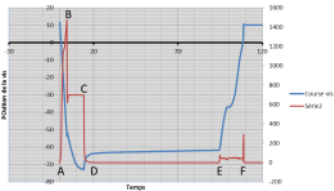
## Acquisition en ligne de données hétérogènes



Outillage d'injection-surmoulage TP échelle industrielle



Capteurs issus du process + capteurs additionnels

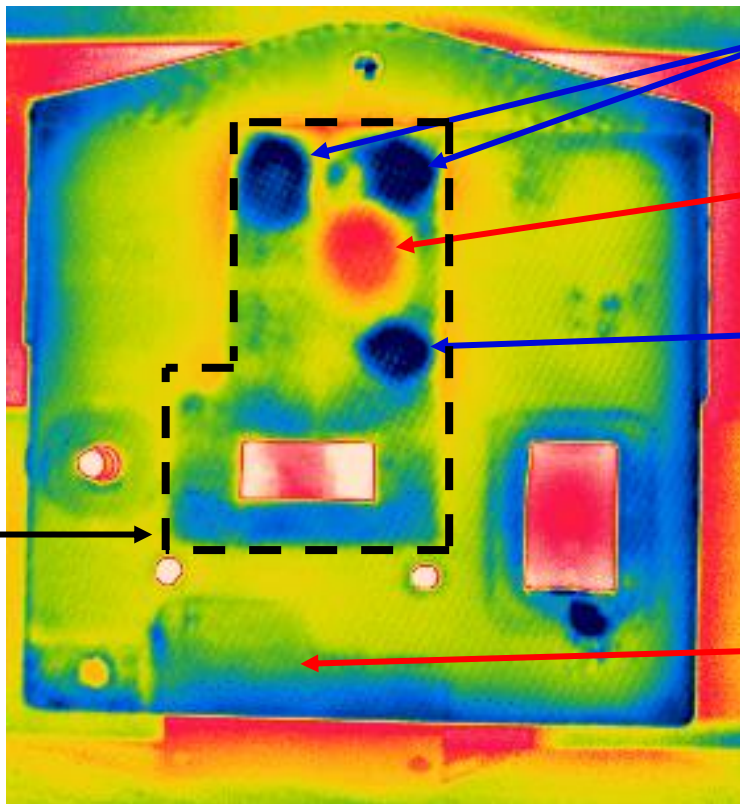
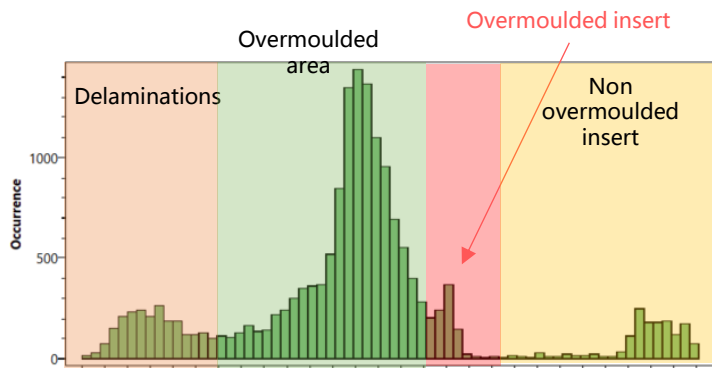


Mesures thermographiques

Traitement des données hétérogènes



# ► Résultats des mesures thermographiques



Délaminations

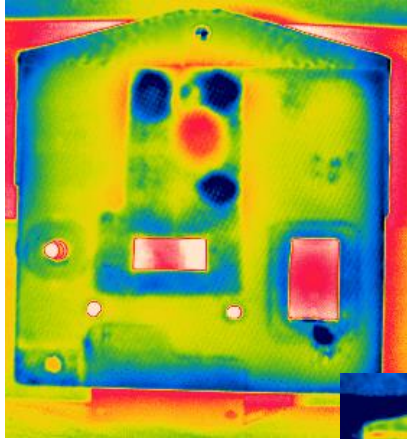
Insert

Délaminations

Insert

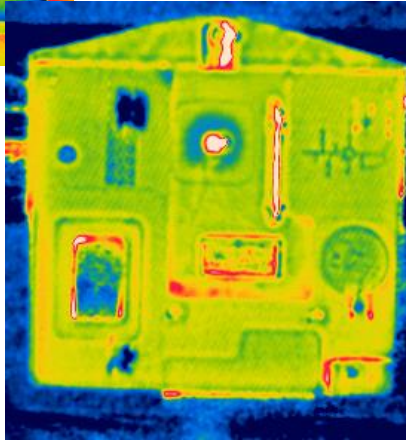
- ✓ Classification des zones par mise en place de descripteurs pertinents

