

Modèle de planification du reconditionnement et de la remise à neuf de produits électroniques grand public : complexité, approche heuristique et résultats numériques

Xavier Schepler¹, Nabil Absi², Antoine Jeanjean^{1,3}

¹ Recommerce Lab, Recommerce Group, 54 avenue Lénine, 94250 Gentilly, France
{xavier.schepler,antoine.jeanjean}@recommerce.com

² Ecole des Mines de Saint-Etienne et UMR CNRS 6158 LIMOS, F-13541, Gardanne, France
absi@emse.fr

³ OPT2A - Optimization Augmented Analytics, 33800, Bordeaux, France

Mots-clés : *Planification, Reconditionnement, Remise à neuf, Économie circulaire, Relaxation et fixation*

1 Contexte

La production de nos smartphones, ordinateurs et autres produits électroniques grand public a un impact très lourd sur l'environnement. La moitié des émissions carbone du secteur du numérique (4% des émissions mondiales) proviennent de la production de ces appareils. Étendre leur durée d'utilisation contribue donc à limiter cet impact environnemental. Dans cette perspective, leur reconditionnement ou leur remise à neuf, après leur reprise à leur dernier propriétaire, permet de les revendre et de leur offrir une nouvelle vie.

Toutefois, la reprise, le traitement et la revente de ces appareils usagés requièrent un modèle économique viable. Une entreprise qui achète par exemple des smartphones usagés est amenée à s'engager sur des prix de reprise sur un large catalogue de produits, et doit s'assurer que les coûts logistiques, de test, de réparation et de revente permettront de revendre les appareils collectés de façon rentable. Ces activités doivent optimiser l'utilisation des ressources disponibles et écouler les stocks rapidement afin de limiter la dépréciation rapide des smartphones.

Dans ce contexte, nous nous intéressons à la résolution du problème tactique de Planification du Reconditionnement et de la Remise à neuf, du point de vue d'un reconditionneur, que nous notons *PRR*. Une modélisation et une formulation en tant que programme linéaire en variables mixtes ont été proposées dans [1]. La revue de la littérature [2] montre que peu ou pas de travaux s'intéressent au reconditionnement du point de vue d'un reconditionneur.

2 Présentation du problème *PRR*

Les produits collectés aux différents canaux doivent être aiguillés vers les centres de test, selon leurs capacités et les coûts afférents. En atelier, une règle métier impose de traiter les produits par ordre d'arrivée (First-In First-Out, FIFO). Le stockage éventuel d'un produit se fait à un coût dépendant de la période. Ensuite, il s'agit de constituer des lots de remise à neuf, effectuée par un prestataire, imposant des contraintes de tailles minimum et maximum sur les palettes qui lui sont envoyées. Les réparations légères sont quant à elle effectuées dans les centres de test. Finalement, ces produits traités sont revendus, avec une demande exprimée par catégorie de produits, et à un prix diminuant d'une période à une autre, à cause de la dépréciation. L'objectif est de maximiser la rentabilité de l'activité, exprimée comme la différence entre chiffre d'affaire et les différents coûts. *PRR* est illustré sur la Figure 1. Bien qu'un seul canal de collecte de chaque type y soit représenté, le modèle permet d'en avoir plusieurs.

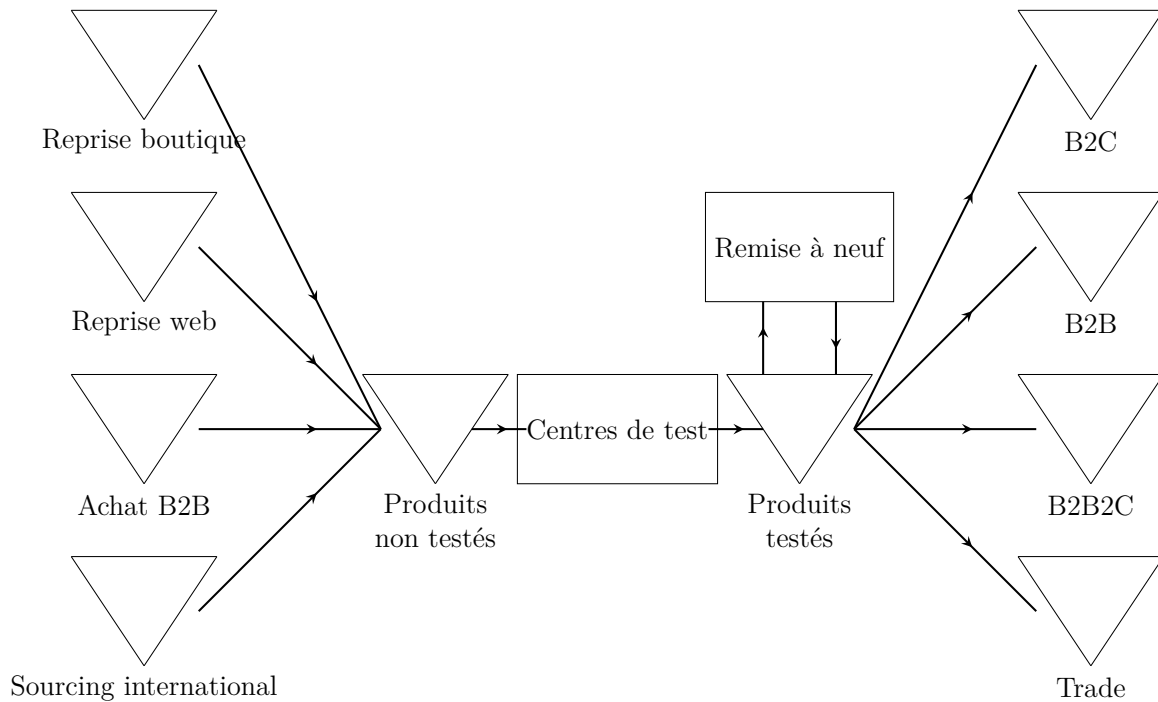


FIG. 1 – Description du problème - Planification des flux de produits électroniques grand public usagés, de la collecte à la revente

3 Nouveaux résultats

Après avoir présenté plus précisément *PRR* et l'avoir positionné dans la littérature, nous nous intéresserons à sa complexité, avec et sans la règle FIFO. Nous montrerons que ce problème est NP-difficile dans les deux cas, en utilisant une réduction au problème du sac-à-dos [3].

Puis, nous proposerons une approche de résolution heuristique basée sur la programmation mathématique, de type relaxation et fixation [4], tirant parti des bonnes propriétés numériques de la formulation de *PRR* en tant que programme linéaire en variables mixtes. Différentes stratégies de partitionnement des variables entières par fenêtre de temps seront considérées, en faisant varier la largeur de la fenêtre, avec ou sans chevauchement de deux fenêtres consécutives.

Finalement, des expériences numériques réalisées avec des instances réalistes, inspirées par les activités de Recommerce Group, permettront de valider une approche de résolution heuristique limitant le nombre de sous-problèmes, fournissant des solutions quasi-optimales, et de présenter des résultats sur la gestion de l'activité de reconditionnement et de remise à neuf.

Références

- [1] A. Jeanjean, N. Absi - Modèle de planification pour les activités de recommerce de produits électroniques - MOSIM 2018, Toulouse, 2018
- [2] Suzanne E., Absi N., Borodin V. - Towards circular economy in production planning : Challenges and opportunities. - European Journal of Operational Research 2020
- [3] Garey M. R., Johnson, D. S. - Computers and intractability 1979
- [4] Pochet Y., Wolsey L. A. - Production planning by mixed integer programming - Springer Science & Business Media 2006