

# Conception et développement de chaînes logistiques inverses pour le développement de l'économie circulaire

## PARTENAIRES



## Département : Département d'Ingénierie des Systèmes Complexes

Cette thèse est une cotutelle entre l'ISAE SUPAERO et l'UQAM. Elle permet donc l'obtention d'un double diplôme de thèse (l'un français et l'autre canadien). La durée de la thèse est de quatre ans, dont les deux premières années s'effectuent à Montréal et les deux années suivantes à Toulouse.

## DESCRIPTION DU POSTE :

Pour relever les défis environnementaux actuels, les institutions encouragent de plus en plus la mise en place de chaînes logistiques inverses (ex. les Nations Unies dans leur 12e Objectif de Développement Durable : Faire mieux avec moins de ressources). Celles-ci visent à réduire les déchets et à maximiser la réutilisation des matières premières[1], contribuant ainsi à un usage plus durable des ressources.

Cependant, leur conception présente deux obstacles majeurs. D'une part, de nombreuses sources d'incertitudes doivent être prises en compte lors de la prise de décision[2]. En effet, au moment de la conception, il est souvent difficile de prévoir la quantité et l'état des produits en fin de vie qui seront collectés. De plus, la modélisation probabiliste de ces incertitudes est souvent complexe car les données historiques sont fréquemment inexistantes, imparfaites, incertaines, ou incomplètes [3,4]. Pour répondre à cette problématique, la littérature en théorie de la décision sous incertitude propose outils formels comme les fonctions de croyances, les probabilités imprécises et la théorie des possibilités[5]. Les approches robustes, très développées, visent à minimiser le risque en offrant la meilleure solution dans le pire des scénarios. Cependant, centrées sur l'aversion au

risque, ces approches tendent à négliger les opportunités pouvant se produire si le pire scénario est évité[6]. Des travaux récents basés sur des critères dits "bipolaires" [7,8] ouvrent la voie à une nouvelle visualisation de l'incertitude à la fois sous forme de risque et d'opportunité. Ces critères, cependant, s'appliquent seulement à des contextes de connaissance faible tels que la décision sous ignorance ou possibiliste, et ne sont pas adaptés aux contextes multicritères.

D'autre part, la conception des chaînes logistiques inverse doit répondre à des objectifs souvent contradictoires (par exemple des objectifs économiques, environnementaux, sociaux, de performance) pour assurer leur durabilité. Elle relève ainsi de l'optimisation multi-objectifs ou multi-critères qui implique de nombreuses solutions constituant un front de Pareto. Bien que diverses méthodes soient proposées dans la littérature pour sélectionner une solution parmi les points de ce front, la résolution de problèmes multicritères sous incertitude dans un cadre non probabiliste reste encore problématique [9] et dépendante des modèles de décision sous incertitude.

Dans ce contexte, la thèse a pour objectif de proposer la conception stratégique d'une chaîne logistique inverse. La chaîne conçue devra répondre à des objectifs économiques, sociaux et environnementaux. Pour cela, de nouveaux modèles de décision sous incertitude adaptés à un contexte multicritères devront être proposés. Ces modèles devront prendre en compte l'attitude du décideur face au risque pourront être basés sur des représentations de connaissance tels que les fonctions de croyances et les probabilités imprécises. Des cas particuliers comme les P-boxes et P-boxes généralisées [10] seront étudiés car ils offrent un compromis entre expressivité et compacité de représentation de la connaissance.

L'évolution de la chaîne dans le temps et sa résistance aux aléas seront analysées sous la forme d'un système dynamique, afin d'identifier les actions préventives et réactives nécessaires pour maximiser la robustesse du système.

Un cas d'application dans l'industrie aéronautique pourra être étudié. L'organisation de la thèse se découpera en plusieurs étapes :

- Réalisation d'un état de l'art pour étudier les modèles existants prenant en compte l'incertitude, afin d'identifier leurs potentialités, limites et propriétés dans un contexte multicritère.
- Proposition de nouveaux modèles pour répondre aux besoins identifiés dans le cadre des chaînes logistiques inverses.
- Développement d'algorithmes pour résoudre des problèmes d'optimisation combinatoire de grande taille avec ces nouveaux critères, et évaluation de leur efficacité. Des approches exactes (génération de colonnes, branch and bound) et approchées (métaheuristiques) seront utilisées.
- Étude d'un cas d'application.
- Valorisation des contributions à travers la publication d'articles scientifiques dans des revues internationales et des présentations en conférences.

### MODALITÉS DE CANDIDATURE :

Pour postuler, vous devrez envoyer votre dossier de candidature à Alain Haït (alain.hait@isae-supero.fr) et Zoé Krug (zoe.krug@isae-supero.fr).

Le dossier doit contenir :

- un CV
- une lettre de motivation
- votre dernier relevé de note
- une lettre de recommandation

### RÉFÉRENCES :

[1] DE BRITO, Marisa P. et DEKKER, Rommert. Modelling product returns in inventory control exploring the validity of general assumptions. International Journal of Production Economics, 2003, vol. 81, p. 25-241

[2] GOVINDAN, Kannan, FATTAHI, Mohammad, et KEYVANSHOKOOH, Esmail. Supply chain network design under uncertainty: A comprehensive review and future research directions. *European journal of operational research*, 2017, vol. 263, no 1, p. 108-141.

[3] Dubois, D., Prade, H., & Sandri, S. (1993). On possibility/probability transformations. In *Fuzzy logic* (pp. 103-112). Springer, Dordrecht.

[4] Durieux-Paris, S., & Paris, J. L. (2006, October). Robust manufacturing design using decision theory. In *2006 International Conference on Service Systems and Service Management (Vol. 2, pp. 1078-1083)*. IEEE.

[5] GOERIGK, Marc, GUILLAUME, Romain, KASPERSKI, Adam, et al. Robust optimization with belief functions. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2023, vol. 159, p. 108941.

[6] Ben-Tal, A., & Nemirovski, A. (1998). Robust convex optimization. *Mathematics of operations research*, 23(4), 769-805.

[7] Fargier, H., & Guillaume, R. (2020). Sequential decision making under ordinal uncertainty: A qualitative alternative to the Hurwicz criterion. *International Journal of Approximate Reasoning*, 116, 1-18.

[8] Krug, Z., Guillaume, R., & Battaïa, O. (2021). Exploring the opportunities in establishing a closed-loop supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Research*, 59(5), 1606-1625.

[9] Amor, N. B., Essghaier, F., & Fargier, H. (2014, July). Solving multi-criteria decision problems under possibilistic uncertainty using optimistic and pessimistic utilities. In *Page 3/4 International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems* (pp. 269-279). Springer, Cham.

[10] Destercke, S., Dubois, D., & Chojnacki, E. (2008). Unifying practical uncertainty representations-I: Generalized p-boxes. *International Journal of Approximate Reasoning*, 49(3), 649-663