

Fusion de modèles quantitatifs et qualitatifs pour le développement d'une approche intégrée dédiée à la surveillance des systèmes dynamiques

Directeur de thèse : Teodor TIPLICA

Co-encadrants : Nizar CHATTI et Sylvain VERRON

Contexte et problématique:

Le niveau de complexité croissant des systèmes industriels et les exigences de performances associées à ces systèmes ont induit la nécessité de développer de nouvelles approches de surveillance qui reposent principalement sur l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs permettant de rendre compte de l'état d'un système à chaque instant. Cette surveillance repose principalement sur 3 modules distincts mais complémentaires, en l'occurrence :

- La détection dont le rôle consiste à déterminer si un fonctionnement anormal est survenu sur un système physique donné.
- Le diagnostic dont le rôle consiste à déterminer le/les composants pouvant être à l'origine de ce dysfonctionnement.
- Le pronostic dont le rôle consiste à estimer la durée de fonctionnement avant défaillance.

Venkatasubramanian et al. [5][6][7] ont passé en revue les différentes approches de détection/diagnostic en établissant une étude comparative de quelques-unes d'entre elles. Classiquement, on distingue deux catégories d'approches et notamment les approches quantitatives (à base de données historiques ou à base de modèles physiques) qui s'intègrent dans le cadre de la communauté FDI (Fault Detection and Isolation) et les approches qualitatives (à base de modèles graphiques) qui s'intègrent quant à elles dans le cadre de la communauté DX (communauté de l'intelligence artificielle).

Venkatasubramanian et al. ont mis en exergue le fait qu'il y ait un intérêt certain à fusionner différentes approches émanant d'une même catégorie. Dans ce sens, plusieurs travaux de recherche ont été récemment menés pour établir une stratégie d'aide à la prise de décision en combinant les approches quantitatives. A titre d'exemple, Atoui et al. [8] ont proposé sous forme de réseau bayésien, une approche générique permettant la fusion de décision entre une méthode basée sur les données historiques et une autre méthode basée sur un modèle physique.

Récemment, plusieurs chercheurs se sont mobilisés dans le but de comparer et d'analyser les résultats provenant des deux communautés FDI et DX . Cet effort a donné naissance à ce qu'on appelle aujourd'hui la communauté BRIDGE [4]. Cette communauté vise à proposer un socle commun permettant la prise en compte d'informations de natures différentes (quantitatives et qualitatives). Dans ce sens, Chatti et al. [1] [3] ont proposé un nouveau formalisme graphique (Bond Graph Signé, BGS) qui permet d'élargir le champs d'application des Bond Graph en tant qu'approche à base de modèles pour inclure le raisonnement qualitatif [2].

Néanmoins, les méthodes qui ont été développées jusque-là n'ont pas exploité les approches à base de données historiques malgré les résultats performants, sans doute exploitables, dans un cadre plus large comme celui de la communauté BRIDGE.

De plus, les travaux menés dans le cadre de la communauté BRIDGE se sont restreints à la détection et au diagnostic bien que le pronostic soit étroitement lié à ces deux aspects. En effet, en fonction du type de modèle, on distingue entre le pronostic basé sur un modèle physique (quantitatif ou qualitatif), le pronostic basé sur le retour d'expérience, le pronostic guidé par les données historiques. Cette classification nous mène à investiguer les possibilités de combiner ces différents types d'approches en s'appuyant sur la même logique que celle de la communauté BRIDGE, tout en prenant en compte la dynamique des systèmes.

Description du travail de thèse:

Comme décrit précédemment, le but de ce travail de recherche consiste à proposer une approche unifiée de conception intégrée de systèmes dynamiques dans un contexte de surveillance. Un premier volet sera dédié à l'étude de méthodes génériques permettant l'intégration des approches à base de données historiques dans le cadre de la communauté BRIDGE. Ce travail consistera à proposer une démarche utilisant des outils maîtrisés au sein du LARIS et en l'occurrence les Bond Graphs et les réseaux bayésiens. Un second volet consistera à exploiter les résultats émanant de la première partie mais dans le cadre du pronostic et en s'inspirant de l'analogie qui a été faite au sein de la communauté BRIDGE.

[1] N Chatti, B Ould-Bouamama, AL Gehin, R Merzouki, Signed Bond Graph for multiple faults diagnosis, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 36, 134-147, 2014.

[2] N. Chatti, R. Guyonneau, L. Hardouin, S. Verron, S. Lagrange, Model-Based Approach For Multiple Fault Diagnosis Using Set-Membership Formulation. (Travail soumis au journal "Reliability Engineering & System Safety" (facteur d'impact: 2.593) en février 2015)

[3] N. Chatti, B. Ould-Bouamama, A.-L. Gehin, SBG for Health Monitoring of Fuel Cell System, *ICREGA-Renewable Energy: Generation and Applications*, Springer International Publishing 73-85, 2014.

[4] M.-O. Cordier, P. Dague, F. Levy, J. Montmain, M. Staroswiecki, L. Trave-Massuyes. Conflicts versus analytical redundancy relations. *IEEE Trans.Syst.Man Cybern. PartB:Cybern.* (34), pages 2163-2177, 2004.

[5] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, S.-N. Kavuri, K. Yin. A review of process fault detection and diagnosis : Part iii: process history based methods. *Comput. Chem.Eng.* 27(3), pages 327-346, 2003.

[6] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, K. Yin, S.-N. Kavuri . A review of process fault detection and diagnosis : Part i: quantitative model-based methods. *Comput.Chem.Eng.* 27(3), pages 293-311, 2003.

[7] V. Venkatasubramanian, R. Rengaswamy, S.-N. Kavuri. A review of process fault detection and diagnosis : Part ii: qualitative models and search strategies. *Comput. Chem.Eng.* 27(3), pages 313-326, 2003.

[8] M.-A. Atoui, S. Verron, A. Kobi, A Bayesian Approach to FDD Combining Two Different Bayesian Networks Modeling a Data-Driven Method and a Model-based Method, pages 162-168, 2013.