

21^{ème} journée JFRO

Optimisation de la planification de tournées de cars

A. Huart, F. Semet

LAMIH - UMR CNRS 8530, Université de Valenciennes

LAGIS - UMR CNRS 8146, Ecole Centrale de Lille

Sommaire

- Problème de ramassage scolaire
- Génération de colonnes
- Heuristique basée sur la génération de colonnes
- Résultats

Vehicle routing problem (VRP)

- Ensemble de clients
 - Flotte de véhicules
 - Ensemble de dépôts
 - Déterminer l'ensemble optimal de tournées
 - Objectif du VRP
 - Minimiser distance de transport
 - Maximiser le respect des contraintes
 - Minimiser les temps d'attente (VRPTW)
 - Minimiser la taille de la flotte

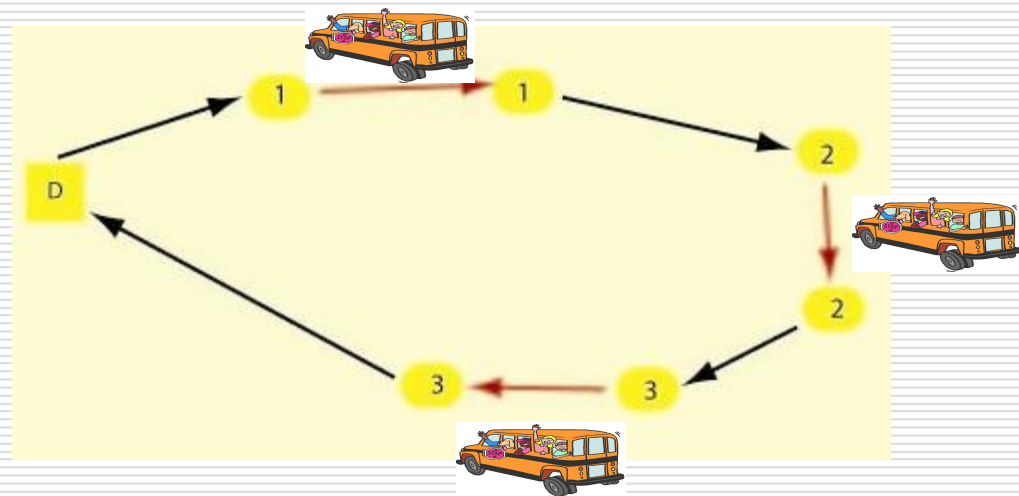
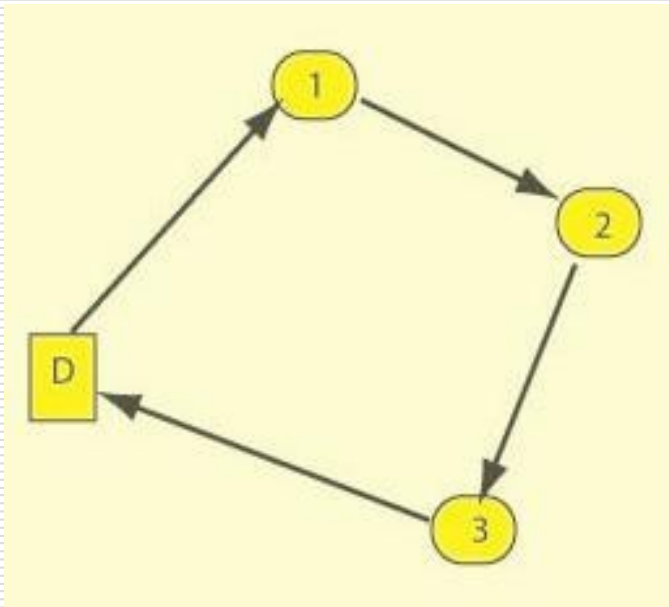
Problème de ramassage scolaire

- Nombre de dépôts fixés
- Flotte hétérogène
- Assurer des transports de voyageurs
 - Lieu et heure de départ et d'arrivée
 - Contraintes horaires plus fortes que dans le VRPTW
- Respect des contraintes sociales