# ► Principaux avantages



- Plein champ, sans contact

- Détection et différenciation rapide
  - Délaminations
  - Inserts
  - Zones de soudure et d'adhésion
  - Manque de compaction
  - ...

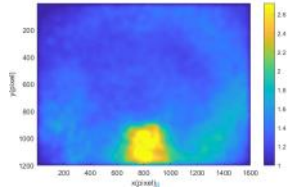
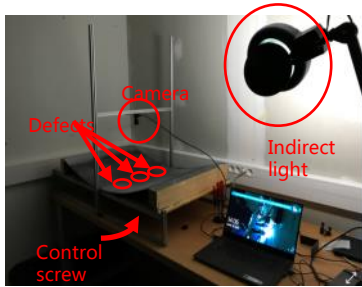


Contrôle rapide  $\approx$  30 secondes

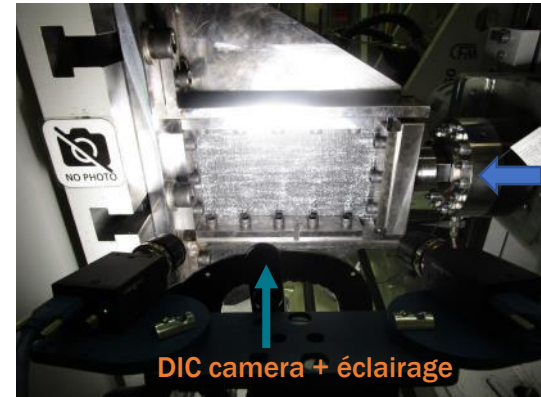


# Dans une structure réelle de grande dimension

## Mobilité des CND : Digital Image Correlation embarquée



Optimisation expérimentale (taille mouchetis, caméra, éclairage etc..)

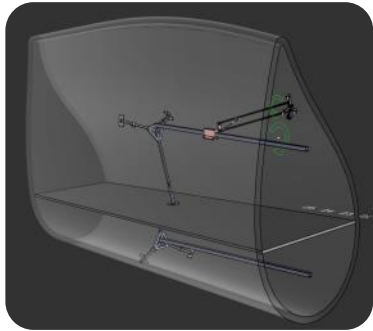


Compression

Matériaux représentatif  
Chargement représentatif  
Endommagement représentatif

# Dans une structure réelle de grande dimension

## Mobilité des CND : Digital Image Correlation embarquée



Système  
mécatronique pour le  
positionnement du  
système DIC



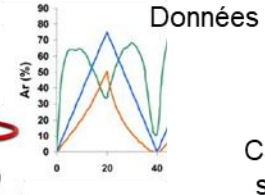
Intégration dans une  
maquette à échelle réelle



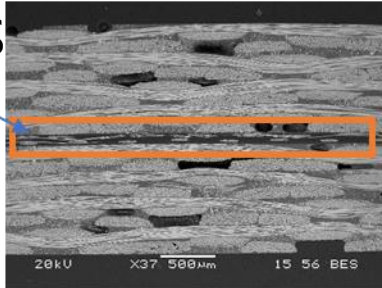
Test sur pôle réelle sur  
banc d'essai

# Capteurs intégrables à cœur pour le monitoring de structures composites

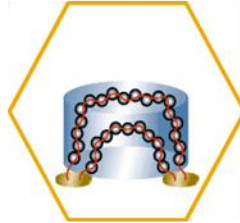
## Les capteurs sQRS



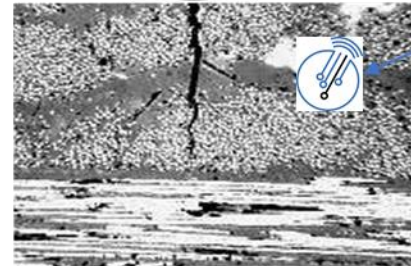
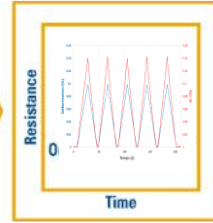
sQRS



