

THÈSE DE DOCTORAT DE

NANTES UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE N° 641
*Mathématiques et Sciences et Technologies
de l'Information et de la Communication*
Spécialité : *Informatique*

Par

Emmanuelle Amann

**Contribution à l'optimisation du tri du courrier : Application aux
plateformes industrielles de tri de La Poste**

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 12/03/2026

Unité de recherche : Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes

Thèse N° : « si pertinent »

Rapporteurs avant soutenance :

Olga Battaïa
Jean-Charles Billaut

Professeur, Kedge Business School, Talence
Professeur, Université de Tours

Composition du Jury :

Président : Prénom NOM
Examineurs : Öncü Hazır
Sylvie Norre
Dir. de thèse : Nasser Mebarki
Co-enc. de thèse : Evgeny Gurevsky
Arnaud Laurent

Fonction et établissement d'exercice (*à préciser après la soutenance*)
Professeur, Rennes School of Business
Professeur, Université Clermont Auvergne
Professeur, Nantes Université
Maître de Conférences HDR, Nantes Université
Maître de Conférences, Nantes Université

Invité :

Thierry Auger

Responsable du SI Tri de la Direction Technique, La Poste, Nantes

Titre : Contribution à l'optimisation du tri du courrier : Application aux plateformes industrielles de tri de La Poste

Mot clés : tri postal, équilibrage de charges, bin packing vectoriel, heuristiques, PLNE

Résumé : Depuis le début de ce siècle, le domaine postal connaît de grands changements liés à la transition industrielle et technologique moderne. En France, le volume de courriers à distribuer par les facteurs ne cesse de diminuer. Face à ces changements, La Poste doit réorganiser ses processus afin de maintenir la qualité de ses services et son efficacité opérationnelle auprès de ses clients.

Les plateformes industrielles sont le maillon central de l'acheminement des courriers de l'expéditeur au destinataire. Les différentes étapes de tri qui y sont réalisées sont historiquement organisées de manière statique. Le volume de courriers à traiter est estimé de manière statistique selon le jour de traitement.

Ces travaux de thèse se focalisent sur la dernière étape de tri, celle de la préparation des courriers pour la distribution par les facteurs. Elle s'effectue en deux étapes pour ordonner dans l'ordre de distribution les courriers de chaque facteur. Face à la chute du trafic postal, l'omission du volume réel de courriers à traiter entraîne des complications techniques sur les machines de tri.

Dans un premier temps, nous nous intéressons au remplissage inégal des sorties des machines lors de la première étape de ce tri. Nous le modélisons alors comme une variante d'un problème d'équilibrage de lignes d'assemblage (SALBP-2), dans lequel les courriers (tâches) sont attribués à des sorties (stations) de manière à minimiser les déséquilibres de charge tout en respectant les contraintes de précédences existantes

entre les courriers d'une même tournée. Ces contraintes prennent la forme de chaînes indépendantes, car chaque itinéraire postal suit une séquence de distribution fixe. En considérant la réalité du trafic postal quotidien, nous proposons un programme linéaire et des méthodes de résolution approchées pour obtenir une allocation des courriers sur les sorties qui optimise l'équilibrage des charges sur l'ensemble de la machine. L'une de ces méthodes a été rapidement implémentée à La Poste et est maintenant utilisée quotidiennement dans les 24 plateformes industrielles en France.

Suite à l'implémentation de ces travaux dans la réalité industrielle, nous avons été confrontés à un problème d'optimisation à l'échelle supérieure. La considération du trafic réel à trier et l'équilibrage des charges sur les sorties ont permis de gagner de la place sur ces machines et de mettre en valeur les limites de l'organisation statique des étapes de tri. Afin d'augmenter la rentabilité des machines de tri, il est nécessaire de réduire au minimum le nombre de tri réalisés sur ces machines à partir d'un ensemble de tournées et de courriers donnés. Ce problème peut être considéré comme une variante du problème de Bin-Packing vectoriel, avec une structure particulière des éléments vectoriels. Pour résoudre ce problème, nous proposons un modèle de programmation linéaire binaire et une heuristique inspirée de la méthode First-Fit. Ces méthodes sont testées sur deux classes d'instances théoriques et ont montré leur potentiel sur des instances réelles de données postales.

Title: Contribution to the optimization of the mail sorting process: Application to the industrial sorting platforms at La Poste

Keywords: mail sorting, load balancing, vector bin packing, heuristics, MILP

Abstract: Since the beginning of this century, the postal sector has undergone major changes linked to modern industrial and technological transition. In France, the volume of mail to be delivered by postmen and women has been steadily declining. Faced with these changes, La Poste has had to reorganise its processes in order to maintain the quality of its services and its operational efficiency for its customers.

Industrial platforms are the central link in the delivery of mail from sender to recipient. The various sorting stages carried out there have historically been organised statically. The volume of mail to be processed is estimated statistically according to the day of processing.

This thesis focuses on the final sorting stage, which involves preparing mail for delivery by postmen. This is carried out in two stages to sort each postman's mail into delivery order. With the decline in postal traffic, omitting the actual volume of mail to be processed leads to technical complications for the sorting machines.

First, we focus on the uneven filling of machine outputs during the first stage of this sorting process. We model this as a variant of an assembly line balancing problem (SALBP-2), in which letters (tasks) are assigned to outputs (stations) in such a way as to minimise load imbalances while respecting the existing

precedence constraints between letters on the same route. These constraints take the form of independent chains, as each postal route follows a fixed delivery sequence. Taking into account the reality of daily postal traffic, we propose a linear programme and approximate solution methods to obtain a mail allocation to outputs that optimises load balancing across the entire machine. One of these methods was quickly implemented at La Poste and is now used daily in 24 industrial platforms in France.

Following the implementation of this work in an industrial setting, we were faced with a higher-level optimisation problem. Taking into account the actual traffic to be sorted and balancing the loads on the outputs made it possible to save space on these machines and highlight the limitations of the static organisation of the sorting stages. In order to increase the profitability of sorting machines, it is necessary to minimise the number of sorts performed on these machines from a given set of rounds and mail items. This problem can be considered as a variant of the vector Bin-Packing problem, with a particular structure of vector elements. To solve this problem, we propose a binary linear programming model and a heuristic inspired by the First-Fit method. These methods have been tested on two classes of theoretical instances and have demonstrated their potential on real instances of postal data.

