

GROUPE DE TRAVAIL BERMUDES

Rapport d'activité Année 2019

Christelle BLOCH, FEMTO-ST, Université de Franche-Comté, christelle.bloch@univ-fcomte.fr
David LEMOINE, LS2N, IMT Atlantique, david.lemoine@imt-atlantique.fr
Sylvie NORRE, LIMOS, Université Clermont Auvergne, sylvie.norre@uca.fr

Site web : <http://www.gt-bermudes.fr/>

1. Contexte et problématiques scientifiques

Créé en 1996, rattaché au GdR MACS depuis janvier 2003 et au GdR RO depuis janvier 2006, le GT Bermudes est resté fidèle à ses préoccupations d'origine : les problématiques d'ordonnancement, avec un focus spécifique sur les problèmes issus du contexte industriel. Les démarches de notation et de classification, les approches procédant par analogie avec d'autres problématiques et un mode de fonctionnement interactif, au service des doctorants ; tous ses aspects sont si fortement ancrés dans les pratiques du GT qu'ils en constituent pour partie les gènes.

Après avoir fêté ses 20 ans d'existence et pour répondre aux problématiques émergentes mais néanmoins majeures qu'on retrouve communément sous l'appellation « Usine du futur », le groupe a décidé d'évoluer vers les problématiques d'ordonnancement intégré. Par cela, on entend les thématiques d'ordonnancement en interaction forte avec des problématiques connexes (ordonnancement et transport, ordonnancement et maintenance, etc.) et/ou avec des éléments contextuels propres aux systèmes étudiés (par exemple les contraintes environnementales et les évolutions numériques, telles que celles relatives au Big Data, aux objets connectés...). Ainsi Bermudes se positionne volontairement au cœur des thématiques liées à l'usine du futur et de façon plus générale à l'industrie 4.0 et aux villes intelligentes.

2. Bilan des activités du GT

Cette année, le GT a continué à contribuer à l'organisation de sessions lors de journées ou de conférences. Ainsi, le groupe a proposé :

- **2 sessions** aux 26èmes journées STP de Clermont-Ferrand (dont une commune avec le GT META), les 22 et 23 Novembre 2018 (audience : 30 personnes réparties dans 11 laboratoires).
- **1 session** commune avec GT2L au congrès annuel Roadef 2019 : « Gestion intégrée de la production et du transport ».
- **4 demi-journées** de formation doctorale durant l'école MACS de Bordeaux, du 3 au 5 Juin 2019, en collaboration avec le GT SED du GDR MACS : « Système à Evènements Discrets et Ordonnancement : théories, applications et comparaison aux approches de Recherche Opérationnelle » (15 inscrits). Cette formation a donné lieu à l'écriture d'un *chapitre de livre* reprenant ces éléments et qui est actuellement soumis pour publication.

Nous proposons également **2 sessions** aux 27èmes journées STP de Nantes, les 5 et 6 décembre 2019, et **1 session** « Ordonnancement pour l'industrie 4.0 » au congrès annuel Roadef 2020.

3. Les équipes et laboratoires impliqués

Dans cette partie, vous trouverez, par ordre alphabétique, les principaux laboratoires et équipes interagissant avec Bermudes :

- **CRAN** (Nancy) : Département des Systèmes Eco-techniques complexes
- **DISP** (Lyon) : Equipe Operation Management for goods and services production systems
- **FEMTO-ST** (Belfort-Montbéliard-Besançon) : Départements Informatique des Systèmes Complexes et Automatique et Systèmes Micro-mécatroniques.
- **G-SCOP** (Grenoble) : Equipe Gestion et Conduite des Systèmes de Production.
- **HEUDIASYC** (Compiègne) : Equipe Réseaux Optimisation
- **ICB** (Belfort) : Equipe Conception, Optimisation et Modélisation en Mécanique
- **Institut Pascal** (Clermont Ferrand) : Equipe M3G
- **ISAE** (Toulouse) Département Ingénierie des Systèmes Complexes
- **LAAS** (Toulouse) : Equipe Recherche Opérationnelle, Optimisation Combinatoire et Contraintes
- **LAMIH** (Valenciennes) : Equipes Computer Science et Automation and Control.
- **LARIS** (Angers) : Equipe Systèmes dynamiques et optimisation
- **LG12A** (Béthune) : Equipe Optimisation des Systèmes Complexes
- **LIFAT** (Tours) : Equipe Recherche Opérationnelle, Ordonnancement et Transport
- **LIMOS** (Clermont-Ferrand) : Axe ODPS (Outils Décisionnels pour la Production et les services)
- **LISPEN** (Lille et Marseille) : Equipe Aide à la Décision
- **LS2N** (Nantes) : Equipes Système Logistique et de Production et Pilotage de Systèmes Industriels

