

Méta-heuristiques et algorithmes d'apprentissage pour accélérer la boucle Simulation-Optimisation-Résolution de problèmes

Localisation administrative : Université de Strasbourg

Directeurs de thèse : Pierre PARREND (ECAM Strasbourg-Europe, ICube, HDR) ;

Roland DE GUIO (INSA-Strasbourg, ICube, Prof. HDR)

Ecole doctorale : ED269 Mathématiques, Sciences de l'Information et de l'Ingénieur

Laboratoire : Laboratoire ICube (Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie ; UMR7357)

Contact : roland.deguio@insa-strasbourg.fr ; pierre.parrend@ecam-strasbourg.eu

Mots clés : I.A, optimisation, usine du futur, innovation, conception inventive, simulation

Contexte

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet Interreg VIRTFac (Virtual Innovative Real Time Factory): Optimiser le chemin vers l'Industrie 4.0 en planifiant le bon système de production au bon moment. VIRTFac et la thèse débutent le 1er octobre 2019.

L'un des objectifs du projet VIRTFac est d'assister le partage et l'analyse des données entre les moyens de simulation, d'optimisation et d'invention lors de la planification et de la reconfiguration des systèmes de production.

La recherche doctorale bénéficie notamment de l'expertise de deux équipes de recherche du Laboratoire ICube : CSTB (Systèmes complexes et bio-informatique translationnelle) et CSIP (Conception, Système d'Information et Processus inventifs¹). Le projet VIRTFac s'appuie sur des partenaires académiques et industriels, ainsi que sur les ressources d'analyse et de stockage des données de la plate-forme BICS² du laboratoire ICube, entre autres.

Les objectifs

L'objectif du doctorat est de proposer un nouveau modèle d'apprentissage [1] utilisant des méta-heuristiques et l'approche des algorithmes d'apprentissage actifs, c'est à dire pilotés par l'utilisateur [2],[3].

Ce modèle sera appliqué au cas d'utilisation VIRTFac traitant de l'optimisation et de l'invention [4]-[15] pour l'industrie du futur (IdF). Il vise à améliorer l'analyse, l'optimisation et les étapes inventives du processus de (re)configuration du système de production. Il sera mis en œuvre au moyen d'une bibliothèque indépendante du domaine et d'une application web spécifique à l'IdF.

Les propriétés suivantes de l'apprentissage basé sur l'expertise sont au centre de l'intérêt de ce travail : l'apprentissage accéléré par l'expertise, le renforcement, l'apprentissage de la nouveauté par la

¹ Qui peut être traduit par la conception, le système d'information et les processus innovants

² <http://bics.unistra.fr/>

classification assistée par l'expert, le soutien à l'invention par l'investigation experte. La thèse priorisera l'une de ces trois propriétés en fonction des besoins identifiés du projet VIRTFac.

Organisation des travaux

Le travail sera organisé en trois phases :

- Phase 1. Positionnement du projet de doctorat dans le projet VIRTFac. Cette étape se chevauche dans le temps avec la phase 2.
- Phase 2. Proposition d'un modèle répondant au problème choisi en phase 1 et premières expérimentations utilisant des données synthétiques.
- Phase 3. Evaluation du modèle dans le processus d'innovation de VIRTFac, et enrichissement approprié du modèle.
- Phase 4. Perfectionnement des mécanismes d'apprentissage et de l'étalon du modèle proposé.

Les phases (1&2), 3, 4 durent environ un an.

La phase 1 est courte mais très importante car le projet de doctorat se déroule dans le contexte de VIRTFac, qui est un projet multidisciplinaire. Il s'agira de faire, dans le cadre de l'équipe projet, un état des lieux des activités de la boucle d'optimisation, de simulation et d'invention qui peuvent bénéficier des métaheuristiques et de l'apprentissage. Cette étape permettra de sélectionner les applications les plus prometteuses, d'assurer la cohérence entre les différents résultats du projet VIRTFac et de guider le choix du modèle proposé en phase 2 et d'une des trois propriétés mentionnées ci-dessus. Cette phase étudiera la pertinence du modèle d'apprentissage man-hill dans ce contexte. Cette phase se terminera par le choix d'un problème et d'un modèle à explorer en priorité.