Problème de ramassage scolaire

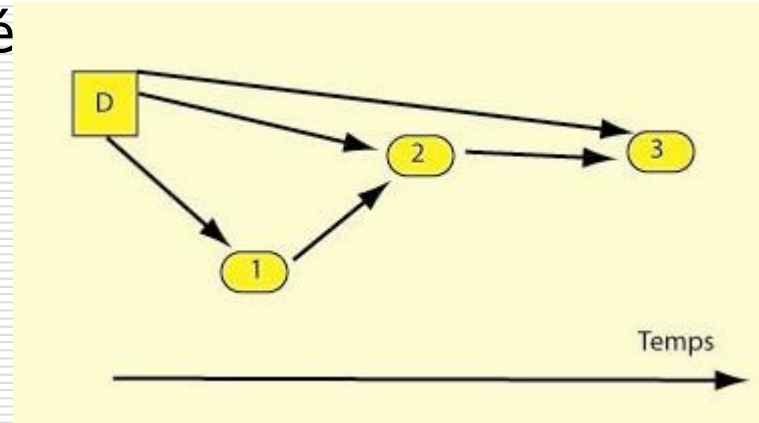
Tournée classique

Tournée de voyageurs



Modélisation

- Le graphe $G = (N, A)$ orienté
- $N = \{ D \cup 1..n \}$
- Arc $(i, j) \in A$ modélise la possibilité d'enchaîner la visite du client j après i .
- La pondération de l'arc = coût d'enchaînement
- Sans contraintes sociales => pb de flot (polynomial)



Génération de colonnes

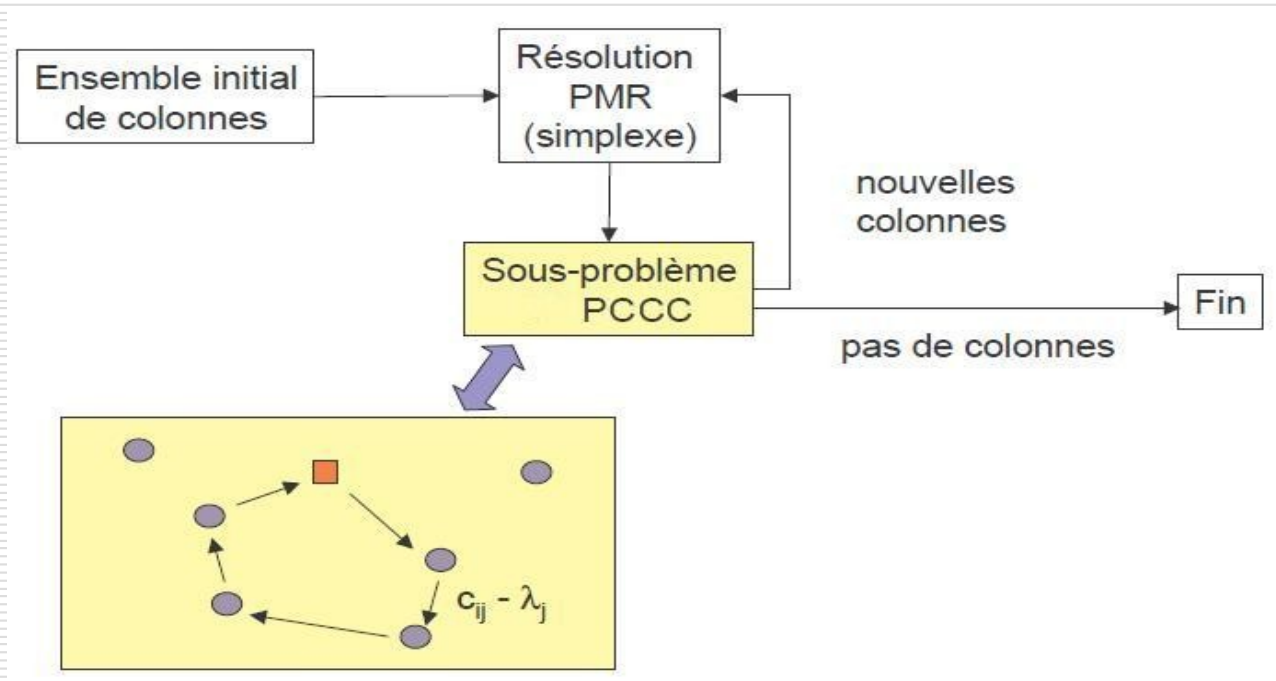
□ Méthode exacte

- Repose sur un modèle de partitionnement (Balinski et Quandt) où les variables sont associées aux tournées.