Capteur sQRS



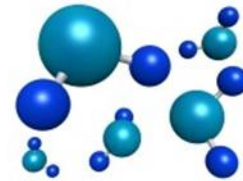
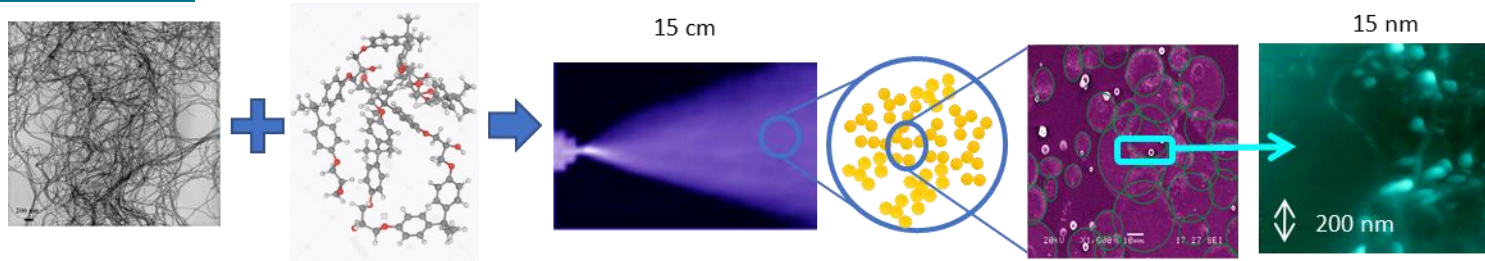
Signal de mesure



Capteur sQRS

Les senseurs **sQRS** nano composites peuvent être intégrés dans les matériaux composites pour percevoir leur « douleur » et anticiper leur rupture, sans les fragiliser (éléments non intrusifs).

## Un savoir-faire issu de 10 ans de recherche et couvert par un brevet



Chémo-stimulable



Piézo-stimulable

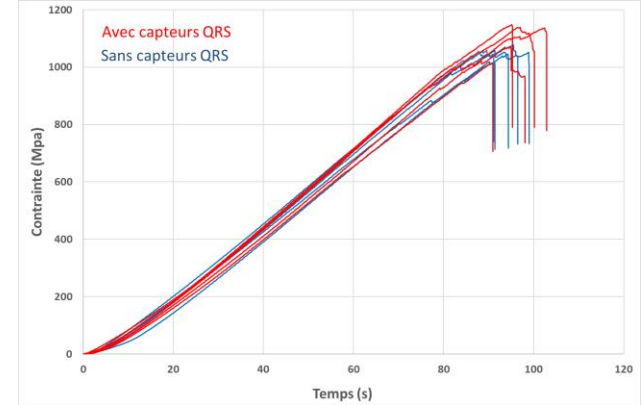
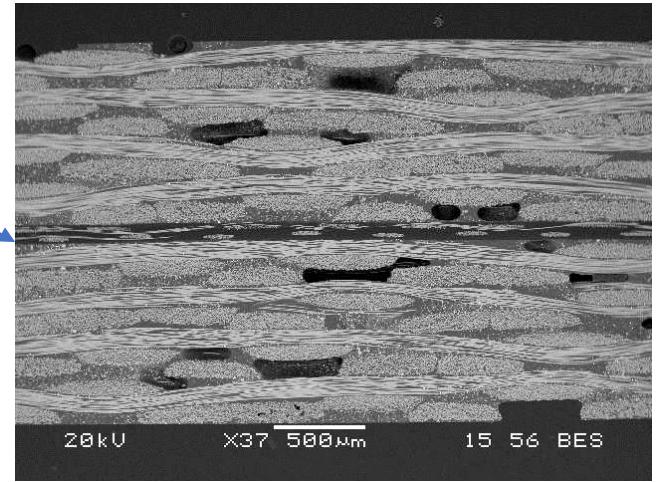
- « SENSE in » valorise le travail du groupe « Smart Plastics » dans la structuration de nano composites polymères sensibles aux molécules et à la déformation