La phase 2 commencera par la formalisation du modèle proposé en phase 1 et/ou utilisé dans les projets précédents de l'équipe du CSTB : HuMa[16], Juxta[17], Online learning [2],[3]. Un exemple courant incluant la représentation des données d'innovation VIRTFac sera conçu pour assurer à la fois une évaluation réaliste du modèle proposé et la conformité avec les exigences du projet VIRTFac [9]. Le modèle prendra en charge les trois propriétés suivantes : le renforcement par des experts, la classification assistée par des experts et l'investigation par des experts. Il se concentrera sur une seule de ces propriétés, à identifier en fonction des exigences du projet - la classification assistée par des experts est un candidat probable pour démontrer l'amélioration du taux d'apprentissage ainsi que l'enrichissement du modèle par les commentaires des experts. La première implémentation sera livrée dans le cadre de la bibliothèque v1.

Parallèlement, une revue de littérature sera effectuée sur 1) les approches par colonies de fourmis, en particulier leur application à l'apprentissage comme ant-miner[18],[19], 2) les modèles man-hill et 3) l'apprentissage soutenu par des experts[20].

Au cours de la phase 3, un démonstrateur sera mis au point pour appuyer la collecte d'évaluation d'experts au moyen d'une application dédiée au projet. Cette demande sera axée sur l'amélioration du processus d'innovation à base de données de CSIP. Les fonctionnalités requises ainsi que les cas de test supplémentaires seront inclus dans la bibliothèque v2. Cette bibliothèque sera utilisée en support direct du logiciel web de VIRTFac. Des cas de test au niveau de l'industrie, d'une part, et des données synthétiques représentatives, d'autre part, seront définis et des données connexes seront générées et mises à disposition via une plate-forme. La bibliothèque de génération de données synthétiques, DataCrafter, sera également disponible via la plate-forme BICS.

Au cours de la phase 3, le modèle proposé sera amélioré grâce à l'une des stratégies suivantes : 1) le soutien d'autres propriétés de l'apprentissage fondé sur l'expertise ; ou 2) l'approfondissement du modèle proposé pour une caractéristique clé à identifier au cours des deux premières années du projet. Le modèle fera l'objet d'une campagne systématique de benchmarking.

6 mois sont consacrés à la rédaction de la thèse de doctorat.

Collaborations

Ces travaux sont dirigés par les professeurs Pierre Parrend (ECAM Strasbourg-Europe, UMR7357 ICube laboratory) et Roland De Guio (INSA-Strasbourg, UMR7357 ICube laboratory). Le travail sera également réalisé en collaboration avec le laboratoire d'ingénierie virtuelle de l'Université d'Offenburg (Allemagne) qui est partenaire du projet VIRTFac.

Le laboratoire électronique 4P-Factory de l'Unitwin³ UNESCO Complex System Digital Campus (CNSC) accueillera ce projet. Outre le plan de diffusion VIRTFac, le réseau régional de plates-formes REGESIF (Initiative Grand-Est des Services et Industries du Futur) fournit également une communauté appropriée pour la diffusion des résultats du projet.