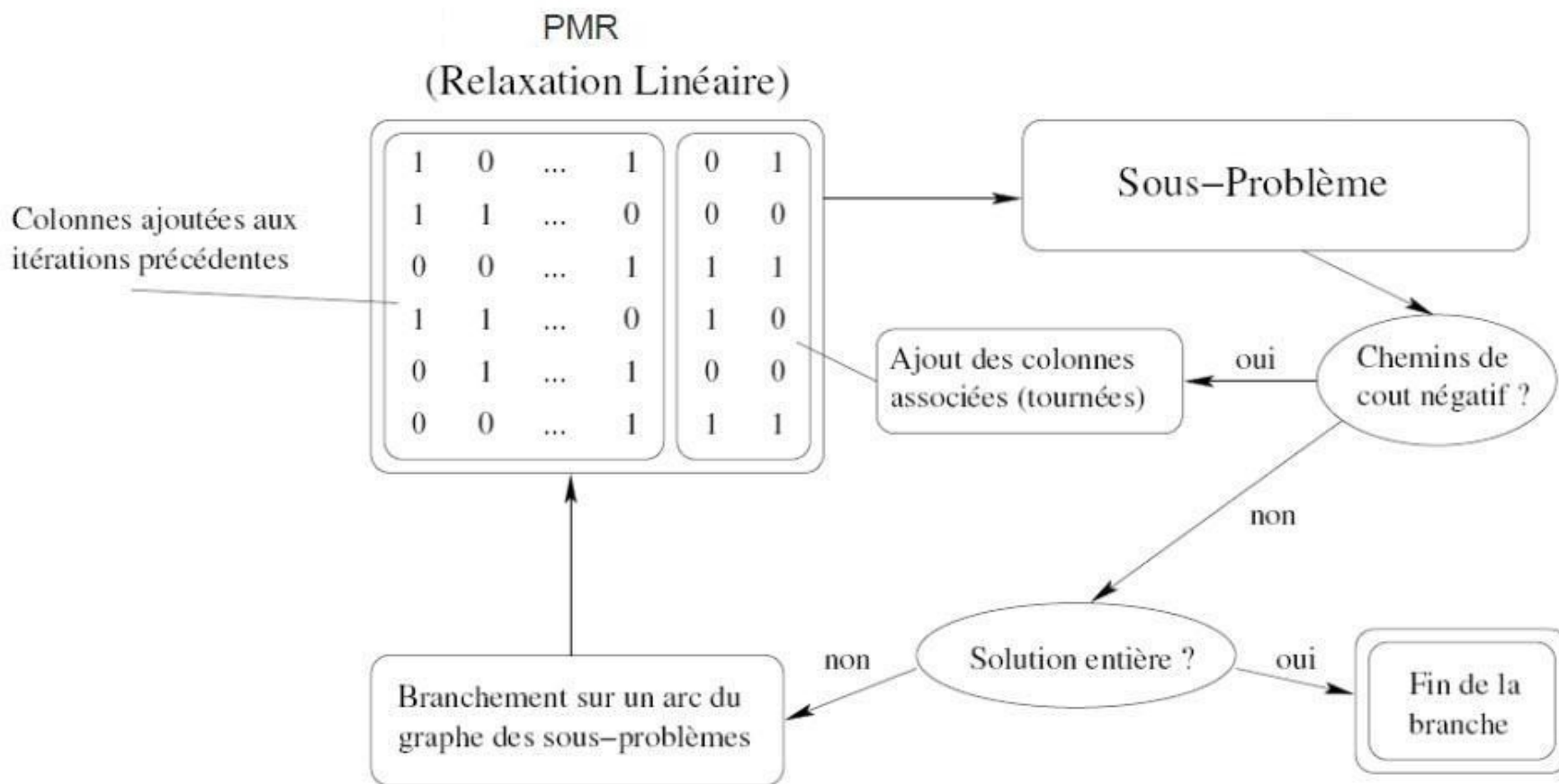
$$\begin{aligned} & \text{Minimiser} && \sum_{t \in \mathcal{T}} c_t x_t \\ \text{sujet à} & \sum_{t \in \mathcal{T}} a_{it} x_t = 1 && v_i \in \mathcal{V} \setminus \{v_0\}, \\ & \sum_{t \in \mathcal{T}} x_t = m && \\ & x_t \in \{0, 1\} && t \in \mathcal{T} \end{aligned}$$

Génération de colonnes

- Applicable sur des programmes linéaires de grandes tailles lorsque l'on ne peut stocker tout le modèle.