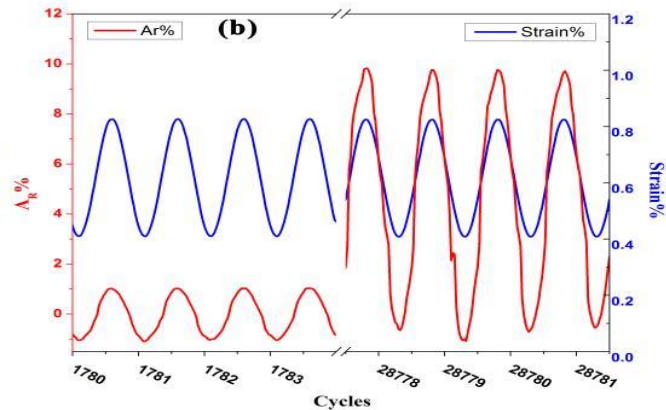
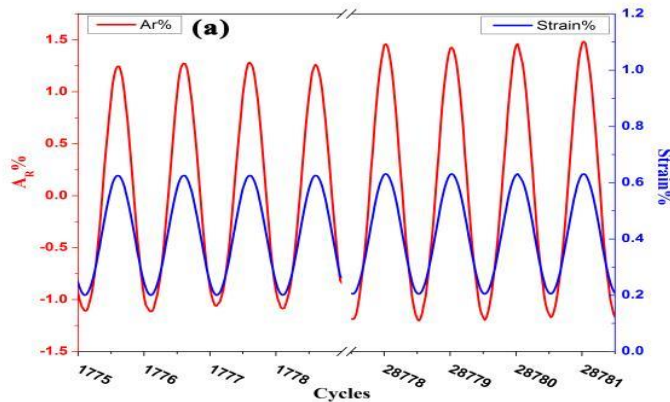
# NON INTRUSIVITE