Références

- [1] P. Parrend, F. Guigou, J. Navarro, A. Deruyver, et P. Collet, " Artificial Immune Ecosystems : the role of expert-based learning in artificial cognition ", in *ICAROB 2018/ The International Conference on Artificial Life and Robotics*, 2018, p. 5.
- [2] S. Gutiérrez, G. Valigiani, P. Collet, et C. D. Kloos, " Adaptation of the ACO heuristic for sequencing learning activities ", in *Proceedings of the EC-TF2007*, p. 17-20.
- [3] G. Valigiani, R. Biojout, Y. Jamont, E. Lutton, P. Collet, et autres, " Experimenting with a realsize man-hill to optimize pedagogical paths ", in *Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing*, 2005, p. 4-8.
- [4] S. Bach, R. De Guio, et G. Nathalie, " Combining discrete event simulation, data analysis, and TRIZ for fleet optimization ", *J. Eur. TRIZ Assoc. Innov.* vol. 04, n° 02, p. 47-61, 2017.
- [5] F. Ben Moussa, R. Benmoussa, R. de Guio, S. Dubois, et I. Rasovska, " An algorithm for inventive problem solving coupled with optimization for solving inventive problems encountered in supply chains ", in *SIL'16*, 2016.
- [6] F. Z. Ben Moussa, I. Rasovska, S. Dubois, R. D. Guio, et R. Benmoussa, " Reviewing the use of the theory of inventive problem solving (TRIZ) in green supply chain problems ", *J. Clean. Prod.* vol. 142, p. 2677-2692, 2017.
- [7] F. Z. BenMoussa, S. Dubois, R. De Guio, I. Rasovska, et R. Benmoussa, " Integrating the theory of Inventive Problem Solving with Discrete Event Simulation in Supply Chain Management ", dans *Automated Invention for Smart Industries*, 2018, p. 330-347.
- [8] L. Burgard, S. Dubois, R. de Guio, et I. Rasovska, " Sequential experimentation to perform the Analysis of Initial Situation ", in *TRIZ Future 2011*, 2011.
- [9] H. Chibane, S. Dubois, et R. D. Guio, " Automatic Extraction and Ranking of Systems of Contradictions Out of a Design of Experiments ", in *Automated Invention for Smart Industries*, 2018, p. 276-289.
- [10] S. Dubois, R. de Guio, et I. Rasovska, " From simulation to invention, beyond the pareto-frontier ", in *20th International Conference on Engineering Design (ICED)*, 2015.
- [11] S. Dubois, T. Eltzer, et R. De Guio, " A dialectical based model coherent with inventive problems and optimization problems ", *Comput. Ind.* vol. 60(8), p. 575-583, oct. 2009.
- [12] S. Dubois, R. De Guio, A. Brouillon, et L. Angelo, " A Feedback on an Industrial Application of the FORMAT Methodology ", in *Automated Invention for Smart Industries*, 2018, p. 290-301.

³ <http://unitwin-cs.org/g/>

- [13] I. Rasovska, R. de Guio, et S. Dubois, " Using dominance relation to identify relevant generalized technical contradictions in innovative design ", in *IESM 2017*, 2017.
- [14] L. Lin, S. Dubois, R. de Guio, et I. Rasovska, " An exact algorithm to extract the generalized physical contradiction ", *Int. J. Interagir. Des. Manuf.* vol. 9, ^{no} 3, p. 185-191, 2015.
- [15] L. Lin, I. Rasovska, R. de Guio, et S. Dubois, " Optimization Methods for Inventive Design ", in *TRIZ - The Theory of Inventive Problem Solving*, Springer, D. Cavallucci, Éd. Cavallucci, Denis, 2017, p. 151-185.
- [16] J. Navarro, A. Deruyver, et P. Parrend, " Morwilog : an ACO-based System for Outlining Multi-Step Attacks ", in *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (IEEE SSCI 2016)*, 2016.
- [17] P. Parrend, C. Maller, et E. Dietrich, " The Ant Reconciliation Algorithm (ARA) : Ant-hill learning for label matching ", in *Artificial Evolution*, 2017.
- [18] F. E. Otero, A. A. A. Freitas, et C. G. Johnson, " cAnt-Miner : an ant colony classification algorithm to cope with continuous attributes ", in *International Conference on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence*, 2008, p. 48-59.
- [19] R. S. Parpinelli, H. S. Lopes, et A. A. Freitas, " Data mining with an ant colony optimization algorithm ", *IEEE Trans. Evol. Comput.* vol. 6, ^{no} 4, p. 321-332, 2002.
- [20] F. Guigou, P. Collet, et P. Parrend, " The Artificial Immune Ecosystem : a bio-inspired meta-algorithm for boosting time series anomaly detection with expert input ", in *EvoApplications, 20th European Conference on the Applications of Evolutionary Computation*, 2017.

Profil du candidat :

- Une formation en informatique est requise. De l'expérience en optimisation statistique ou en intelligence artificielle est la bienvenue.
- Capacité à travailler au sein d'une équipe multidisciplinaire