Méthode exacte basée sur la génération de colonnes (B&P) [1]



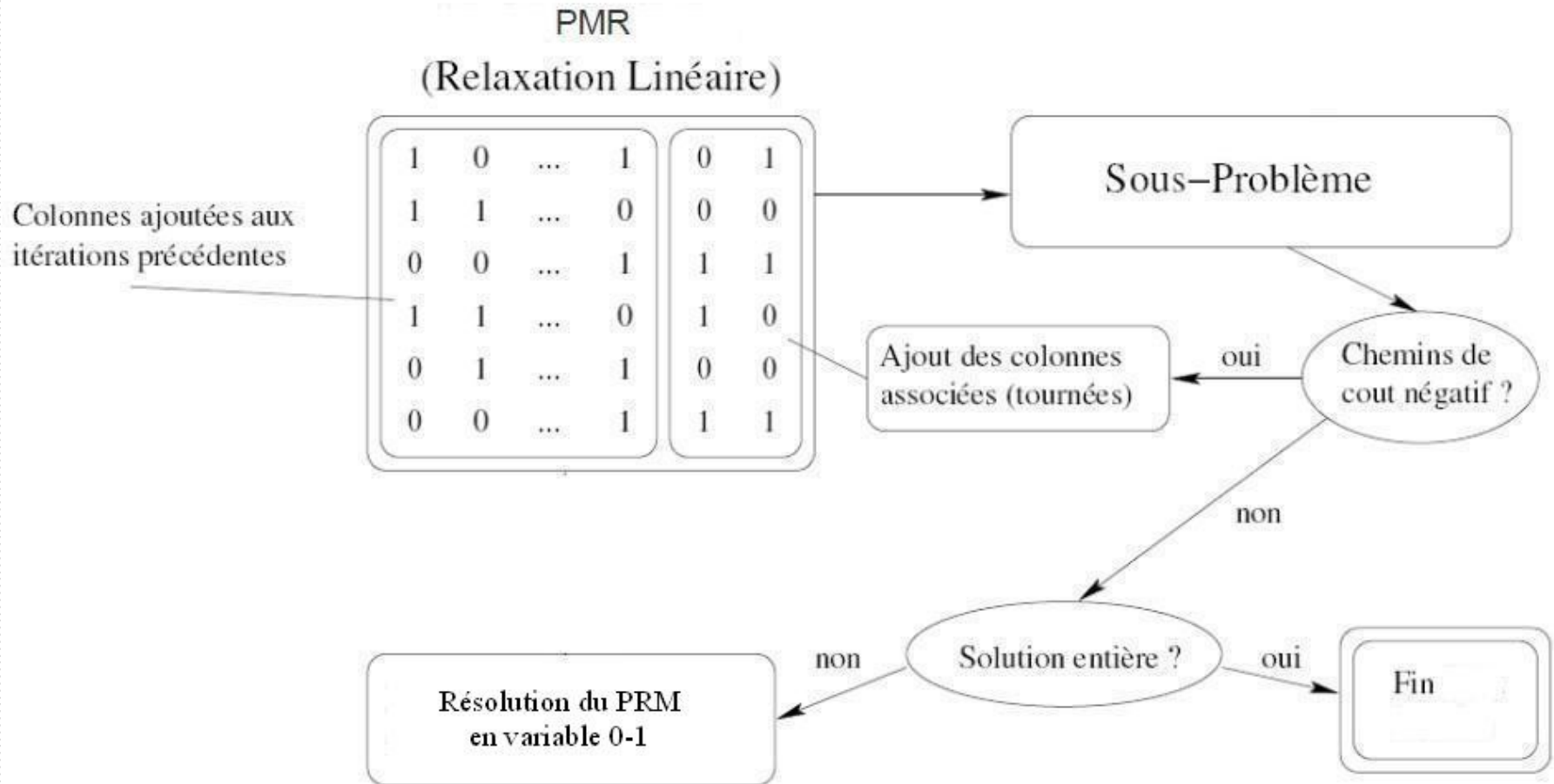
Politique de branchement

- A chaque noeud de l'arbre de recherche, le calcul de la borne fait appel à la génération de colonnes
- Branchement sur une variable fractionnaire
 - Une variable = tournée
 - Difficultés: Recherche de chemins, déséquilibre de l'arbre
- Principe admis: Branchement sur un arc

