

Système intelligent de maintenance prédictive utilisant les ondes ultrasonores guidées et le forage de données

Marwen Aouini ^{1,2,*}, Cédric Pradalier ² et Slah Yaacoubi ¹

¹Institut de Soudure, Plateforme RDI CND, 4 Bvd Henri Becquerel, 57970 Yutz

²Unité Mixte Internationale 2958, 2 rue Marconi, 57070 Metz

*Contact: m.aouini@isgroupe.com

Contexte

Le contrôle non destructif (CND) permet d'estimer l'intégrité d'une structure à un moment donné, mais n'offre pas la possibilité d'assurer un suivi continu de sa santé. En plus, la périodicité de l'inspection peut ne pas correspondre avec la détection d'endommagements préjudiciables à la structure au moment opportun. A cela s'ajoute les inconvénients suivants:

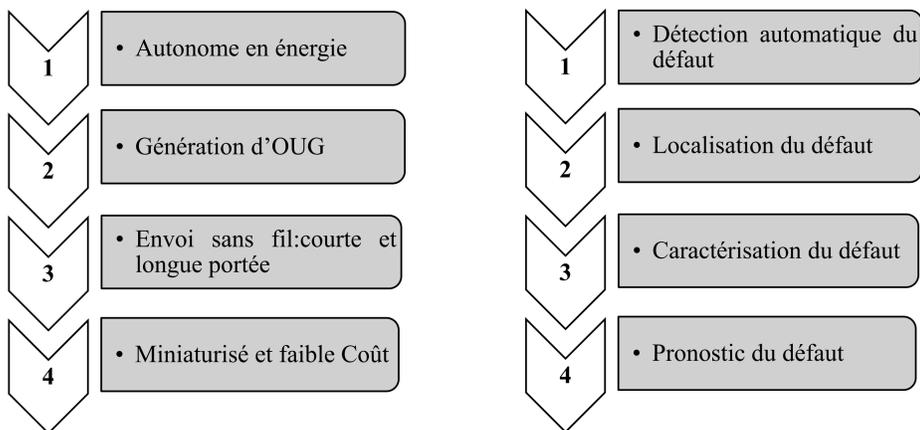
- ❖ Accessibilité difficile ou limitée.
- ❖ Coût de : mise en place de la méthode de CND, immobilisation des éléments à contrôler, ...



Nécessité de mettre en place un système de monitoring permettant la surveillance de l'intégrité d'une structure (SHM) continuellement sans avoir besoin d'une intervention humaine qualifiante. Ce système SHM doit garantir la bonne santé de la structure jusqu'à la prochaine opération de maintenance.

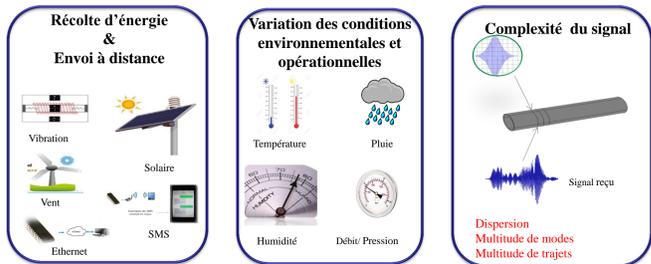
Objectifs hardware & software

Objectifs d'un système SHM



Problématique

Le monitoring repose sur la collecte régulière de signaux et leurs comparaison. Ces signaux sont très difficiles à interpréter (phénomène de dispersion, multitude des modes). En plus, ils sont vulnérables à la variation des conditions environnementales et opérationnelles tels que: la température, l'humidité, la pluie, le chargement, etc.

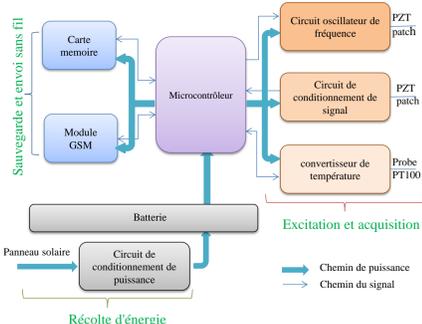


Approche proposée

1. Conception du système proposée

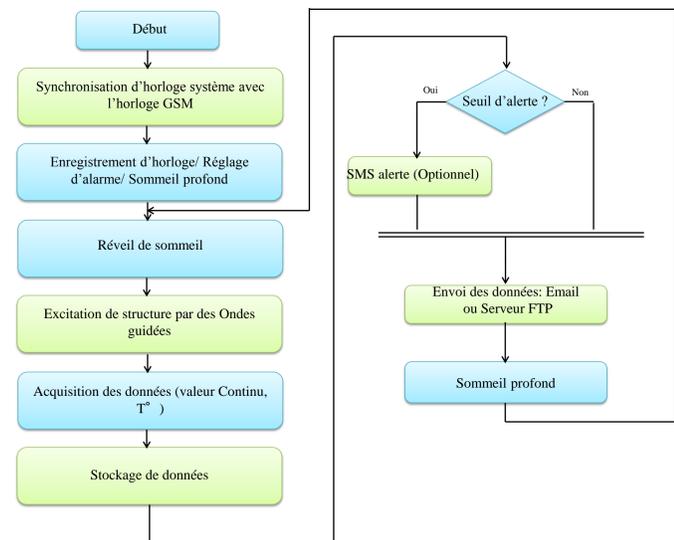
Le système autonome d'OUG sans fil proposé comprend trois sous-systèmes principaux :

