

Pronostic des événements de défaillances basé sur les réseaux de Petri temporels labellisés

Redouane Kanazy^{1,2} Samir Chafik¹ Eric Niel² Laurent Pietrac²

¹ LPRI EMSI, Casablanca Maroc

² Ampère INSA de Lyon, Villeurbanne, France.

redouane.kanazy@insa-lyon.fr, samir.chafik@emsi-edu.ma,
eric.niel@insa-lyon.fr, Laurent.pietrac@insa-lyon.fr

Résumé

Les applications de supervisions mises à la disposition des développeurs de systèmes de contrôles qui opèrent dans les domaines de la production manufacturière, la robotique, la logistique, la circulation des véhicules, les réseaux de communication ou l'informatique, permettent de signaler la détection d'un dysfonctionnement ou d'un arrêt accidentel du système et de localiser son origine. La communauté des systèmes à événements discrets (SED) a développé des méthodes de diagnostic qui s'intéressent à l'enchaînement logique, dynamique ou temporel des événements de défaillance qui sont source de ce dysfonctionnement. Cependant, la criticité de certains systèmes et leur complexité nécessitent une méthode de pronostic de ces événements de défaillance, pour signaler leurs occurrences à l'avance afin éviter tout dommage causé par une panne.

La difficulté serait alors de savoir comment signaler l'occurrence future d'un événement de défaillance. Quel outil de modélisation est adapté pour ce type de système ? Sachant que plus la complexité du système est élevée, plus son espace d'états est important. La question que l'on se pose donc est comment surmonter le problème d'explosion combinatoire ? Quelles sont les limites du pronostic ?

Des travaux de recherche ont proposé une approche de pronostic qui permet de déterminer l'occurrence d'un événement de défaillance n-étapes à l'avance. Cette approche basée soit sur les automates à états finis (Jun CHEN et al, 2015) (Shigemasa TAKAI et al, 2009) (Ahmed KHOUMSI, 2009) soit sur les réseaux de Petri stochastiques et non-stochastiques (Rabah AMMOUR et al, 2017) (Dimitri LEFEBVRE et al, 2014). D'autres auteurs proposent une approche de pronostic (Ming Chang et al, 2013) qui consiste à donner des taux d'occurrence des traces possibles qui se terminent par un événement de défaillance. Ces approches signalent l'occurrence d'un événement de défaillance future, mais ne donnent pas une précision sur sa date d'occurrence. La date d'occurrence possible d'un événement de défaillance permet de planifier la date d'intervention pour réparer le système avant l'occurrence d'une panne et ainsi offre une visibilité sur l'état d'évolution future du système.

(Christophe Dousson, 2002) évoque la notion de signature d'une trace qui consiste à utiliser plusieurs systèmes formels voués à la description de signature événementielle et à la reconnaissance de

comportements, appelées chroniques. Cette notion a été exploitée dans des travaux pour faire le diagnostic (Baisi Liu et al, 2017), et repose sur la détection des erreurs, la localisation, l'évaluation, la reconnaissance et la réaction. (Louchka POPOVA, 2013) a proposé une méthode de calcul de la durée d'exécution d'une trace, mais toujours orientée diagnostic.

Le développement d'une nouvelle approche de pronostic dite temporelle, nécessite avant tout, de choisir un outil de modélisation qui permet à la fois d'exploiter les contraintes temporelles du système (pronostic temporel) tout en utilisant les labels (il s'agit de pronostiquer un événement dans le temps). Une extension des réseaux de Petri offre cette possibilité. Ces réseaux sont nommés, les réseaux de Petri temporels labellisés. Lors de la modélisation, les modes de fonctionnement du système (nominal, dégradé, critique) sont pris en considération pour surveiller l'évolution de celui-ci et signaler sa dégradation (évolution du mode nominal au mode critique). Il s'agit de la première étape de l'approche. Une fois la dégradation est signalée, un pronostiqueur est généré pour identifier toutes les séquences possibles et plus précisément celles qui se terminent par un événement de défaillance. Une troisième étape de vérification des séquences dites pronosticables est nécessaire pour vérifier la possibilité de faire, ou non, du pronostic d'un événement de défaillance dans une séquence. Pour calculer le temps d'exécution d'une séquence et optimiser le nombre des états possibles, la résolution d'un système d'inéquations est utilisée dans la quatrième étape de l'approche. L'idée est de trouver l'ensemble des valeurs minimales solution du système d'inéquations. Ces valeurs constitueront le temps minimal au bout duquel l'occurrence de l'événement de défaillance est sûre.

