

## État de l'art

Le projet se concentre sur le problème de *Troubleshooting*, c'est-à-dire sur le problème suivant : étant donné un dispositif en panne, on cherche une stratégie de réparation de coût total minimal. Plus précisément, on considère que le dispositif est constitué d'un nombre fini de composantes, certaines pouvant être en panne, et que l'on dispose de 2 types d'actions qui peuvent être réalisées de façon séquentielle : observations et réparations. Chaque action peut avoir un coût associé et l'objectif est donc de mettre le dispositif en état de marche en minimisant le coût total. Cependant on ne connaît pas quels sont les composantes défectueuses, ne disposant que des informations partielles sous forme de probabilités. Dans ce cas, ces probabilités seront conditionnées aux informations dont on dispose et on se servira des réseaux bayésiens pour les représenter. Pour cela, on s'intéresse à la notion de valeur de l'information: une information n'a de la valeur que si le coût espéré de la réparation avec cette information est plus petit que le coût espéré de la réparation sans cette information.

Afin de traiter ce problème, on se sert des outils de la théorie de la décision telle que décrite de façon générale dans [7]. Il s'agit d'un cadre formel qui permet de faire des choix d'actions parmi des alternatives lorsque les conséquences de ces actions ne sont connues que dans un sens probabiliste. Cette théorie repose sur la modélisation probabiliste et la représentation des préférences d'un agent, de façon synthétique, à travers une fonction d'utilité. Dans un cadre simple avec une seule action à prendre parmi un ensemble, on calcule l'espérance de l'utilité selon chaque action et on choisit celle qui maximise cette utilité espérée. En général, on doit faire face à des problèmes avec une séquence de décisions que l'on peut représenter par un arbre mais dont le calcul exhaustif est trop complexe, nécessitant ainsi de méthodes d'approximation permettant de résoudre le problème en temps raisonnable.

En général, la fonction d'utilité n'est pas connue et il nous faut alors des mécanismes d'élicitation permettant de l'estimer. L'article [1] présente ce problème et donne un panorama des techniques pour le résoudre. Il se base sur une structure simplifiée de la fonction d'utilité en supposant une indépendance additive généralisée des attributs apparaissant dans la fonction, ce qui permet de décomposer l'élicitation en deux étapes, une locale et une globale. Il présente aussi deux techniques pour représenter les incertitudes sur la fonction d'utilité, basées sur une approche bayésienne et une approche ensembliste.

Les problèmes de *Troubleshooting* ont été efficacement modélisés de façon approchée en utilisant des réseaux bayésiens dans [2, 3]. Après l'introduction d'hypothèses adéquates, les idées principales consistent dans la combinaison d'une paire observation/réparation d'une même composante dans une seule action et d'une approche myope pour les autres types d'observations. Ces travaux présentent aussi des méthodes pour calculer les probabilités de réparation en utilisant des réseaux bayésiens. Pour ce faire, il est nécessaire non seulement de calculer ces probabilités mais aussi de les mettre à jour en fonction des informations acquises lors d'observations et de réparations. Afin de simplifier ce calcul, les articles introduisent la notion de réseaux de réponse, construits à partir d'un réseau bayésien et d'une action effectuée. Des simplifications supplémentaires sont encore possibles sous l'hypothèse d'indépendance causale. Cet algorithme a été testé et validé pour certains modèles concrets.

Des extensions de l'approche de [2, 3] ont été proposées en particulier dans [4, 5] où les méthodes développées ont permis d'obtenir des résultats assez efficaces pour des cas plus généraux. L'article [5] considère par exemple qu'une composante a peut-être été choisie pour être réparée mais, faute de connaissances, elle ne l'est pas vraiment et on peut en plus ignorer le fait que la réparation a échoué. Par ailleurs, on remarque aussi qu'il existe des résultats sur la complexité du problème. En effet, l'on peut démontrer que le problème considéré appartient à NP dans le cas général [8]. De plus, une complexité d'approximation a été étudiée dans [6].

Pour ce projet, on commence par une réalisation d'un logiciel qui permettra de résoudre des problèmes de *Troubleshooting* différents à partir des leurs modèles donnés sous une forme de réseau bayésien et en utilisant les algorithmes décrits dans les références ci-dessus. On cherchera

ensuite des améliorations possibles pour ces algorithmes.

Mots-clés : Troubleshooting, Value of Information.

## Références

- [1] D. Braziunas and C. Boutilier. Elicitation of factored utilities. *AI Magazine*, 29(4):79, dec 2008.
- [2] D. Heckerman, J. Breese, and K. Rommelse. Troubleshooting under uncertainty. Technical report, Microsoft Research Technical Report MSR-TR-94-07, 1994.
- [3] D. Heckerman, J. S. Breese, and K. Rommelse. Decision-theoretic troubleshooting. *Communications of the ACM*, 38(3):49–57, mar 1995.
- [4] F. V. Jensen, U. Kjærulff, B. Kristiansen, H. Langseth, C. Skaanning, J. Vomlel, and M. Vomlelová. The SACSO methodology for troubleshooting complex systems. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 15(4):321–333, sep 2001.
- [5] H. Langseth. Decision theoretic troubleshooting of coherent systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 80(1):49–62, apr 2003.
- [6] V. Lín. Decision-theoretic troubleshooting: Hardness of approximation. *International Journal of Approximate Reasoning*, 55(4):977–988, jun 2014.
- [7] D. North. A tutorial introduction to decision theory. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(3):200–210, 1968.
- [8] M. Vomlelová. Complexity of decision-theoretic troubleshooting. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(2):267–277, jan 2003.