

Planification collaborative décentralisée des chaînes logistiques en symbiose industrielle, basée sur des systèmes multi-agents.

Laboratoire d'accueil	Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (LAMIH)
Mots-clés	Économie circulaire, Symbiose industrielle, Planification de production décentralisée, Collaboration, Optimisation, Système multi-agents, Négociation.
Direction / co-encadrement de thèse	Directeur de thèse : Pr. Yves SALLEZ Co-encadrement de thèse : Dr. Cécilia DAQUIN et Pr. Emmanuelle GRISLIN
Début estimé du contrat	Octobre 2023

Contexte :

Depuis le début de l'ère industrielle, notre monde est dominé par l'économie linéaire dont la logique de fonctionnement peut se réduire à « produire, consommer, jeter ». Elle se caractérise par une dégradation extrême de l'environnement ainsi qu'un énorme gaspillage de ressources. Face à ce constat, de nouveaux modèles économiques émergent, dont l'économie circulaire qui vise à réduire l'empreinte environnementale tout en développant le bien-être social.

Parmi les piliers de l'économie circulaire, l'écologie industrielle limite l'impact des industries sur l'environnement en les faisant collaborer à travers des symbioses industrielles (SI). Ces dernières permettent entre autres la valorisation des déchets issus d'un processus de production d'une entreprise, appelés sous-produits, en les utilisant comme matières premières pour un processus de production dans une autre entreprise.

La mise en place et le fonctionnement de symbioses industrielles n'est pas chose facile. Une des conditions nécessaires pour le bon fonctionnement d'une symbiose industrielle est la confiance et une collaboration forte entre les partenaires. Ce domaine de recherche a suscité beaucoup d'intérêt ces dernières années mais de nombreux aspects restent à explorer (Daquin et al., 2023 ; Daquin et al., 2019 ; Suzanne et al., 2020).

C'est donc dans ce cadre d'économie circulaire que les travaux de thèse de C. Daquin (2020) ont visé à optimiser la planification de la production des chaînes logistiques qui collaborent au sein d'une symbiose industrielle (fig.1). L'enjeu était alors de proposer aux acteurs impliqués des scénarios qui assurent la stabilité et la pérennité de la symbiose. Parmi les approches proposées, une approche décentralisée basée sur la négociation entre deux acteurs de la SI avait pour but de trouver un accord sur le flux de symbiose. Une limite de cette approche décentralisée est que le processus de négociation est simulé à travers le développement d'un programme algorithmique, nécessitant l'anticipation des décisions possibles des acteurs de la symbiose pour avoir un processus de négociation complet. Il en résulte un algorithme complexe, pourtant limité à deux acteurs. Étendre cette même approche à une chaîne de symbiose à N acteurs serait difficile, voire impossible à mettre en place.

Un système multi-agent (SMA), objet de recherche en intelligence artificielle, est un système incluant un ensemble d'agents qui interagissent, le plus souvent, selon des modes de coopération, de concurrence ou de coexistence. En interagissant, les agents ne se contentent pas simplement d'échanger des données mais ils sont engagés dans des scénarios, qu'ils soient en compétition ou qu'ils coopèrent. Ces communications ont pour but d'atteindre un accord, de prendre collectivement des décisions en négociant, en votant, en argumentant, en participant à des enchères ou en formant des coalitions (Mezgebe et al., 2020 ; Sarkar et al., 2022).

