

Optimisation d'un réseau logistique multi-flux par apprentissage de son comportement

Yoann Volpi

Mars 2021

1 Résumé

Avec la montée en puissance du commerce en ligne, le renforcement des commerces plus proches des centre-villes et la multiplication des références disponibles pour les consommateurs, les flux logistiques deviennent de plus en plus complexes. Cette complexité vient du nombre important de références produits, de la multitude de routes disponibles, du côté dynamique des zones de stockage et de la variabilité de la production et de l'offre.

Le réseau comprend des usines de production, des entrepôts de stockage intermédiaires ainsi que des clients. Il a deux critères d'optimisation. Le plus important est la minimisation du nombre de produits non livrés. Le second est la minimisation du coût total (stockage et transport). Chaque usine produit des différents produits. Chaque entrepôt peut stocker ces produits en-dessous de sa capacité de stockage. Chaque client passe des commandes. Une commande revient à demander la livraison d'un certain nombre de produits dans une fourchette de temps. Les biens sont transportés dans des routes simples (origine, destination) ou dans des lignes de transport (chemin parcourant plusieurs entrepôts et clients) au moyen d'un véhicule ayant une certaine capacité de transport. Les transports sont programmés dans le temps: un transport ne peut charger que des marchandises disponibles à la date de son départ. Chaque activation d'une route ou d'une ligne a un coût de transport fixe.

L'originalité du problème vient de la combinaison de lignes de transport et des données dynamiques. En effet, certaines données peuvent changer au cours du temps.

On a d'abord commencé par étudier le problème au niveau statique avec uniquement des usines et des entrepôts pour faire tourner une méthode exacte comme la programmation dynamique. Cette méthode marche s'il y a un seul type de produit et au plus deux usines et deux entrepôts car le nombre de solutions possibles à évaluer explose avec le nombre d'usines, le nombre de clients et le nombre de produits différents. Nous sommes donc rapidement passé à des heuristiques comme le recuit simulé. Cette méthode s'est révélée efficace sur des petits réseaux contenant uniquement des usines et des entrepôts. Cependant, l'algorithme a manqué d'efficacité face à un réseau contenant des clients. En effet, la meilleure solution trouvée viole souvent certaines contraintes au niveau du stockage et laisse un nombre non négligeable de produits non livrés. Nous l'avons alors modifié pour qu'il alterne entre le côté (usine-entrepôt) et le côté (entrepôt-client). De plus, on a ajouté un apprentissage au niveau des probabilités sur les types d'opérations à effectuer pour améliorer la meilleure solution trouvée. Suite à ces améliorations, le recuit simulé trouve des solutions de meilleure qualité, mais lentement: pour certains réseaux, il faut faire tourner l'algorithme une vingtaine de fois pour passer en-dessous de cinq pourcent de produits non livrés. Enfin, les expériences sur des commandes dynamiques ont été effectuées pour mesurer la souplesse de l'algorithme implémenté. On a vu que la solution est rapidement modifiée de vingt pourcent avec le pourcentage de modification des commandes clientèles, ce qui montre à quel point l'algorithme est flexible.