

PROPOSITION DE SUJET DE STAGE
2025

**Décomposition de Benders pour l'équilibrage
robuste de lignes de production**

Profil : Recherche Opérationnelle

Gratification : 4,35€ par heure (eq. 649,60€ net par mois)

Équipe des encadrants

Nom	André ROSSI (PR)
Unité de recherche	LAMSADE (UMR CNRS 7243)
Établissement de rattachement	Université Paris-Dauphine

Nom	Evgeny GUREVSKY (MC)
Unité de recherche	Équipe MODELIS, LS2N (UMR CNRS 6004)
Établissement de rattachement	Université de Nantes

Nom	Rui S. SHIBASAKI (MC)
Unité de recherche	MIS (UR 4290)
Établissement de rattachement	Université de Picardie Jules Verne, Amiens

Descriptif du sujet de stage

La conception de systèmes de production est un objet d'étude important qui implique souvent des investissements massifs et pose de nombreux problèmes d'optimisation, connus dans la littérature sous le nom de *problèmes d'équilibrage*. En général, ces problèmes consistent à affecter toutes les tâches de production à des stations de travail de manière à satisfaire un objectif donné sous certaines contraintes technologiques comme les *contraintes de précédence, le temps de cycle, l'exclusion, l'inclusion ou les contraintes de stockage*.

L'un des objectifs importants lors de la conception de ces systèmes est d'anticiper l'incertitude sur la durée des tâches, afin d'obtenir une configuration robuste à long terme. Cette nécessité a plusieurs origines :

- Les caractéristiques des produits et celles des stations de travail peuvent évoluer au cours de la vie du système, afin de satisfaire la demande du marché ou pour s'adapter aux composants disponibles,
- Des retards et des arrêts imprévus peuvent survenir pendant le fonctionnement du système.

Le choix d'une approche adaptée à la prise en compte de l'incertitude sur la durée des tâches dépend de l'information disponible sur l'origine de ces incertitudes. Ainsi, le recours aux méthodes classiques que sont la programmation stochastique ou la logique floue peut s'avérer difficile en pratique, en particulier dans le cas où l'on ne dispose pas de suffisamment de données pour établir une distribution de probabilité ou de possibilité de la durée des tâches, à plus forte raison quand le système de production n'a encore jamais été mis en service. En revanche, identifier un sous-ensemble de tâches que l'on présume sujettes à de l'incertitude sur leurs durées, ne nécessite que peu d'information, et est une situation beaucoup plus fréquente en pratique. C'est la raison pour laquelle nous proposons et promovons depuis 2012 (voir Gurevsky et al., 2012, 2013, 2022 ; Rossi et al., 2016 ; Pirogov et al., 2021 ; Shibasaki et al., 2024) une approche alternative pour l'évaluation de la robustesse des systèmes de production en pareilles situations. L'évaluation repose sur la notion de rayon de stabilité, introduite par Sotskov et al. (2010) dans le contexte de l'ordonnancement, et qui a depuis trouvé d'autres domaines d'application. Le rayon de stabilité d'une configuration admissible peut être interprété comme étant égal à l'amplitude maximale des variations de la durée des tâches identifiées comme incertaines, qui ne compromet pas l'admissibilité de la configuration considérée. Le rayon de stabilité est donc une mesure naturelle de la robustesse, car plus il est grand, et plus le système de production, sous sa configuration courante, est en mesure de résister aux aléas. En outre, il présente l'avantage de ne pas nécessiter d'historique pour être mis en œuvre, et peut-être considéré à ce titre comme une alternative à la programmation stochastique et à la logique floue.

Concevoir la configuration d'un système de production ayant le plus grand rayon de stabilité possible est un problème d'optimisation combinatoire difficile et nouveau, qui n'a été introduit que récemment par nos travaux (Rossi et al., 2016 ; Pirogov et al., 2021), dans le cadre de systèmes d'assemblage et de transfert, et a ouvert de nombreuses perspectives algorithmiques et pratiques.

