

FICHE PROJET 19 INTÉRÊT GÉNÉRAL

1. TITRE DU PROJET : Méthodes avancées d'estimation de la cinétique de dégradation d'un composant ou d'une structure

2. OBJET ET ENJEUX

Dans le cadre de la surveillance de son installation et de ses systèmes, l'exploitant d'un actif industriel vérifie périodiquement s'il est en bon état de fonctionnement. Il contrôle en particulier la nature des éventuels défauts et dégradations, leur localisation, leur étendue et suit leur importance et leur propagation dans le temps. Ces données dites d'inspection – contrôle sont généralement enregistrées dans des bases de données spécifiques. Ces mesures sont utilisées pour caractériser l'évolution des dégradations.

Avec la collecte des données HUMS de surveillance et de maintenance conditionnelle, et l'arrivée du *big data*, les algorithmes de *machine learning* vont nous permettre de mieux comprendre les pannes, de mettre en évidence les facteurs/ paramètres explicatifs, et enfin de mieux éviter les défaillances, dont le nombre devrait se réduire. De fait, suivre l'évolution des dégradations deviendra une tâche encore plus importante pour le fiabiliste et pour l'ingénieur de maintenance.

L'objet de ce projet est la rédaction d'un guide d'analyse des dégradations mesurées, illustré par des exemples industriels. Le projet vise l'application à des composants électroniques, électro-mécaniques ou mécaniques et aux structures.

Rappelons quelques définitions :

- **Dégradation** : évolution irréversible d'une ou plusieurs caractéristiques d'un bien liée au temps, à la durée d'utilisation ou à une cause externe (EN13306, 2010) ; la dégradation correspond à un phénomène continu de vieillissement physique avec altération de la fonction,

- **Mécanisme de dégradation** : *specific process that gradually changes characteristics of an SSC with time or use* (EPRI, 1993),
- **Effet mesurable** : conséquence d'un mécanisme de dégradation, que l'on peut mesurer ; ce peut être par exemple une longueur ou une profondeur de fissure, une perte d'épaisseur, un niveau de vibrations, un débit, une usure... ; la dégradation est généralement provoquée par un phénomène physique ; on pourrait étendre cette notion à une dégradation du comportement.

L'effet mesurable peut souvent se traduire par une fonction du type : effet mesurable = f (temps de fonctionnement, facteurs / paramètres explicatifs).

La représentation graphique de cet effet permet de suivre l'évolution de la dégradation et de prévoir par « extrapolation » la date d'une maintenance préventive, c'est-à-dire l'atteinte d'un seuil ou d'une limite déclenchant une intervention de maintenance préventive. Ce niveau limite est fixé par des critères technologiques ou des critères de sécurité.

3. **RÉSULTATS ATTENDUS**

Un état de l'art bibliographique

Description de l'analyse de dégradation lors d'une opération de maintenance

Les différentes méthodologies existantes

Traitement de deux cas d'usage réalistes correspondant à deux mécanismes de dégradation différents et comparaison des résultats issus de méthodologies différentes

Rédaction d'un guide – synthèse

Un résumé de 3 pages format A4 et un jeu de diapos.

4. **PROGRAMME DES TRAVAUX**

Ce programme est donné à titre indicatif. Il sera précisé dans un cahier des charges, si le projet a un nombre suffisant de souscripteurs.

Tâche 1 : Analyse des besoins des souscripteurs

Tâche 2 : Analyse de dégradation

Cette tâche est importante afin de bien préciser les hypothèses, notamment le contexte d'analyse de la dégradation et le contexte de décision de l'exploitant – mainteneur dans l'incertain pour assurer le

bon fonctionnement de son équipement et anticiper une éventuelle défaillance.

Comment détecte-t-on une dégradation ? Comment identifier sa nature ? Comment est-elle analysée ? Quelles données mesurables ou mesurées sont disponibles ? Existe-t-il un seuil ou une limite ? Quelle cinétique ? Quelle est la durée de vie restante (RUL, *remaining useful life*) ? Comment l'ingénieur de maintenance prend-il sa décision d'intervention ou non ? ...

Les souscripteurs peuvent contribuer à la réalisation de cette tâche.

Tâche 3 : Les méthodologies disponibles – Etat de l'art

On regardera en particulier les méthodologies suivantes :

- La régression,
- L'adaptation à des lois physiques de mécanismes de dégradation (fatigue, corrosion, ...), et les méthodes types *rainflow* – facteur d'usage,
- Les processus (gamma, Lévy, Wiener, ...),
- Les modèles de chocs.

D'autres méthodologies abordent aussi ce sujet, mais ne seront pas traitées dans le cadre de ce projet. Cela concerne en particulier :

- Les méthodes graphiques,
- Les algorithmes de *machine learning* pour des séries temporelles,
- Des approches hybrides, combinant modélisation physique et données issues de l'installation.

Quelques points relatifs aux données devront être pris en considération :

- La probabilité de détection d'une dégradation et les faibles effets mesurables,
- Les données singulières et aberrantes,
- Les erreurs de mesures liées aux capteurs et leur fiabilité,
- La prise en compte de covariables,
- L'incertitude des estimations.

Tâche 4 : Applications

Deux applications seront traitées à partir de données de souscripteurs ou de données simulées. Une comparaison des résultats issus des différents types de méthodologies sera effectuée.

On examinera en particulier : la maturité de la méthode, les difficultés éventuellement rencontrées, les incertitudes sur l'estimation, l'interprétation des résultats.

Tâche 5 : Synthèse et conclusions

5. QUELQUES RÉFÉRENCES

EN 13306: 2010, Deuxième édition, *Terminologie de la maintenance*.

EPRI (1993), *Common Aging Methodology*.

Lannoy A., Procaccia H. (2005), *Evaluation et maîtrise du vieillissement industriel*, Collection EDF R&D, Lavoisier, Editions Tec&Doc.

Mercier S. (2017), *Probabilistic construction and properties of gamma processes and extensions*, Congrès MMR'2017, Grenoble.

Lorton A., Fouladirad M., Grall A. (2010), *Pronostic d'un système complexe: impact de l'information disponible*, $\lambda\mu$ 17, La Rochelle, 05-07 octobre 2010.

Nikulin M., Bagdonavicius V. (2002), *Accelerated life models, modelling and statistical analysis*, Monographs on statistics and applied probability, Chapman & Hall CRC, 94.

Vantivelli L. (2017), *A noisy gamma degradation process with degradation dependent non Gaussian measurement error*, Université de Campanie, Congrès MMR'2017, Grenoble.

6. DURÉE

12 mois.

7. MONTANT DE LA SOUSCRIPTION

9000 € HT.