

Modèle de maintenance prescriptive intelligente pour l'industrie 4.0

LABORATOIRE / PROJET / EQUIPE

Le laboratoire Informatique et Société Numérique (LIST3N) est une Unité de Recherche (UR) de l'Université de Technologie de Troyes issu d'un travail de reconfiguration de quatre équipes de recherche existantes : ERA, LOSI, M2S et Tech-CICO. Cette UR englobe 76 permanents pour un effectif total de 160 personnes. Le projet scientifique de LIST3N se base sur la conception d'une chaîne de traitement totalement intégrée, traçable et explicable qui permet de traiter de problèmes complexes de données au service de l'humain. Ses thématiques de recherche sont définies autour de 5 axes scientifiques :

1. *Réseaux* : réseaux, capteurs, cyber-sécurité,
2. *Traitement de données* : traitement statistique de données, intelligence artificielle,
3. *Optimisation* : recherche opérationnelle et optimisation, algorithmique et programmation mathématique, ordonnancement, transport,
4. *Sûreté de fonctionnement* : sûreté de fonctionnement, fiabilité, pronostic, maintenance,
5. *Technologies et pratiques* : travail coopératif assisté par ordinateur et interaction homme-machine, ingénierie et gestion des connaissances, communication médiatisée par ordinateur.

Le sujet proposé dans le cadre du stage en labo s'intègre pleinement dans les thématiques de l'Axe « Sûreté de Fonctionnement », en synergie avec les compétences des Axes « Traitement de Données » et « Optimisation ». Il s'agit de développer de nouveaux modèles optimaux de maintenance prescriptive intelligente pour répondre aux nouveaux défis technologiques et économiques de l'industrie 4.0.

DESCRIPTION DE LA MISSION

La diffusion des nouvelles technologies numériques utilisant des objets connectés, l'Internet des objets, le cloud, l'intelligence artificielle et plus généralement la science des données conduisent au développement d'un nouveau concept de maintenance mondialement connue sous l'appellation de maintenance prescriptive intelligente pour l'industrie 4.0. Deux approches distinctes ont été développées pour la maintenance prescriptive intelligente.

1. La première approche consiste à proposer a priori une structure décisionnelle généralement paramétrique qui régit la décision en fonction du contexte opérationnel courant. L'optimisation de cette structure repose alors sur la détermination de ses paramètres qui optimisent un critère de décision, critère généralement moyen par unité de temps. La difficulté majeure réside dans l'évaluation numérique de la fonction objective qui repose sur l'étude du

comportement stationnaire du processus stochastique étudié (en utilisant la théorie des processus de renouvellement classique ou renouvellement markovien). Même si les aspects d'optimalité au sens large des politiques de maintenance prescriptive intelligente envisagées ne sont pas assurés, cette approche permet d'étudier les relations entre modélisation de l'indicateur d'état du système étudié et processus de décision. Par ailleurs, cette approche présente l'avantage de pouvoir évaluer des politiques pour lesquelles les paramètres choisis ne sont pas les paramètres optimaux mais adaptés par le décideur, par exemple, au regard d'éléments contextuels non modélisés dans le critère de décision.

2. La seconde approche ne préjuge pas d'une structure de décision a priori mais, si elle existe, sera déduite de la procédure d'optimisation. Elle consiste en l'étude directe du processus de décision auquel on associe une fonction gain ou récompense. Le processus de décision est composé en chaque instant d'un état du système étudié et d'une action. La politique de maintenance prescriptive est alors définie par l'ensemble des actions associées à chacun des états du système. L'optimisation consiste à déterminer de manière itérative la meilleure politique (i.e. celle qui génère le maximum de récompense) en fonction du critère de décision, généralement un critère escompté. Le développement d'un tel modèle peut reposer sur le paradigme de l'apprentissage par renforcement couplé avec une intelligence artificielle. Le premier avantage d'une telle approche est le caractère optimal de la politique proposée qui peut ne pas être intuitive. Ceci permet d'étudier les performances de politiques intégrant de nouveaux indicateurs décrivant l'état de santé du système étudié. Le second avantage est la seule caractérisation d'une fonction de transition d'états entre deux instants (en opposition à la caractérisation du comportement stationnaire du processus dans la première approche) qui permet alors d'étendre le contexte décisionnel par la prise en compte de nouvelles hypothèses, par exemple, ou l'élargissement de l'ensemble des actions disponibles. La difficulté est ici plutôt liée au choix de l'algorithme d'optimisation en soi et la stratégie d'exploration de l'espace des solutions qui est généralement très grand.

Chacune des approches précédentes présente ses propres avantages et inconvénients. L'objectif premier de ce projet est de développer une approche hybride pour la maintenance prescriptive intelligente afin de pousser les limites des approches conventionnelles, notamment en terme de modélisation et optimisation des politiques de maintenance. La réalisation du projet nécessite d'avoir des connaissances dans les domaines de la fiabilité, du pronostic et de la maintenance, ainsi que des compétences en modélisation stochastique, en calcul probabiliste et en apprentissage par renforcement profond.

Le projet se structure en 5 phases, chacune étant associée à une ou plusieurs missions scientifiques.

- *Phase 1 - Etat de l'art* (1 mois) : Une étude bibliographique sur la maintenance prescriptive des systèmes avec dégradation permet d'identifier plus précisément le système à étudier : modèles dégradation, modèles de pronostic, politiques de maintenance, modèles d'évaluation de performance.
- *Phase 2 - Modèle de maintenance prescriptive avec l'apprentissage par renforcement* (1.5 mois) : Il s'agit de d'exploiter le paradigme de l'apprentissage par renforcement pour développer un modèle de maintenance prescriptive intelligente pour le système identifié lors de la phase 1.
- *Phase 3 - Modèle de maintenance prescriptive à structure paramétrique de décision* (1.5 mois) : Il s'agit d'utiliser la structure paramétrique de décision et la théorie de renouvellement (markovien) pour élaborer un autre modèle de maintenance prescriptive intelligente pour le système identifié.
- *Phase 4 - Modèle de maintenance prescriptive hybride* (1.5 mois) : Cette phase est dédiée à l'analyse comparative des deux modèles de maintenance développés afin de proposer un modèle hybride optimal adapté au système d'étude.
- *Phase 5 - Rédaction* (0.5 mois) : Cette phase se terminera par la rédaction d'un rapport de stage.

Si le résultat est correct, nous valoriserons le modèle de maintenance développé par la présentation des travaux dans des conférences internationales et par la publication dans des revues scientifiques de rang A.

PROFIL RECHERCHE

Ces travaux requièrent des compétences en modélisation stochastique, en apprentissage par renforcement, et en programmation (Matlab par exemple). Une connaissance de base dans les domaines de la fiabilité, du pronostic et/ou de la maintenance serait un plus.

Un financement de thèse de doctorat après le stage est probable.

MODALITES DE STAGE

<u>Date de début de stage</u> :	Février 2022 (selon possibilité de l'étudiant)
<u>Durée du stage</u> :	6 mois avec une indemnité d'environ 600 euros/mois
<u>Lieu de prise de poste</u> :	UTT, Troyes
<u>Niveau</u> :	BAC +5 ou Master 2
<u>Domaine</u> :	<i>Génie industriel, Mathématiques appliquées, ou Informatique</i>

CANDIDATURES

Pour candidater, merci d'envoyer votre CV, lettre de motivation et dernier relevé des notes à tuau.huynh@utt.fr avant la date du 07/01/2022.