Le but principal dans ce stage est de développer des méthodes algorithmiques basées sur la décomposition de Benders pour obtenir une configuration de robustesse maximale de la ligne d'assemblage, notamment pour les instances de grande taille. Pour cela, on exploitera les résultats existants sur la réduction des intervalles d'affectation des tâches qui a pour effet de limiter la combinatoire de ces affectations. Ce premier modèle pourra alors être résolu directement par un solveur de PLNE. On appliquera ensuite une décomposition de Benders à ce modèle, en sélectionnant les variables d'affectation comme variables complicantes. Cela a pour avantage de conduire à un problème maître qui peut être formulé comme le problème de décision classique de SALBP : peut-on affecter les tâches à un ensemble de stations tout en respectant les contraintes de temps de cycle, de précédence et d'intégrité ? Le sous-problème de la décomposition de Benders, lui, est très facile à résoudre puisqu'il consiste à calculer le rayon de stabilité de la solution obtenue par le problème maître. Une implémentation de la décomposition de Benders sous la forme d'un algorithme de génération de plans coupants appelée Branch-and-Benders-Cut (BBC) sera développée et comparée aux résultats du modèle non décomposé.

Le ou la candidat(e) retenu(e) sera basé(e) à l'Université de Nantes et rattaché(e) à l'équipe MODELIS du laboratoire LS2N (UMR CNRS 6004). La durée souhaitée pour ce stage est de 6 mois, idéalement du 1^{er} février 2025 au 31 juillet 2025. Le ou la candidat(e) bénéficiera de l'encadrement de trois enseignants chercheurs localisés à Amiens, Nantes et Paris.

Le ou la candidat(e) recherché(e) devra avoir de solides compétences en programmation C++, JAVA, Julia ou bien Python ainsi qu'un bon niveau de français ou/et d'anglais à l'écrit et à l'oral. La maîtrise des solveurs commerciaux comme CPLEX ou GUROBI et de leur API serait un vrai plus. Il ou elle devra être étudiant(e) en dernière année de cursus ingénieur ou universitaire (BAC + 5). Sa formation principale doit de préférence porter sur l'informatique, la recherche opérationnelle ou bien le génie industriel.

Le dossier de candidature doit contenir :

1. CV détaillé
2. Notes de M1
3. Rapport de stage de L3
4. Rapport de stage de M1 (ou Rapport de TER de M1)
5. Lettre de motivation

Les candidatures seront traitées au fur et à mesure de leur réception. Le dossier complet doit être envoyé à l'adresse suivante : research.ls2n@gmail.com

Références

- Borisovsky P.A., Delorme X. and Dolgui A.** 2013. Balancing reconfigurable machining lines via a set partitioning model. *International Journal of Production Research* 52(13) : 4026-4036.
- Borisovsky P., Dolgui A. and Kovalev S.** 2012. Algorithms and implementation of a set partitioning approach for modular machining line design. *Computers & Operations Research* 39(12) : 3147-3155.
- Borisovsky P., Dolgui A. and Kovalev S.** 2012. Modelling transfer line design problem via a set partitioning problem. *Optimization Letters* 6(5) : 915-926.
- Gurevsky, E., Battaïa, O., Dolgui, A.** 2012. Balancing of simple assembly lines under variations of task processing times. *Annals of Operations Research* 201(1) : 265-286.
- Gurevsky, E., Battaïa, O., Dolgui, A.** 2013. Stability measure for a generalized assembly line balancing problem. *Discrete Applied Mathematics* 161(3) : 377-394.
- Gurevsky, E., Rasamimanana, A., Pirogov, A., Dolgui, A., Rossi, A.** 2022. Stability factor for robust balancing of simple assembly lines under uncertainty. *Discrete Applied Mathematics* 318 : 113-132.
- Pirogov A., Gurevsky E., Rossi A., Dolgui A.** 2021. Robust balancing of transfer lines with blocks of uncertain parallel tasks under fixed cycle time and space restrictions. *European Journal of Operational Research* 290(3) : 946-955.
- Rossi, A., Gurevsky, E., Battaïa, O., Dolgui, A.** 2016. Maximizing the robustness for simple assembly lines with fixed cycle time and limited number of workstations. *Discrete Applied Mathematics* 208 : 123-136.
- Shibasaki, R.S., Rossi, A., Gurevsky, E.** 2024. A new upper bound based on Dantzig-Wolfe decomposition to maximize the stability radius of a simple assembly line under uncertainty. *European Journal Of Operational Research* 313(3) : 1015-1030.
- Sotskov, Yu., Sotskova, N., Lai, T.-C., Werner, F.** 2010. Scheduling under Uncertainty : Theory and Algorithms. Minsk, Belorusskaya nauka.