Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes	PROPOSITION DE SUJET DE STAGE 2026 **Approche par programmation stochastique pour la conception et la planification de configurations de systèmes manufacturiers reconfigurables sous incertitude de la demande** Financement : LS2N (UMR CNRS 6004) Profil : Informatique – Recherche Opérationnelle Gratification : 4,35€ par heure (eq. 649,60€ net par mois)

Équipe des encadrants

Prénom NOM	Audrey CERQUEUS (Maître de Conférences)
Unité de recherche	Équipe MODELIS, LS2N (UMR CNRS 6004)
Établissement de rattachement	IMT Atlantique, Nantes

Prénom NOM	Evgeny GUREVSKY (Maître de Conférences HDR)
Unité de recherche	Équipe MODELIS, LS2N (UMR CNRS 6004)
Établissement de rattachement	Université de Nantes

Descriptif du sujet de stage

Le contexte commercial actuel est marqué par une demande très dynamique, stimulée par des facteurs tels que la concurrence mondiale intense, les progrès technologiques rapides et le nombre croissant de commandes personnalisées. Les systèmes de fabrication reconfigurables, initialement introduits par Koren et al. [1], visent à relever les défis de cet environnement. Ces systèmes possèdent plusieurs caractéristiques clés qui leur permettent de répondre efficacement aux exigences d'une famille de produits. La structure type d'un système de fabrication reconfigurable est composée d'un ensemble de postes de travail en série, chacun comprenant des ressources parallèles effectuant des tâches similaires. Un tel système peut être reconfiguré soit en réattribuant les tâches entre les postes de travail, soit en ajustant le nombre de ressources parallèles en fonction des exigences de production. Cependant, dans un contexte de demande fluctuante, la réattribution des tâches n'est pas le moyen le plus pratique de reconfigurer le système, car elle nécessite des efforts et des ressources financières importants. En revanche, le maintien de la même attribution des tâches tout en ajustant l'allocation des ressources peut constituer une stratégie de reconfiguration efficace, car elle permet au système de s'adapter aux fluctuations de la demande avec un minimum de perturbations.

La conception d'un système reconfigurable, considérée comme une décision stratégique, implique l'attribution de tâches aux postes de travail et la réservation d'emplacements pour d'éventuelles allocations futures de ressources. En revanche, la planification de ses configurations, qui relève d'une décision opérationnelle, consiste quant à elle

à déterminer l'allocation appropriée des ressources afin de répondre aux besoins d'une période de demande spécifique. Bien que ces deux décisions soient intrinsèquement interdépendantes, elles sont généralement traitées séparément dans la littérature. Il est toutefois important d'intégrer la planification de configurations dès le début du processus de conception, car cela peut conduire à une utilisation plus efficace des ressources. **Le premier objectif de ce stage** est donc de proposer une approche intégrée qui combine la conception du système et la planification de ses configurations.

Un système reconfigurable peut être adapté aux exigences de chaque période de demande grâce à ses reconfigurations successives (voir Delorme et al. [2]), définies par une allocation spécifique des ressources et conduisant à un niveau de productivité approprié. L'objectif est de concevoir un tel système tout en tenant compte de ses éventuelles reconfigurations futures. Cela implique de prendre deux décisions clés : (i) déterminer l'attribution des tâches et (ii) planifier les différentes allocations de ressources qui permettent de répondre à plusieurs périodes de demande.

Le temps de traitement de chaque tâche, ainsi que les relations de précédence entre les tâches, sont supposés être connus. Le temps nécessaire pour terminer un produit sur un poste de travail dépend à la fois de sa charge et du nombre de ressources qui lui sont allouées. La productivité d'une configuration est donc déterminée par le poste de travail qui prend le plus de temps pour terminer un produit. Une approche basée sur des scénarios est envisagée dans ce stage pour représenter les fluctuations potentielles de la demande. L'objectif est de trouver l'affectation des tâches (ou la conception) à partir de laquelle les configurations les plus efficaces peuvent être dérivées afin de répondre aux exigences de multiples périodes de demande dans divers scénarios.

Le problème décrit ci-dessus est modélisé sous la forme d'un programme linéaire stochastique en nombres entiers visant à déterminer l'affectation des tâches et l'allocation des ressources pour chaque période afin de satisfaire la demande et de minimiser le nombre moyen de ressources utilisées sur l'ensemble des périodes et des scénarios de demande.

À mesure que le nombre de scénarios et de périodes de demande augmente, la résolution de manière exacte du modèle stochastique devient difficile. Ainsi, **le second objectif de ce stage** est de faire recours à la méthode $\mathcal{L}$-shaped (voir Birge et Louveaux [3]), qui peut être vue comme une extension de la décomposition de Benders pour le programmation stochastique. Cette méthode permet ainsi de décomposer le problème monolithique initial en un problème maître, vu comme une relaxation du problème de départ et modélisant les décisions de première étape avant la réalisation de l'incertitude, et une série de sous-problèmes de taille réduite représentant le recours pour chaque scénario (les décisions de second étape après la connaissance du scénario réalisé). Le processus de résolution est donc cyclique et itératif, et consiste à traiter d'abord le problème maître dont la solution (optimale ou réalisable) influence la résolution (souvent de manière polynomiale) de ses sous-problèmes, ce qui permet de former de nouvelles coupes qui sont ensuite ajoutées au problème maître pour les itérations suivantes. L'ajout de ces coupes permet une convergence itérative vers une solution optimale du problème initial. L'étude de plusieurs variantes de la méthode $\mathcal{L}$-shaped est envisagée, à savoir la mono-coupe et la multi-coupe, ainsi que certaines de ses améliorations telles que la stabilisation et le regroupement de scénarios.

La personne retenue sera basée au sein de l'équipe MODELIS du laboratoire LS2N (UMR CNRS 6004). La durée souhaitée pour ce stage est de 5-6 mois dont la date de début est flexible.

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 M1
3. Rapport de stage L3 (ou Rapport de projet de fin d'année en L3)
4. Rapport de stage M1 (ou Rapport de TER en M1)
5. Lettre de motivation

La date limite d'envoi du dossier complet est le 7 décembre 2025 à 22h00 à l'adresse suivante : `research.ls2n@gmail.com`

Références

[1] **Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G., Van Brussel, H.** (1999). Reconfigurable manufacturing systems. *CIRP Annals* 48(2) :527-540. `https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63232-6`.

[2] **Delorme, X. Cerqueus, A. Gianessi, P. Lamy, D.** (2023). RMS balancing and planning under uncertain demand and energy cost considerations. *International Journal of Production Economics* 261 : 108873. `https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108873`.

[3] **Birge J. R., Louveaux, F.** (2011). Introduction to Stochastic Programming. 2nd ed. Springer New York. `https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0237-4`.