

Proposition de sujet de thèse

Regroupement dynamique de tâches de maintenance pour des systèmes multi-composants à modes de dégradation multiples

DESCRIPTION DU TRAVAIL DE RECHERCHE

CONTEXTE & ETAT DE L'ART

Le maintien en état opérationnel des assets industriels est l'une des priorités de nombreuses entreprises, tous secteurs confondus. Cette préoccupation a fait de la maintenance un sujet de recherche de tout premier plan depuis une vingtaine d'années. Par ailleurs, la multiplication des systèmes de monitoring, de stockage et de transmission de données a conduit au développement d'outils probabilistes décrivant les modalités et dynamiques de dégradation des systèmes étudiés et ainsi, permettant d'estimer différents paramètres de fiabilité dont la *Durée de vie résiduelle* (RUL – Remaining Useful Life).

Si les approches préventives systématique ou conditionnelle sont désormais fréquemment utilisées par les industriels, aucune de ces deux stratégies ne permet de maîtriser à la fois la durée d'usage et la charge de maintenance (planification à l'avance des interventions) ; au contraire de la maintenance préventive prévisionnelle (ou pronostic) qui vise à déterminer, à partir d'un historique d'observations, quel sera le meilleur instant pour intervenir préventivement sur le système considéré. De par les enjeux industriels que représente la maîtrise d'une stratégie de maintenance prévisionnelle, c'est donc vers cette thématique qu'ont été orientées les activités du projet MPO – *Maintenance Prévisionnelle et Optimisation* qui finance cette thèse, animé par l'IRT SystemX et auquel participe Air Liquide, Apsys Airbus, EDF R&D, Edgemind, Safran ainsi que Central Paris et l'IFSTTAR.

Si de nombreuses approches de pronostic ont été développées depuis les années 2000, la classification proposée par (Lebold & Thurston, 2001), les regroupe en trois grandes familles :

- *Les méthodes à base de modèles physiques* (nécessite de disposer de modèles analytiques décrivant au cours du temps et de façon généralement déterministe l'évolution de la dégradation du système)
- *Les méthodes basées sur les données* (appliquant des outils de traitement du signal aux mesures issues de systèmes de surveillance pour prédire, à partir de ces données, l'évolution future de descripteurs pertinents)
- *Les méthodes dites « fiabilistes »* (utilisant des outils probabilistes pour construire des modélisations stochastiques décrivant le comportement du système. Ces modèles peuvent s'appuyer sur des lois de probabilités, des processus stochastiques ou des modèles graphiques probabilistes). L'application de telles approches suppose cependant que des données de retour d'expérience soient disponibles en quantité suffisante pour permettre un apprentissage correct des paramètres décrivant les processus de dégradation modélisés.

Dans la troisième famille de méthodes, des travaux relativement récents se sont intéressés au regroupement dynamique de tâches de maintenances (Do Van et al. 2013), (Doostparast et al. 2014), (Lesobre 2015), (Vu 2015)... Il s'agit d'évaluer à différents instants (généralement corrélés aux instants d'auscultation des systèmes considérés) quel est la meilleure stratégie de regroupement d'actions de maintenance satisfaisant un ensemble d'objectifs et de contraintes.

Pour cela, il faut disposer un modèle probabiliste décrivant la dynamique de dégradation de chaque système et permettant donc, à un instant donné, d'évaluer la durée de vie résiduelle (ou le temps de bon fonctionnement avant l'apparition d'un événement redouté pouvant être autre chose que la défaillance).

Une première étape consiste généralement à optimiser individuellement les stratégies de maintenance pour chaque système.

La mise au point d'un modèle économique (pour évaluer les gains et pertes induits par l'avancement ou le report d'une action de maintenance) permet ensuite de développer des algorithmes d'optimisation, généralement à base de métaheuristiques, pour définir la meilleure stratégie de regroupement ; un regroupement consistant à combiner plusieurs actions de maintenance à un même instant dès lors que les pertes liées à l'avancement d'une

action (et donc au raccourcissement de l'usage du système considéré) sont inférieures aux gains induits (généralement logistiques). (Vu et Barros 2017) offre une vision générale de ce qui se fait actuellement sur ce sujet.

OBJECTIFS :

Dans le cadre de cette thèse, il est envisagé de développer un ensemble d'outils (modélisation de la dégradation, modèle économique et algorithmes de regroupement) permettant de proposer des stratégies de regroupements dynamiques adaptés aux cas d'études et aux attentes des partenaires industriels du projet MPO.

Si la plupart des productions récentes sur le sujet s'appuie sur l'utilisation d'une loi probabiliste classique (Weibull, Poisson...) pour estimer les RUL, cette démarche ne permet pas de considérer la coexistence possible de plusieurs dynamiques de dégradation.

Dans les travaux de cette thèse, il est donc attendu la proposition d'une méthodologie de pronostic basée sur des mélanges de lois. Cette innovation dans la démarche « standard » de regroupement conduira nécessairement au développement de metaheuristiques ad hoc, pouvant bien évidemment s'inspirer des approches rencontrées dans la littérature. Il serait également intéressant d'ouvrir ces résultats et développement à l'adaptation d'algorithmes d'optimisation exacte.

D'un point de vue pratique et au-delà de la nécessaire phase de bibliographie, le travail à réaliser par le doctorant sera découpé en 3 grandes étapes :

- Participation au développement de modèles de dégradation tenant compte de la coexistence de plusieurs dynamiques (ou modes) de dégradations différentes. Des approches par mélanges de lois ou de processus stochastiques sont envisageables.
- Optimisation individuelle des stratégies de maintenance prévisionnelle en s'appuyant sur ces modèles de dégradation pour estimer à chaque instant la distribution de la RUL.
- Définition d'algorithmes de regroupement des tâches de maintenance pour un ensemble de composants (ou de systèmes).

La définition des coûts/gains de chaque action de maintenance (réalisée individuellement ou par regroupement) permettra à ces algorithmes de définir de façon dynamique (à chaque nouvelle information sur l'état de fonctionnement/dégradation de l'un des assets) la meilleure stratégie de maintenance globale (i.e. optimale en considérant tous les assets).

PROFIL DU (DE LA) CANDIDAT(E) RECHERCHE(E)

DIPLÔME

Master recherche (ou diplôme d'ingénieur) dans l'une des spécialités suivantes : Recherche Opérationnelle, Probabilité/Statistiques

Des connaissances en Sécurité de fonctionnement et Analyse de données seront un atout supplémentaire pour les candidats.

COMPETENCES

Le candidat devra avoir de solides connaissances dans au moins l'une de ces thématiques :

- Recherche Opérationnelle
- Maîtriser au moins un des langages de programmation : Python, Java, C/C++.
- Probabilités / statistiques

CANDIDATURE

Pour candidater, envoyer conjointement à Selma Khebbache (selma.khebbache@irt-systemx.fr) et Laurent Bouillaut (laurent.bouillaut@ifsttar.fr):

- CV
- Relevé de notes de M2

Rémunération: 2500 euro brut/mois.