*\* Testée sur des échantillons FC/EP de 2mm par une plateforme technique*

sQRS

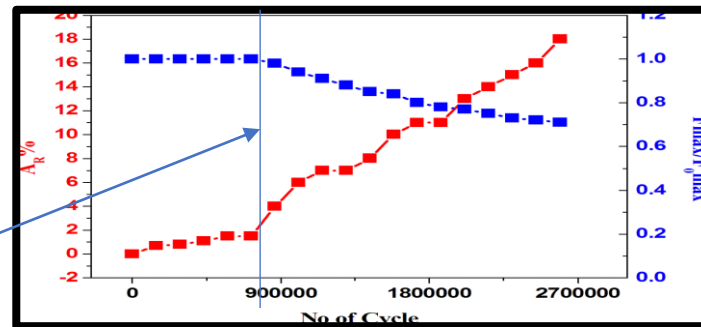


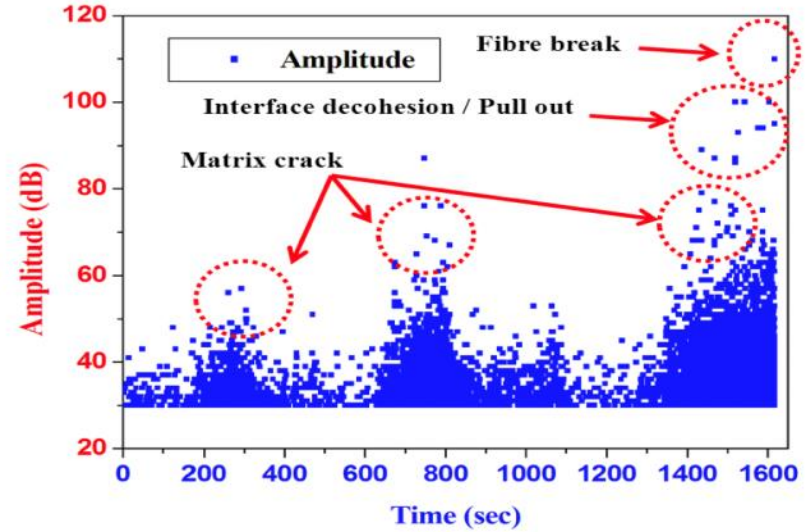
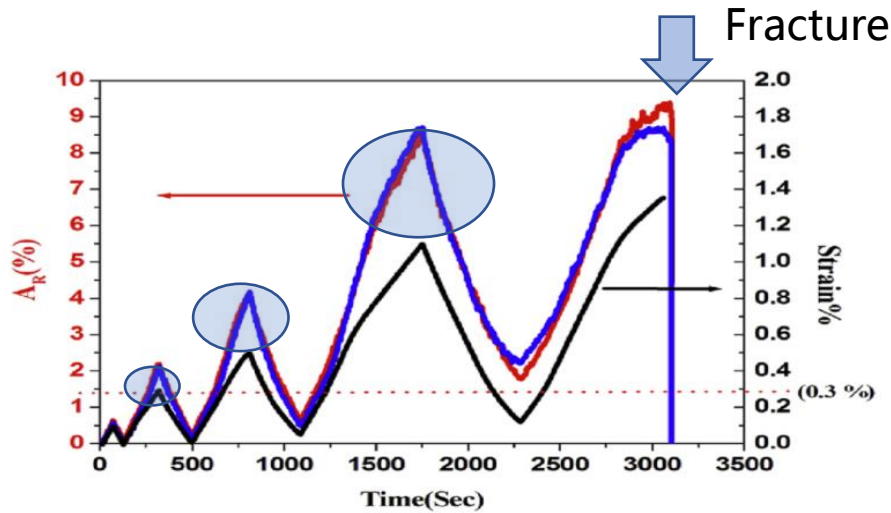


## SUIVI DES DEFORMATIONS ELASTIQUES

## SUIVI DE L'ETAT DE FATIGUE

✓ Détection des stades d'initiation et propagation des défauts/endommagements

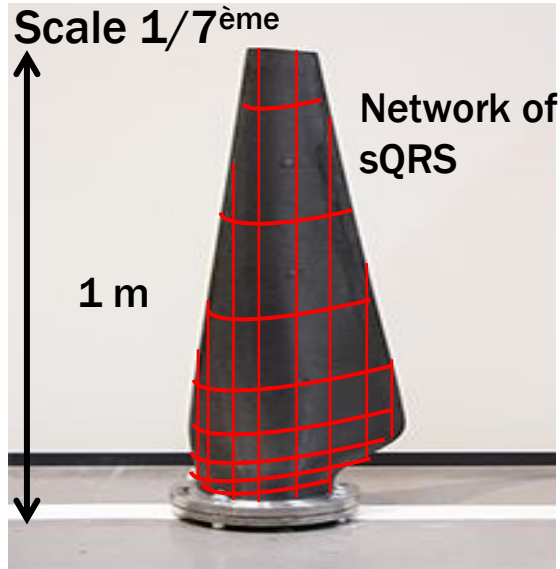




- ✓ Au delà du domaine élastique, le capteur résistif a une réponse non linéaire caractérisant la déformation plastique et la rupture des fibres
- ✓ Très bonne reproductibilité des capteurs (rouge & bleu)
- ✓ L'analyse du signal permet de suivre le comportement du matériau jusqu'à rupture

