

Sujet 7: Modèles de planification tactique et opérationnelle: routage, distribution, et ordonnancement

MSE3312: Planification de production et gestion des opérations

Andrew J. Miller

Dernière mise à jour: [December 12, 2011](#)

Dans ce sujet...

- 1 Distribution

- 2 Problèmes de routage

- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection

- 4 Problèmes d'ordonnancement

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

Planification de distribution

Nous avons déjà vu des exemples de la modification des décisions de distribution comme des flôts.

Par exemples, si on fixe des variables de localisation dans des modèles stratégique, ces problèmes deviennent des problèmes de distribution.

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

Caractéristiques

- un dépôt, où un petit nombre de dépôts
- un réseau routier
 - autoroutes, rues, orientations, intersections, distances
 - temps de voyage (dépendent beaucoup de la circulation)
- un ensemble de clients, pour lesquelles il faut planifier des livraisons et/ou des collections
 - quantité demandée
 - fenêtres de temps
 - emplacement des clients
- un ensemble de véhicules (camions)
 - capacités
 - coûts de transports
 - coûts et contraintes opérationnels et de main d'œuvre

Contraintes typiques

- Satisfaction des demandes de service
- Réalisabilité des routes
- Respect des capacités des véhicules et de main d'œuvre

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

Modèle

N routes possibles

M clients à livrer

Un modèle pour choisir l'ensemble de routes à effectuer :

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^N c_j x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j = 1, i = 1, \dots, M \\ & x_j \in \{0, 1\}, j = 1, \dots, N \end{aligned}$$

La sélection d'un ensemble des routes réalisables

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^N c_j x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j = 1, i = 1, \dots, M \\ & x_j \in \{0, 1\}, j = 1, \dots, N \end{aligned}$$

Il y a une **variable binaire** pour chaque **route** possible.

Il y une **contrainte** pour chaque **client** : il faut impliquer le **client** dans une **route**.

*L'ensemble de **variables** correspondent uniquement aux **routes possible**. Une route est possible seulement si elle est **réalisable** par rapport aux capacités, fenêtres de temps, contraintes de précedence, etc.*

Utilisation du modèle

On peut utiliser un tel modèle à

- choisir un même ensemble de routes à effectuer quotidiennement pendant quelques semaines ou quelques mois;
- déterminer la quantité de véhicules a garder dans le parc de véhicules;
- déterminer les genres de véhicules a garder dans le parc;
- re-optimiser les routes des livraison/collection chaque jour;
- ...

La question importante

Comment définir les variables **variables** (**routes réalisables**) du modèle?

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

Énumération

Il s'agit de générer toutes les routes possibles, c'est à dire qui satisfont à toutes les contraintes imposées sur des routes réalisables.

Ceci n'est pas possible sauf si

- le problème est très petit ;
- les contraintes sont très étroites.

Heuristiques

- Construction
- Amélioration

Heuristique de construction “nearest neighbor”

Heuristique

Pas 0 Initialiser $i' = 0$, le dépôt.

Pas 1 Définir le client i , le client le plus proche à i' qui permet de garder une route réalisable. S'il n'y a pas de tel client, rentrer au dépôt et terminer.

Pas 2 Ajouter i à la route et poser $i' = i$. Retourner au pas 1.

Après avoir défini une route, on peut enlever des clients impliqués et repeter pour en génér d'autres.

Heuristique de construction “farthest initial nearest neighbor”

Heuristique

Pas 0 Initialiser $i_0 = 0$, le dépôt, et soit i_1 le client le plus éloigné du dépôt. Poser $t = 1$ et continuer à Pas 1.

Pas 1 Définir le client i , le client le plus proche à i_t qui permet de garder une route réalisable. S’il n’y a pas de tel client, rentrer au dépôt et terminer.

Pas 2 Ajouter i à la route, poser $i_t = i$, et poser $t \leftarrow t + 1$. Retourner au pas 1.

Après avoir défini une route, on peut enlever des clients impliqués et repeter pour en génér d’autres.

Heuristique d'amélioration "single switch"

Heuristique

Pas 0 Etant donné une solution réalisable définie par un ensemble de routes \mathcal{J} .

Choisir un client i' , et soit $j' \in \mathcal{J}$ la route à laquelle i' est affecté.

Choisir une route $j \in \mathcal{J}$, l'ensemble de routes, et continuer à Pas 1.