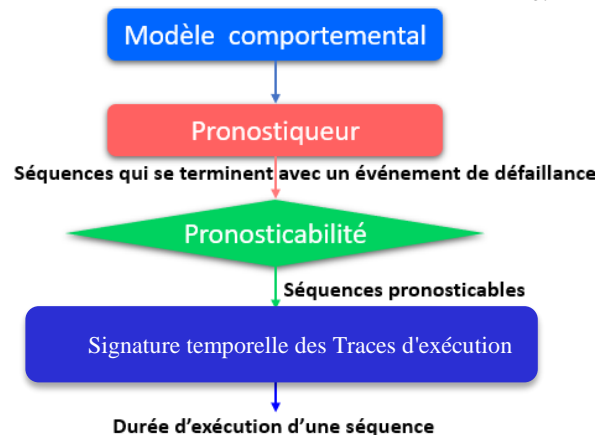


Figure 1: Etapes de l'approche du pronostic

Ainsi, à partir de la première place qui indique l'évolution du système du mode nominal au mode dégradé, il serait possible de déterminer la date d'occurrence au plus tôt d'un événement de défaillance future. La figure 1 illustre les étapes de l'approche du pronostic :

L'outil de simulation INA confirme les résultats obtenus par la nouvelle approche. Voir les étapes à suivre pour simuler un modèle sur la figure 2 :

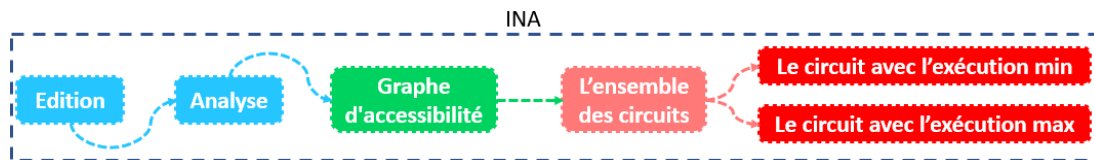


Figure 2: Etapes de simulation

Dans la pratique le système est composé de plusieurs composants, il serait alors plus intéressant de prendre en considération un modèle multi-jetons et attribuer un type d'horloge selon la nature du jeton puis de pronostiquer l'état de panne de chacun des composants dans le même modèle.

Il serait aussi très important de pronostiquer l'état de panne d'un système tout en prenant en considération l'état de vieillissement de ce système.

References

Ming Chang, Wei Dong, Yindong Ji and Lang Tong, "ON FAULT PREDICTABILITY IN STOCHASTIC DISCRETE EVENT SYSTEMS" *Asian Journal of Control*, Vol. 15, No. 5, pp. 1458–1467, September 2013 Published online 27 June 2013 in Wiley Online Library DOI: 10.1002/asjc.748

Shigemasa Takai, Ratnesh Kumar, "Distributed Prognosis of Discrete Event Systems under Bounded-Delay Communications" *Joint 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference Shanghai, P.R. China, December 16-18, 2009*

Dimitri Lefebvre, "Fault Diagnosis and Prognosis With Partially Observed Petri Nets" *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS: SYSTEMS*, VOL. 44, NO. 10, OCTOBER 2014

Jun Chen, Ratnesh Kumar, "Stochastic Failure Prognosability of Discrete Event Systems" *IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL*, VOL. 60, NO. 6, JUNE 2015

Ahmed Khoumsi, "Fault prognosis in real-time discrete event systems" . *DX*, 9, 259. Stockholm, Sweden June 14-17, 2009

Rabah Ammour, "Contribution au diagnostic et pronostic des systèmes à événements discrets temporisés par réseaux de Petri stochastiques". *Automatique. Normandie Université*, 2017.

Christophe Dousson and Thang Vu Du'ong, "Discovering chronicles with numerical time constraints from alarm logs for monitoring dynamic systems". In *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, volume 16, pages 620–626, 1999. (2 citations pp. 24 et 27)

L. Popova-Zeugmann, *Time and Petri Nets*, DOI 10.1007/978-3-642-41115-1_3, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

B. Liu, "Diagnosis and diagnosability of complex discrete event systems modeled by labeled petri nets," *Ph.D.dissertation, Ecole Centrale de Lille*, 2017.