

OFFRE DE THÈSE

Méthodes d'optimisation dynamique pour le remanufacturing :

Intégration des facteurs humains et des incertitudes dans la gestion opérationnelle des flux logistiques inverses

Établissement d'accueil	Mines Saint-Étienne (MSE) - Institut Henri Fayol
Laboratoire	LIMOS (UMR CNRS 6158)
Financement	Projet ANR ReCircle : Remanufacturing and Circular Economy Logistics
Partenaires du projet	MSE, IMT Nord Europe (IMT-NE), Université Clermont Auvergne (UCA)
Encadrement	Damien Lamy (MSE) - Mohammed-Amine Abdous (IMT-NE) - Xavier Delorme (MSE)
Durée	36 mois
Démarrage souhaité	Septembre 2026

Mots-clés : ordonnancement réactif, optimisation dynamique, économie circulaire, remanufacturing, facteurs humains, ergonomie, Job-Shop Flexible, Optimisation multi-ressource, Industrie 5.0.

Rejoindre Mines Saint-Étienne, c'est s'engager dans une institution où la science et l'innovation bâtissent un avenir plus durable. Classée parmi les meilleures écoles d'ingénieurs en France et reconnue mondialement, l'école, membre de l'Institut Mines-Télécom, forme les talents de demain tout en contribuant activement à relever les grands défis industriels, numériques et environnementaux. Avec nous, vous intégrez une communauté de 500 collaborateurs, 2500 étudiants, et participez à un projet ambitieux : conjuguer excellence académique, recherche d'avant-garde et impact sociétal positif. L'Institut Mines-Télécom fédère les grandes écoles françaises autour des défis industriels majeurs, numériques, énergétiques et écologiques. Avec ses 8 Grandes Écoles publiques et 2 écoles filiales, il est le premier institut public dédié aux ingénieurs et managers. Ensemble, nous imaginons et construisons un avenir durable, en formant les acteurs qui façonneront les transitions de demain.

Résilience, performance, durabilité : les grands défis de notre époque sont aussi ceux de l'Institut Henri Fayol. Ici se mêlent Informatique, Sciences des données, Management, Sciences humaines et sociales, Génie environnemental pour penser les systèmes complexes de demain : territoires, entreprises, filières industrielles.

1. Contexte général

Face à la raréfaction des ressources, et aux préoccupations sociétales, l'économie circulaire s'impose comme un modèle incontournable pour la durabilité des systèmes industriels, en visant à limiter la consommation de ressources et la génération de déchets. Le **remanufacturing** - processus de remise en état de produits usagés à un niveau de qualité comparable au neuf - constitue un levier clé de cette transition en s'inscrivant dans l'objectif des 3R (Réduire, Réutiliser, Recycler) et en contribuant directement aux Objectifs de Développement Durable, et notamment aux ODD 8 (Travail décent et croissance économique), 9 (Industrie, innovation et infrastructure) et 12 (Consommation et production responsables).

Ces activités s'inscrivent au sein de **chaînes logistiques inverses (Reverse Supply Chains - RSC)** impliquant plusieurs parties prenantes : des détaillants qui collectent les produits en fin de vie, des **prestataires logistiques** (3PL) assurant le transport, et des **usines de remanufacturing** (RF) qui réalisent le désassemblage, la réparation et le réassemblage. La coordination de ces acteurs, aux objectifs parfois divergents, représente un défi majeur.

Le projet **ANR ReCircle** vise à développer des modèles d'optimisation et des outils d'aide à la décision pour piloter ces chaînes au **niveau opérationnel**, en intégrant les trois dimensions d'une performance durable : économique (coûts, productivité), environnementale (émissions de CO₂, déchets réduits) et humaine (ergonomie, fatigue). Le projet regroupe trois partenaires académiques : Mines Saint-Étienne, IMT Nord Europe et l'Université Clermont Auvergne.

2. Problématique scientifique de la thèse

Les ateliers de remanufacturing présentent des caractéristiques qui les distinguent des ateliers de fabrication classiques, notamment en termes d'incertitudes et de leur nature. Les **gammes opératoires sont par exemple incertaines** : l'état du produit n'est réellement découvert qu'au fur et à mesure du désassemblage, entraînant des opérations conditionnelles, des durées de traitement variables et d'éventuels réacheminements vers d'autres postes de travail. La variabilité peut également affecter les dates d'arrivées des lots et leur volume [1], qui dépendent des retours de clients et des tournées de collecte. Dans ce contexte, la littérature récente montre que **les approches dynamiques ou réactives restent largement sous-explorées** [2].

Par ailleurs, ces systèmes sont généralement à **faible niveau d'automatisation**. Du fait des besoins en flexibilité et en adaptation, ils reposent principalement sur des **ressources humaines**, à haute valeur ajoutée, qui sont directement affectées par l'information qui est découverte au fur et à mesure. Cette forte dépendance aux RH implique que toute blessure, stress ou fatigue, peut nuire à la capacité du système à remettre rapidement en circulation des produits remanufacturés, ce qui peut conduire à l'utilisation excessive de matière première par d'autres systèmes de production basés sur une économie linéaire. Par ailleurs, du fait de la forte variabilité, de fréquents réordonnancements peuvent être nécessaires [3], ils doivent donc prendre en compte ces **ressources qualifiées** et intégrer

des **critères d'ergonomie** (stress, fatigue physique et cognitive) pour garantir des **conditions de travail acceptables tout en restant compétitif**.