De façon plus épisodique et dont les membres sont présents dans les sessions mais qui suivent le GT Bermudes en tant que groupe secondaire, nous retrouvons également les laboratoires :

- **CGI** (Albi) : Centre de Génie Industriel
- **CRESTIC** (Reims) : Equipe Commande et Diagnostic des Systèmes à Evénements Discrets
- **LGP** (Tarbes) : Equipe Systèmes Décisionnels et Cognitifs
- **LCFC** (Metz) : Laboratoire de Conception Fabrication Commande
- **LINEACT-CESI** (Rouen) : Laboratoire d'Innovation Numérique pour les Entreprises et les Apprentissages au service de la Compétitivité des Territoires
- **LRI** (Paris) : Equipe Réseaux & Optimisation Combinatoire et Stochastique
- **PRISME** (Orléans) : Equipe Automatique
- **QUARTZ** (Cergy) : Thème Système Durable

4. Projets et Partenariats industriels/Collectivités

Dans ce paragraphe, nous donnons quelques exemples de projets ou de partenariats industriels/collectivités dans lequel au moins un membre du groupe Bermudes a été impliqué et qui a pu pour certains donner lieu à des présentations lors de sessions.

- « Modèles d'optimisation et d'évaluation de système de pilotage intelligent en contexte de flux fortement perturbés par les reprises », E. Zimmermann, Laboratoire CRAN et société Acta-Mobilier (2019) - CIFRE
- « Planification des maintenances d'aéronefs militaires, optimisation multi-objectif », F. Peschiera, Laboratoire ISAE, Kedge Business School, société Dassault et la Direction Générale de L'Armement (fin en 2020) - CIFRE
- « Réduire les déchets industriels : une approche par l'ordonnancement des opérations », C. Le Hesran, Laboratoire DISP et société EVS (2019) – Contrat Doctoral Régional ARC8
- « Contribution à la définition d'une méthodologie couplant l'IoT (Internet of Things) et le Machine Learning pour la mise en place d'un ERP (Enterprise Resource Planning) prédictif dans le cadre de l'industrie 4,0 », J. P. Usuga Cadavid, Laboratoire LAMIH et société M4D (fin en 2021) - CIFRE
- « Dimensionnement d'une flotte de robots mobiles », A. Rjeb, Laboratoire LIMOS (fin en 2021) - projet MMII : Mobilité en milieux Industriel et Incertain, relève du Défi MMaSyF (Mobilités – Matériaux et Systèmes du Futur).

- « Méthodes d'optimisation pour la gestion de lignes de production reconfigurables et flexibles », Y. Lahrichi, Laboratoire LIMOS (Fin en 2020) - Programme Investissements d'Avenir (16-IDEX-0001 CAP 20-25) de l'Agence Nationale de la Recherche.
- « Ordonnancement de blocs opératoires avec prise en compte des contraintes de stérilisation des instruments chirurgicaux », H Al Hasan, Laboratoires LARIS et LS2N (2019) – Financement IMT-Atlantique et Angers Métropole Pays de Loire.
- « Conception d'un système de production reconfigurable », A. Beauville Dit Eynaud, Laboratoire LISPEN et société PSA (fin en 2020) – CIFRE.
- « Le meilleur des cas pour l'ordonnancement de groupes : un nouvel indicateur proactif-réactif pour l'ordonnancement sous incertitudes », Z. Yahouni, Laboratoire LS2N, Université de Tlemcen (Algérie) (2017), co-financement Europe Metalic et Excellence Eiffel.
- « Conception d'un système de pilotage de systèmes cyber-physiques de production : application aux centres de tri postaux de nouvelle génération », C. Selma, Laboratoire LS2N, société La Poste (fin en 2021) – CIFRE
- « Planification de production multi-items multi-périodes avec contraintes de périssabilité dans l'agro-alimentaire », F. Larroche, Laboratoire LS2N, société VIF (Fin en 2021) – CIFRE
- « Conception et pilotage d'un atelier intégrant la fabrication additive », A.L. Antomarchi (2019), Laboratoire Institut Pascal – Bourse de la fondation SIGMA