- ❖ un sous-système d'excitation et acquisition qui contient un émetteur, un récepteur et un capteur de température.
- ❖ Le second sous-système contient un module de stockage pour stocker les informations reçues ainsi qu'un module de communication sans fil pour envoyer les données stockées.
- ❖ Le troisième est un sous-système de récupération d'énergie qui capte et stocke l'énergie solaire.



2. Fonctionnement du système proposé

L'organigramme global du système est le suivant:



3. Détection de défaut

L'étape la plus importante dans la détection des dommages est l'extraction des caractéristiques statistiques qui devraient être sensibles à la présence de dommages. Certaines caractéristiques statistiques peuvent être extraites du signal, à savoir la moyenne quadratique moyenne (RMS), la moyenne, l'écart-type (StD), le kurtosis, l'asymétrie (Skewness) et l'énergie.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s(i)^2} \quad (1)$$

$$Mean = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s(i) \quad (2)$$

$$StD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s(i) - \bar{s})^2} \quad (3)$$

$$Kurtosis = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s(i) - \bar{s})^4}{StD^4} \quad (4)$$

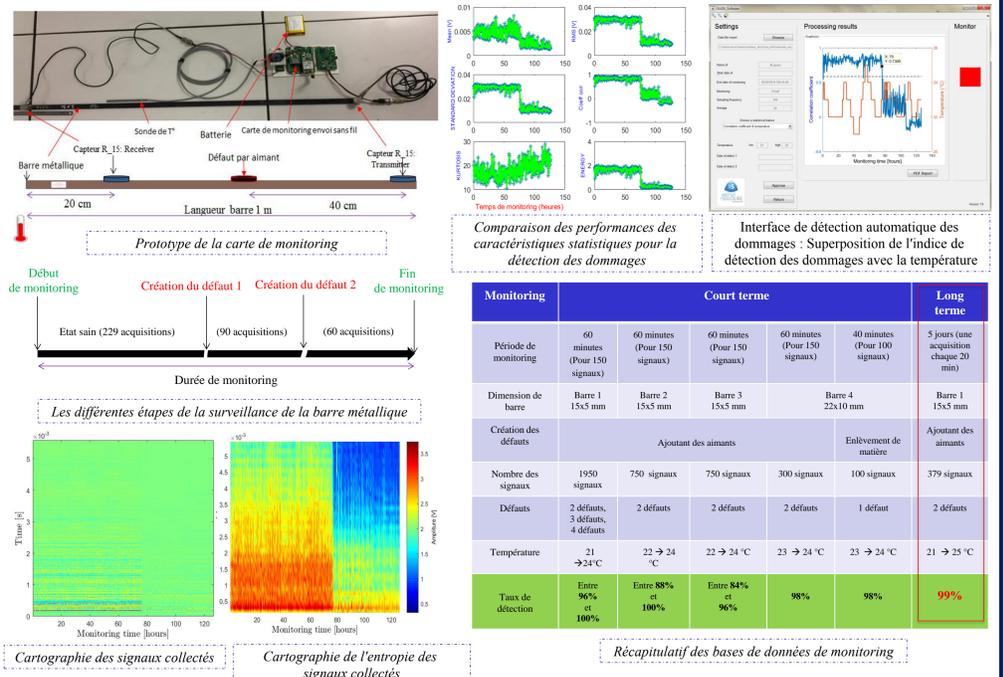
$$Skewness = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s(i) - \bar{s})^3}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s(i) - \bar{s})^2}} \quad (5)$$

$$Energy = \sum_{i=1}^N s(i)^2 \quad (6)$$

Ou $s(i)$ est le signal courant, N est le nombre d'échantillons et \bar{s} est le signal moyen de $s(i)$.

Expérimentation et résultats

Pour valider la performance du système SHM sans fil proposé, un test a été effectué dans des conditions de laboratoire.



Perspectives

- ❖ Déployer le système développé sur un site pilote
- ❖ Etude de la partie pronostic de défaut
- ❖ Synthèse de résultats et rédaction de l'article sur le pronostic
- ❖ Rédaction du manuscrit de la thèse

Publications

- ❖ Marwen Aouini, Morgan Ferrari, Slah Yaacoubi, Cedric Pradalier. "Autonomous wireless system for damage detection in SHM context". 11th International Symposium on NDT in Aerospace, Paris-saclay: 2019.
- ❖ Marwen Aouini, Slah Yaacoubi, Cedric Pradalier, Mahjoub El Mountassir, Morgan Ferrari. "Wireless system for structural health monitoring using ultrasonic guided waves: Detection of damages". 2019 (Article soumis).