Pas 1 Soit $c_{j' \setminus i'}$ le coût de la route obtenue de la suppression de i' de j' .

Soit $c_{j \cup i'}$ le coût de la route obtenue par l'insertion de i' dans j .

Si $c_j + c_{j'} > c_{j' \setminus i'} + c_{j \cup i'}$, supprimer i' de j' et insérer i' dans j pour créer deux nouvelles routes.

Continuer à Pas 2.

Pas 2 S'il reste des routes dans $\mathcal{J} \setminus j'$ qu'on n'a pas encore testées, soit j une de ces routes, et retourner à Pas 1. Sinon, continuer à Pas 3.

Pas 3 S'il reste des clients qu'on n'a pas encore testés, soit i' un de ses clients, soit j' la route à laquelle ce client est affecté, et retourner à Pas 1.

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

La question importante

Un défi majeure, c'est que la définition d'une bonne route pour un véhicule dépend beaucoup des routes choisies pour les autres véhicules.

Il faut savoir comment profiter des informations concernant toutes les routes déjà considérées par le modèle pour définir des bonnes routes qui ne sont pas déjà présentes là-dedans.

Pour utiliser des résultats du modèle de sélection pour définir des nouvelles routes intéressantes à intégrer dans le modèle on profitera des *valeurs marginales* des constraints du modèle.

Cela nous permettra à définir les coûts réduits des routes proposées pour l'intégration dans le modèle de sélection.

Le dual de la relaxation linéaire

Relaxation:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{j=1}^N c_j x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^N a_{ij} x_j = 1, i = 1, \dots, M \quad (\pi_i) \\ & x_j \geq 0, j = 1, \dots, N \end{aligned}$$

Dual:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^M \pi_i \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^M a_{ij} \pi_i \leq c_j, j = 1, \dots, N \quad (x_j) \\ & \pi \text{ free} \end{aligned}$$

Il y a une *variable duale* pour chaque *client*. Dans une solution duale optimale, la valeur de cette variable représentera la valeur *marginale* du livraison de ce client.

Il y a une *constraint duale* pour chaque *route*. Dans chacune de ces contraintes, la somme implique tous les *clients* that livrés par cette route.

Coûts réduits

On basera la génération des routes intéressantes sur la solution optimale de la relaxation linéaire du problème maître.

Les routes intéressantes seront des routes qui pourrait améliorer cette solution optimale.

Par la théorie de la programmation linéaire, on sait à l'avance qu'il s'agit des routes dont le **coût réduit** est negative.

A rapeller : le **coût réduit** d'une variable est toujours l'**écart dans la contrainte duale** associée à cette variable.

Heuristique de construction “cheapest reduced cost”

Heuristique

Pas 0 Initialiser la route j' en posant $i_0 = 0$ (le dépôt) et i_1 un client tel que $c_{j'}$ soit aussi bas que possible. Posée $t = 1$ et continuer à Pas 1.

Pas 1 Choisir le client i dont 1) l'insertion de i_t dans j' donne une route réalisable; 2) le choix de i_t et la positionnement de i_t diminue $\bar{c}_{j'}$ autant que possible.

Si il n'existent pas un tel i , aller à Pas 3. Sinon continuer à Pas 2.

Pas 2 Ajouter i à la route, poser $i_t = i$, et poser $t \leftarrow t + 1$. Retourner au pas 1.

Pas 3 Si $c_{j'} < 0$, ajouter j' au problème maître.

Après avoir défini une route, on pourrait enlever des clients impliqués et répéter pour en générer d'autres.

Extensions

Fenêtres de temps?

Contraintes de précedence?

...

- 1 Distribution
- 2 Problèmes de routage
- 3 Exemples des problèmes de routage : Chemtech, Schneider
 - Sélection des routes
 - Génération des routes
 - Coordination de génération et sélection
- 4 Problèmes d'ordonnancement

A considérer

- M machines (identique ou non) et I tâches
- Soit P_{im} le temps de faire i sur m
- Soit $CH_{i_1, i_2, m}$ le temps de reconfigurer m pour faire i_2 immédiatement après avoir fait i_1 , pour tout pair de tâches i_1, i_2 .

But : affectation et ordonnancement des tâches afin que le “makespan” soit minimisé

Formulation? Dual? Extensions?

A souvenir

- Décomposition
- Génération des routes : heuristiques
- Selection des routes : modèle d'optimisation
- Coordination de génération de selection : via les valeurs marginales (variables duales)