5. Réflexion prospective

Conformément à son positionnement sur les problématiques liées à l'Industrie 4.0, le GT Bermudes souhaite continuer à suivre et soutenir les thématiques d'ordonnancement intégré et notamment selon les axes suivants :

- L'intégration des décisions dans les systèmes connectés. L'avènement de ces systèmes, fournissant des volumes considérables de données, conjugué à un accroissement des capacités de calcul ouvre la porte à une aide à la décision toujours plus réactive, toujours plus intégrée et au cœur du process. Un ordonnancement intégré prend en compte ces nouveaux aspects pour optimiser le système de production en termes de fiabilité (intégration de la maintenance), de qualité (intégration des opérations d'inspection), d'adaptabilité et de réactivité (intégration de la reconfiguration du système pour une customisation de masse), de coûts etc.
- L'intégration de l'environnement du système de production et notamment la prise en compte des contraintes environnementales et énergétiques, de son impact sur les modes d'organisation (collaboratifs, distribués ...) jusqu'aux conséquences sociales ou sociétales découlant ou devant être considérées dans les décisions.

Ainsi les thématiques du groupe continueront à adresser les systèmes complexes dans toute leur diversité d'activités (production, transport, maintenance...), d'acteurs et d'enjeux (humains, environnementaux, énergétiques...). Il s'intéressera également à l'ordonnancement tant robuste que réactif des entités intelligentes des systèmes de production notamment dans le contexte smart factories (et des smart cities). Il continuera à travailler en lien avec les terrains d'application réels, s'attachant ainsi à identifier les problématiques opérationnelles originales, souvent caractérisées par des contraintes et objectifs atypiques.

Pour prendre en compte toute cette complexité, qu'elle soit intrinsèque aux systèmes étudiés ou algorithmique pour la résolution des problèmes de décision, le GT Bermudes a élaboré une stratégie de coopération avec d'autres groupes de travail, stratégie qu'il compte poursuivre et développer dans les années à venir. On peut par exemple citer la collaboration avec le GT SED qui nous a permis de développer plus largement le couplage entre méthodes de recherche opérationnelle et simulation à événements discrets, ouvrant la porte à l'utilisation des jumeaux numériques dans l'évaluation de la performance de systèmes de production et donc à une optimisation plus fine des processus industriels.

On peut aussi évoquer les sessions communes avec le groupe de travail GT2L pour une meilleure prise en compte des aspects liés aux transports dans les problématiques d'ordonnancement. Sur un aspect plus numérique, le rapprochement avec le GT META nous permet de renforcer nos techniques d'optimisation sur des problèmes de grande taille mais aussi non-linéaires comme ceux dont l'évaluation nécessite l'utilisation de systèmes à événements discrets.

Ces collaborations autour des besoins d'outils, de techniques et de compétences complémentaires visent à relever les défis liés aux nouveaux enjeux de l'ordonnancement intégré, en particulier ceux liés au big data et à l'intelligence artificielle. Ces interactions s'appuient sur les opportunités offertes par les progrès en termes de disponibilité des données, de re-configurabilité et de traçabilité des process, pour adresser la complexité de plus en plus forte des systèmes étudiés et mieux prendre en compte leur dynamique. Les actions engagées par le GT en 2019 montrent que ce couplage entre techniques complémentaires trouve tout son sens et permet des synergies efficaces pour apporter des solutions aux nouvelles problématiques rencontrées. C'est donc sur cette voie prometteuse que le groupe de travail Bermudes compte poursuivre son investissement.