

# Mesurer et prédire le vieillissement des éoliennes

Nergica : Charles Godreau, Yanick Paquet, Mattieu Gagné, Jeffrey Langlois, Jean-Philippe Rioux, Marc-André Clavet  
Cégep de la Gaspésie et des Îles : Charles Flageole, Andrée Leblanc  
École de Technologie Supérieure : Vincent Chapotard, Louis-Charles Forcier, Simon Joncas  
Université Laval : André Bégin-Drolet

## Mise en contexte

À l'horizon 2026, soit la fin des premiers contrats d'approvisionnement en électricité, les opérateurs de parcs éoliens canadiens devront choisir entre :

- Exploiter l'éolienne jusqu'à sa défaillance ;
- Remplacer des composantes (rééquipement) ;
- Démanteler les éoliennes et en installer de nouvelles ; ou
- Remettre le site à son état initial.

Pour faire face à ce défi ce projet vise à :

- Comprendre les effets de l'exploitation à long terme d'une éolienne en terrain complexe sur sa structure ; et
- Soutenir l'industrie dans l'évaluation de la condition d'une éolienne en fin d'exploitation.

Pour cela, il est prévu d' :

- Instrumenter une éolienne d'un système de mesure de chargements mécaniques et collecter des données ;
- Étudier les phénomènes liés à l'usure des composantes critiques d'une éolienne (pales, arbre principal, boîte d'engrenage, génératrice, tour).



Figure 1. Pale de l'éolienne WEC001 de Nergica instrumentée dans le cadre du projet.



Figure 2. Site de recherche de Nergica, situé à Rivière-au-Renard, Qc.

## Hypothèse de départ et risque

L'instrumentation d'une éolienne selon les standards en place permettra de caractériser le comportement mécanique des composantes critiques et de développer des modèles simplifiés reposant sur les données d'opération standard des éoliennes.

Les risques associés sont :

- Instrumentation complexe et capteurs fragiles
- Environnement d'installation comportant plusieurs risques de santé-sécurité : travaux en hauteur, levage, travail en espace clos, travaux de surfacage, manipulation de produits chimiques
- Assurer le fonctionnement des équipements sur une longue période pour assurer la collecte des données nécessaires au développement des modèles
- Niveau de connaissances techniques requis pour l'élaboration d'un modèle mécanique d'une pale d'éolienne : Résistance des matériaux avancée et conception de pales en matériaux composites.

## Méthodologie

Le projet a été réalisé en deux phases. La phase 1 a consisté à :

- Acquérir le système de mesure du chargement mécanique
- Installer le système de mesure au site de recherche de Nergica

Le système a été utilisé lors de la phase 2 pour un projet de recherche visant l'estimation de l'usure de pales d'éoliennes avec la méthodologie suivante :

- Revue de littérature
- Collecte de données
- Modèle mécanique de pales éoliennes
- Analyses comparatives

## Valeur ajoutée de la collaboration

En plus de la collaboration interne entre les départements Recherche et Innovation et Opération et Maintenance de Nergica pour l'acquisition et l'installation du système de mesure, les collaborateurs sont :

Le Cégep de la Gaspésie et des Îles :

- Charles Flageole, Coordonnateur, Service recherche et innovation
- Andrée Leblanc, Responsable à l'approvisionnement

L'École de Technologie Supérieure (ETS) :

- Vincent Chapotard, M. Sc. A., CPI., Étudiant à la maîtrise
- Louis-Charles Forcier, ing., PhD, Chargé de cours
- Simon Joncas, PhD, Professeur, Département de génie des systèmes

L'Université Laval (ULaval) :

- André Bégin-Drolet, ing., PhD., Professeur titulaire, Département de génie mécanique

Le projet a permis de rallier l'expertise technique de Nergica pour les travaux d'instrumentation sur des éoliennes avec les connaissances sur les matériaux composites de l'ETS ainsi que sur les éoliennes de l'Université Laval. L'appui du Cégep a été essentiel pour obtenir le financement du projet et compléter le processus d'acquisition de l'équipement.

## Résultats

Lors de la phase 1, les capteurs suivants ont été installés sur une éolienne Servion MM92 en opération au site de Nergica :

- Boîtier électrique et jauges de contraintes à la base de la tour
- Boîtier électrique et jauges de contrainte dans le haut de la tour
- Boîtier électrique moyeu équipé d'un accéléromètre pour déterminer la position du rotor
- Jauges de contrainte dans les 3 pales
- Système de télémétrie pour la réception des données depuis l'arbre principal
- Jauges de contrainte sur l'arbre principal
- Boîtier électrique et accéléromètre 3D dans la nacelle

Durant la phase 2, les données des capteurs de déformation sur les pales ont permis de valider le modèle de fin de vie en fatigue d'une pale.



Figure 3. Stations de mesure installées dans WEC001

## Retombées pour les partenaires

Le modèle de fin de vie des pales met à disposition de l'industrie un outil d'évaluation de l'état des systèmes en proposant différentes approches pour estimer le vieillissement subit par une pale après plusieurs années d'opération.

Quant à lui, le système de mesure installé est disponible pour réaliser différents projets de recherche, en partenariat avec l'industrie, pour une meilleure exploitation des éoliennes.

## Retombées sur la formation

Le projet de recherche en phase 2 a impliqué des professeurs de l'ETS et de l'ULaval, et a permis de former de main-d'œuvre hautement qualifiée :

- Étudiant gradué en ingénierie mécanique

Les travaux futurs prévoient l'implication de stagiaires et professeurs collégiaux ainsi que des étudiants gradués.

## Impact sur le développement durable

Le projet permet une meilleure utilisation des ressources. Les retombées du projet impliquent :

- La prolongation de la vie des éoliennes
- Un enfouissement tardif des composantes en prolongeant leur opération sur le terrain
- Une production maximisée d'énergie

## Suite idéale au projet

Modèle simplifié de fin de vie des composantes critiques d'une éolienne à partir de données d'exploitation standard, voir « Autres transferts potentiels ».

## Autres transferts potentiels

La phase 2 a permis d'utiliser le système de mesure installé pour étudier le chargement des pales et modéliser leur fin de vie.

D'autres projets sont prévus pour analyser et modéliser les autres composantes critiques d'une éolienne (arbre principal, boîte d'engrenage, génératrice, tour).

Les opérateurs de parcs éoliens collectent des données SCADA qui sont des données standard collectées pour toutes les éoliennes en opération.

Des modèles simplifiés d'estimation de la durée de vie des composantes critiques des éoliennes en utilisant les données SCADA seraient utiles pour réduire les coûts des analyses techniques requises pour un parc éolien après 20 ans d'opération.

À terme, les résultats de ces projets faciliteront la prise de décision des exploitants de parc éolien.

## Financement

- Phase 1 :
- CRSNG-OIRA
  - MEI-PSOv4
  - Nergica

Phase 2 :

- La bourse BESC M du CRSNG
- La bourse d'excellence de l'ÉTS