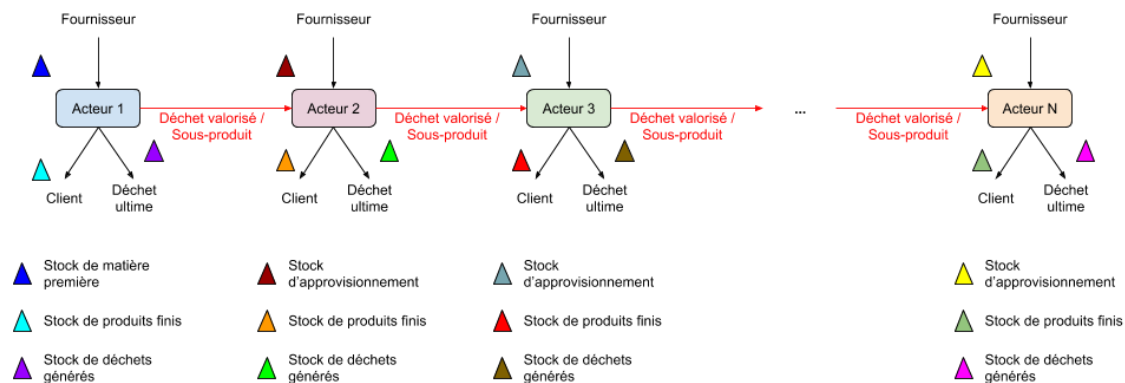


Fig. 1 - Planification d'une symbiose industrielle à N acteurs

Objectifs :

L'objectif est d'étendre les travaux précédemment cités en proposant des approches décentralisées pour l'optimisation de la planification de production de N chaînes logistiques qui collaborent dans une symbiose industrielle. L'enjeu est d'assurer la stabilité et la pérennité d'une symbiose industrielle ainsi que le bon fonctionnement de sa planification de production, tout en faisant en sorte que les approches utilisées soient parlantes et intéressantes pour l'industrie, dans le but de la promouvoir pour l'intérêt commun. Pour cela, des approches basées sur des systèmes multi-agents seront élaborées afin d'aboutir à un accord voir à un consensus mutuel sur le flux de symbiose entre les N acteurs de façon à ce que chaque acteur soit satisfait et n'ait aucun intérêt à quitter la symbiose. Ces approches devront évoluer selon le degré de collaboration souhaité entre les acteurs. De plus, celles-ci pourraient notamment être basées sur des algorithmes d'apprentissage tels que le Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL) (Bahrpeyma et Reichelt, 2022 ; Zhang et al., 2021). L'efficacité et la performance des approches devront être évaluées.

Profil recherché :

Le candidat doit avoir une bonne maîtrise dans au moins un des domaines suivants :

- Recherche opérationnelle (modélisation mathématique, programmation linéaire, optimisation combinatoire...);
- Systèmes multi-agents.

Une expérience en développement informatique ou en intelligence artificielle serait un plus (principalement langage Python ou Java). Ce profil correspond à celui des élèves ayant obtenu un Diplôme en Master en Génie Industriel, Logistique ou Informatique, mais aussi un Diplôme d'une Grande École d'Ingénieur ou d'autres formations similaires à l'international. Une bonne maîtrise de l'anglais est requise.

Candidatures :

Les candidats intéressés devront :

1. Déposer leur candidature sur la plateforme ADUM : <https://adum.fr/candidature/index.pl?site=UPHF>
2. Et transmettre par email à yves.sallez@uphf.fr et cecilia.daquin@uphf.fr un dossier comportant :
 - un Curriculum Vitæ détaillé;
 - un relevé complet des notes de Master (M1 et M2), École d'Ingénieur ou équivalent étranger ;
 - une lettre de motivation (2 pages maximum) ;
 - une à deux lettres de recommandation.

Dates :

Réception des dossiers : jusqu'au 5 mai 2023
Présélection : basée sur les dossiers
Sélection : en visioconférence les 9-11 mai 2023

Références bibliographiques :

- Bahrpeyma, F., Reichelt, D. (2022). A review of the applications of multi-agent reinforcement learning in smart factories. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, no. 1027340.
- Daquin, C.. Planification collaborative des chaînes logistiques en Symbiose Industrielle. Université d'Artois. Thèse, soutenue en 2020.
- Daquin, C., Allaoui, H., Goncalves, G., Hsu, T. (2023). Centralized Collaborative Planning of an Industrial Symbiosis: Mixed-integer linear model. *Computers & Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109171>.
- Daquin, C., Allaoui, H., Goncalves, G., Hsu, T. (2019). Collaborative Lot-Sizing problem for an Industrial Symbiosis. *IFAC-PapersOnLine* 52, 1325–1330.
- Suzanne, E., Absi, N., Borodin, V. (2020). Towards circular economy in production planning: Challenges and opportunities. *European Journal of Operational Research*, 287(1), 168-190.
- Mezgebe, T.T., Bril El Haouzi, H., Demesure, G., Pannequin, R., Thomas, A. (2020). Multi-agent systems negotiation to deal with dynamic scheduling in disturbed industrial context. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31 (6), 1367-1382.
- Sarkar, S, Curado Malta, M, Dutta, A. (2022). A survey on applications of coalition formation in multi-agent systems. *Concurrency and Computation Practice and Experience*. 34(11):e6876.
- Zhang, K., Yang, Z., and Başar, T. (2021). Multi-agent reinforcement learning: A selective overview of theories and algorithms. In: Vamvoudakis, K.G., Wan, Y., Lewis, F.L., Cansever, D. (eds) *Handbook of Reinforcement Learning and Control*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 325. Springer, 321–384.