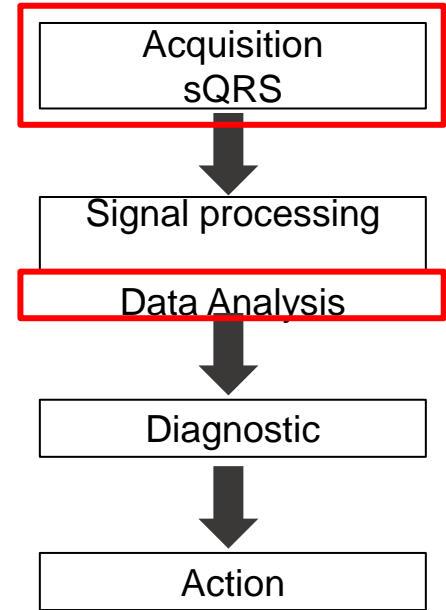


## Instrumentation d'un démonstrateur à l'échelle 1/7 (pâle d'hydrolienne)

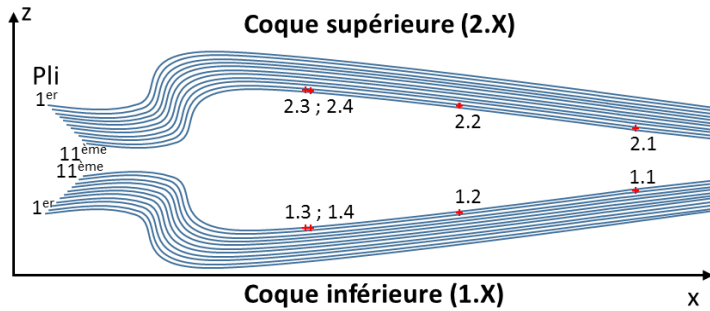


- Validation de l'intégration d'un réseau de sQRS dans la structure complexe de la pâle du démonstrateur HOBIT

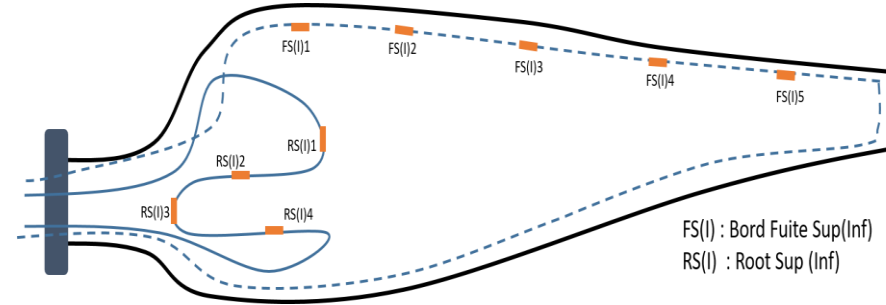
Integration de sQRS, de PZT (EA) et de FBG pour un monitoring jusqu'à rupture



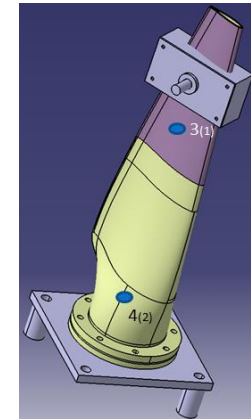
# INSTRUMENTATION



Position des QRS entre les 10ème et 11ème plis dans chaque moitié de pale.



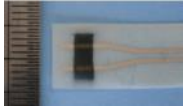
Position capteur de Bragg



Position des capteurs d'EA

# Évaluation de la réponse sous chargement mécanique

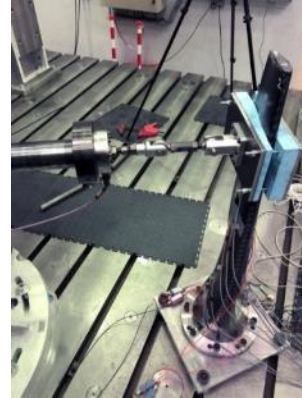
QRS SENSOR



OPTIC FIBERS



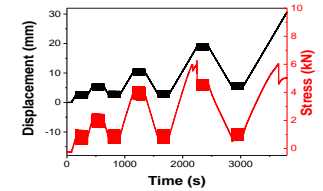
Intégration dans le procédé



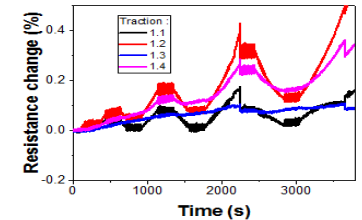
Sollicitation mécanique



MESURES  
CLASSIQUES



QRS face traction



MESURES ISSUES  
DES SQRs

# ► CONCLUSIONS

## Introduction dans les procédés:

techniques thermiques dans les procédés de transformation plastique favorisée par les cycles thermiques  
nécessité de croiser avec les données issues des capteurs (souvent déjà présents) du procédé

## Mobilité des CND :

nécessité des positionneurs mécatroniques : précision de positionnement, robustesse, durée de vie  
nécessité de réduire, d'adapter pour rendre compact/léger/peu gourmand en énergie

## Briques technologiques indispensables

- capteurs intégrés non-intrusifs, ou à faible intrusivité
- système d'acquisition miniature, gestion de l'énergie, récupération des données