Si des travaux ont abordé certains aspects mentionnés ci-dessus, ils ne semblent pas avoir traité conjointement l'incertitude associée aux gammes, la présence de ressources duales (RH et matériel) et la considération des facteurs humains dans un cadre d'une optimisation en temps réel de tels systèmes.

3. Objectifs et programme de recherche

L'objectif de la thèse est de proposer des approches permettant de **re-optimiser en continu** les décisions opérationnelles d'un atelier de remanufacturing face aux aléas, tout en maintenant des performances en termes de coûts, de qualité de service, d'ergonomie, et de performance environnementale. Deux axes de travail sont proposés :

Axe 1 : Méthode d'optimisation dynamique pour les problèmes combinatoires

Il s'agit ici d'aborder les différentes approches de la littérature appliquées aux **problèmes dynamiques** (réactif, temps réel, online, etc.) et de proposer une **approche applicable à différentes typologies de problèmes**. Les travaux consisteront à :

- Explorer les mécanismes de re-optimisation temps réel face aux aléas ;
- Exploiter des informations partielles pour prévoir de possibles futurs aléas et anticiper les solutions à proposer ;
- Identifier les éléments généralisables et leurs limites, notamment en cas d'indisponibilité sur les informations pertinentes ;
- Proposer des améliorations en termes de qualité des solutions basées sur des méthodes hybrides : optimisation/apprentissage, optimisation/simulation.

Axe 2 : Application au cas de l'ordonnancement temps réel d'un atelier de remanufacturing de type Dual-resource Flexible Job-Shop sous incertitude

Il s'agit ici d'aborder l'ordonnancement d'un atelier de remanufacturing caractérisé par des **ressources duales** (une machine avec un opérateur qualifié) et des **gammes opératoires incertaines** (opérations conditionnelles, retouches, durées variables). L'humain étant au cœur d'un tel système, les objectifs de performance visés doivent intégrer une composante forte en termes d'ergonomie (fatigue, temps de pause, etc.). Les travaux consisteront à :

- Modéliser le problème dans un cadre statique, et le résoudre au travers de méthodes approchées (métaheuristiques) ;
- Adapter et valider l'approche d'optimisation temps réel en tenant compte de contraintes sur les ressources humaines ;

4. Environnement scientifique

La personne recrutée sera accueillie à **l'école des Mines de Saint-Etienne** (Institut Henri Fayol), et sera rattaché au LIMOS (Laboratoire d'Informatique, de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes - UMR CNRS 6158). Il ou elle bénéficiera également de l'environnement de recherche du **CERI-SN** d'IMT Nord Europe, avec des séjours à Douai.

Les deux établissements offrent un cadre de recherche reconnu en optimisation combinatoire, gestion de production, logistique, ergonomie et facteurs humains, avec un accès à des plateformes technologiques (IT'm Factory, Maq'lt) pour la validation expérimentale. La thèse s'inscrit dans un cadre collaboratif inter-établissements, avec des interactions régulières avec les partenaires académiques du projet.

5. Profil recherché

- Diplôme de Master recherche ou d'ingénieur (Bac+5) en Recherche Opérationnelle, Informatique, ou Génie industriel.
- Solides connaissances en optimisation combinatoire : ordonnancement (Job-Shop, Flow-Shop), métaheuristiques (Recherches locales, algorithmes évolutionnaires, ...), modélisation mathématique (MILP).
- Des connaissances en gestion de production, logistique inverse ou facteurs humains seraient appréciées. Un intérêt pour la simulation à événements discrets serait un plus.
- Compétences en programmation (C++, Java, ou Python).
- Autonomie, rigueur scientifique, curiosité et capacité à travailler dans un contexte collaboratif multisites.
- Maîtrise de l'anglais scientifique (lecture et rédaction d'articles).

6. Candidature

Dossier à transmettre par **email avant le 30/06/2026** :

- CV détaillé ;
- Relevés de notes de Master (ou équivalent) ;
- Lettre de motivation ;
- Une ou plusieurs lettres de recommandation ;
- Eventuellement un mémoire de stage ou rapport de projet en lien avec l'optimisation.

Contacts :

- Damien Lamy - damien.lamy@emse.fr (Mines Saint-Étienne)
- Mohammed-Amine Abdous - amine.abdous@imt-nord-europe.fr (IMT Nord Europe)

References Bibliographiques

- [1] A. Dudkowiak, D. Grajewski, et E. Dostatni, « A Systematic Literature Review of Artificial Intelligence Methods in Remanufacturing », *IEEE Access*, vol. 13, p. 215897-215910, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3646974.
- [2] W. Zheng *et al.*, « Remanufacturing Scheduling Toward Sustainable Economy: A Comprehensive Analysis on Academic Research and Industry Practice », *Sustainability*, vol. 18, n° 8, p. 3662, avr. 2026, doi: 10.3390/su18083662.
- [3] C. Castiglione, A. Alfieri, et E. Pastore, « Circular economy at scheduling level: influencing factors and impacts on system performance », *Int. J. Prod. Res.*, p. 1-22, sept. 2025, doi: 10.1080/00207543.2025.2562970.