(English version)

Decentralized collaborative planning of supply chains in industrial symbiosis, based on multi-agent systems.

Host laboratory	Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (LAMIH)
Keywords	Circular economy, Industrial symbiosis, Decentralized production planning, Collaboration, Optimization, Multi-agent system, Negotiation.
Supervisor(s)	Main supervisor : Pr. Yves SALLEZ Co-supervisor : Dr. Cécilia DAQUIN and Pr. Emmanuelle GRISLIN
Expected Start of contract	October 2023

Context:

Since the beginning of the industrial era, our world is dominated by the linear economy whose operating logic can be reduced to “produce, consume, throw away”. It is characterized by extreme environmental degradation and enormous waste of resources. Faced with this observation, new economic models are emerging, including the circular economy, which aims to reduce the environmental footprint while developing social well-being.

Among the pillars of the circular economy, industrial ecology limits the impact of industries on the environment by having them collaborate through industrial symbioses (IS). The latter allow, among other things, the upcycling of waste from a company’s production process, called by-products, by using them as raw materials for a different company’s production process.

The establishment and operation of industrial symbioses is not easy. One of the necessary conditions for the success of an industrial symbiosis is collaboration and strong trust between the involved partners. This area of research has generated a lot of interest in recent years, but many aspects remain unexplored (Daquin et al., 2023; Daquin et al., 2019; Suzanne et al., 2020).

Therefore, it is within this circular economy framework that the thesis work of C. Daquin (2020) aimed to optimize the production planning of supply chains that collaborate within an industrial symbiosis (fig.1). The challenge was then to propose to the actors involved scenarios that ensure the stability and sustainability of the symbiosis. Among the proposed approaches, a decentralized approach based on negotiation between two IS actors aimed to find an agreement on the flow of symbiosis. A limit of this decentralized approach is that the negotiation process is simulated through the development of an algorithmic program, requiring the anticipation of possible decisions of the actors of the symbiosis to have a complete negotiation process. The result is a complex algorithm, yet limited to two actors. Extending this same approach to a symbiosis chain with N actors would be difficult, even impossible, to implement.

A multi-agent system (MAS), object of research in artificial intelligence, is a system including a set of agents which interact, most often, according to modes of cooperation, competition or coexistence. By interacting, agents do not only exchange data but they are engaged in scenarios, whether they are competing or cooperating. These communications are intended to reach an agreement, collectively make decisions by negotiating, voting, arguing, participating in auctions or forming coalitions (Mezgebe et al., 2020; Sarkar et al., 2022).

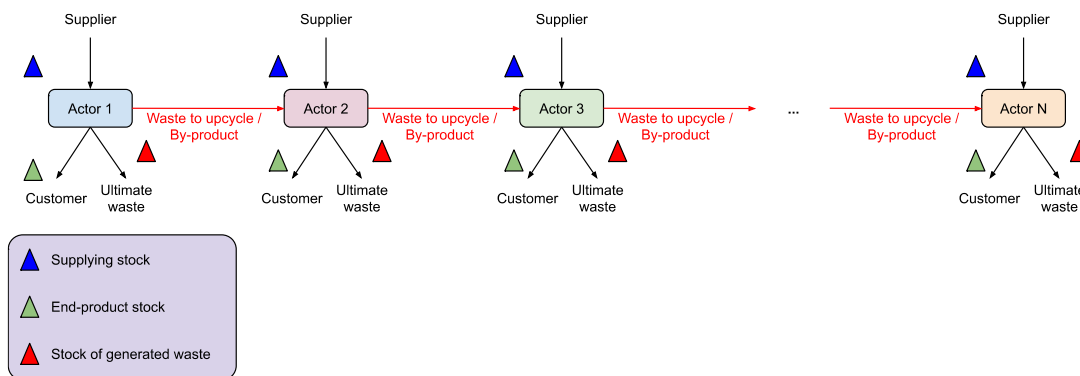


Fig. 1 – Planification of an industrial symbiosis with N actors

Goals:

The objective is to extend the previously cited works by proposing decentralized approaches for optimizing the production planning of N supply chains which collaborate in an industrial symbiosis. The challenge is to ensure the stability and sustainability of an industrial symbiosis as well as the proper functioning of its production planning, while ensuring that the approaches used are meaningful and interesting for industry, with the aim of promote it for the common good. For this, approaches based on multi-agent systems will be developed in order to reach an agreement or even a mutual consensus on the flow of symbiosis between the N actors so that each actor is satisfied and has no interest. to leave the symbiosis. These approaches will have to evolve according to the desired degree of collaboration between the actors. In addition, these could in particular be based on learning algorithms, such as Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL) (Bahrepeyma et Reichelt, 2022; Zhang et al., 2021). The effectiveness and performance of the approaches will be evaluated.

Candidate profile:

The candidate must have a good mastery of at least one of the following areas:

- Operational research (mathematical modeling, linear programming, combinatorial optimization, etc.);
- Multi-agent systems.

Experiences in computer development or artificial intelligence would be appreciated (mainly Python or Java language).

This profile corresponds to students who have obtained a Master's degree in Industrial Engineering, Logistics or Computer Science, but also a Diploma from an engineering school or other similar training abroad. A good command of English is required.

Applications:

Interested candidates should:

1. Submit their application on the ADUM platform: <https://adum.fr/candidature/index.pl?site=UPHF>
2. And send by email to yves.sallez@uphf.fr and cecilia.daquin@uphf.fr a file containing:
 - a detailed Curriculum Vitae;
 - a copy of the Master transcripts (M1 and M2, engineering school or foreign equivalent);
 - a cover letter (2 pages maximum);
 - one or two recommendation letters.

Dates:

Application deadline : until May,5th 2023
Shortlisting : file-based
Selection : by videoconference on May 9-11, 2023

References:

- Bahrpeyma, F., Reichelt, D. (2022). A review of the applications of multi-agent reinforcement learning in smart factories. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, no. 1027340.
- Daquin, C.. Planification collaborative des chaînes logistiques en Symbiose Industrielle. Université d'Artois. Thesis, defended in 2020.
- Daquin, C., Allaoui, H., Goncalves, G., Hsu, T. (2023). Centralized Collaborative Planning of an Industrial Symbiosis: Mixed-integer linear model. *Computers & Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109171>.
- Daquin, C., Allaoui, H., Goncalves, G., Hsu, T. (2019). Collaborative Lot-Sizing problem for an Industrial Symbiosis. *IFAC-PapersOnLine* 52, 1325–1330.
- Suzanne, E., Absi, N., Borodin, V. (2020). Towards circular economy in production planning: Challenges and opportunities. *European Journal of Operational Research*, 287(1), 168-190.
- Mezgebe, T.T., Bril El Haouzi, H., Demasure, G., Pannequin, R., Thomas, A. (2020). Multi-agent systems negotiation to deal with dynamic scheduling in disturbed industrial context. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31 (6), 1367-1382.
- Sarkar, S, Curado Malta, M, Dutta, A. (2022). A survey on applications of coalition formation in multi-agent systems. *Concurrency and Computation Practice and Experience*. 34(11):e6876.
- Zhang, K., Yang, Z., and Başar, T. (2021). Multi-agent reinforcement learning: A selective overview of theories and algorithms. In: Vamvoudakis, K.G., Wan, Y., Lewis, F.L., Cansever, D. (eds) *Handbook of Reinforcement Learning and Control*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 325. Springer, 321–384.