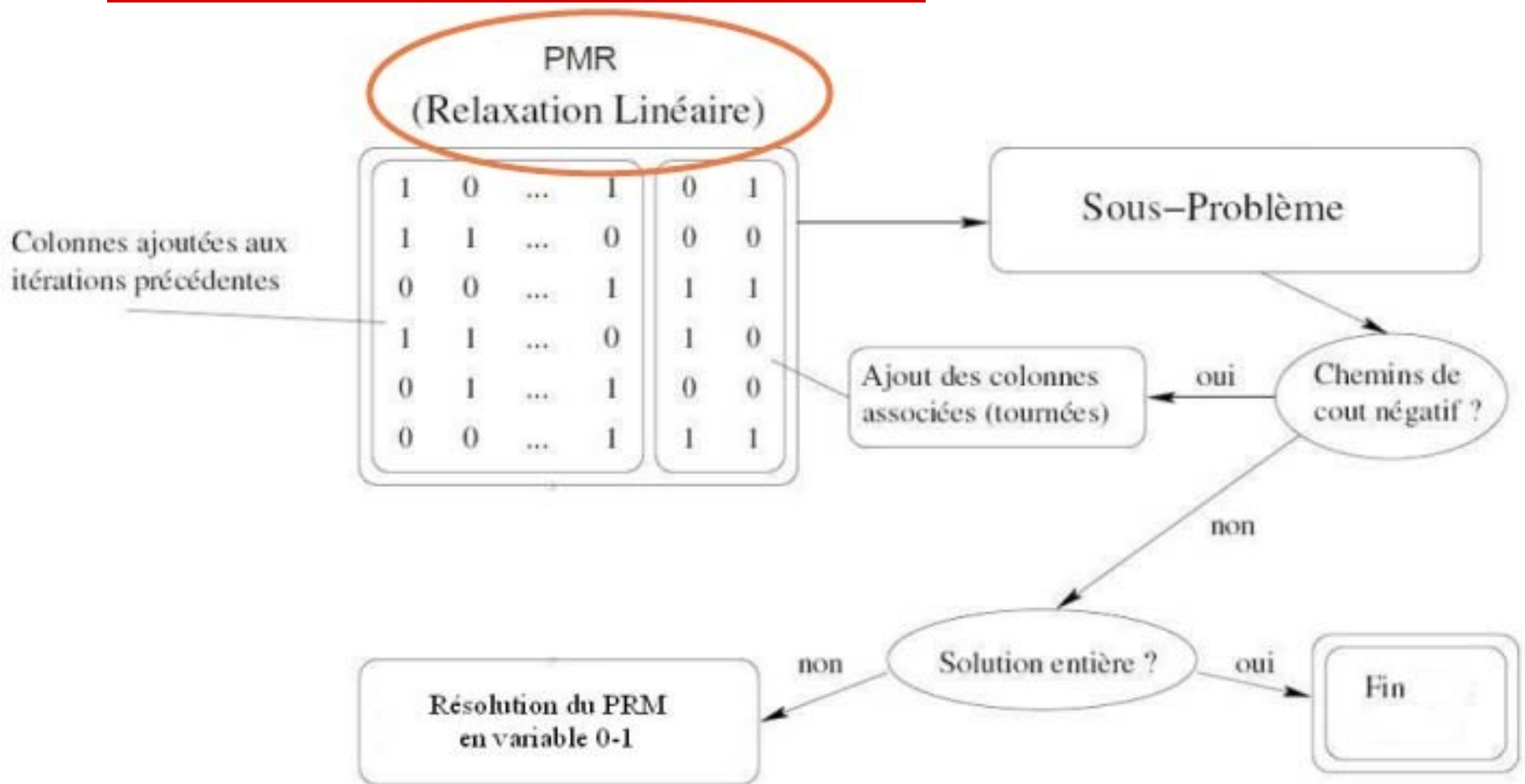
Constat des résultats du B&P

- Temps de calcul acceptable sur des instances limité à 140 clients (NAGIH 2006)
- Méthodes heuristiques pour des instances de grande taille

Notre proposition



Notre proposition



Problème maître relaxé

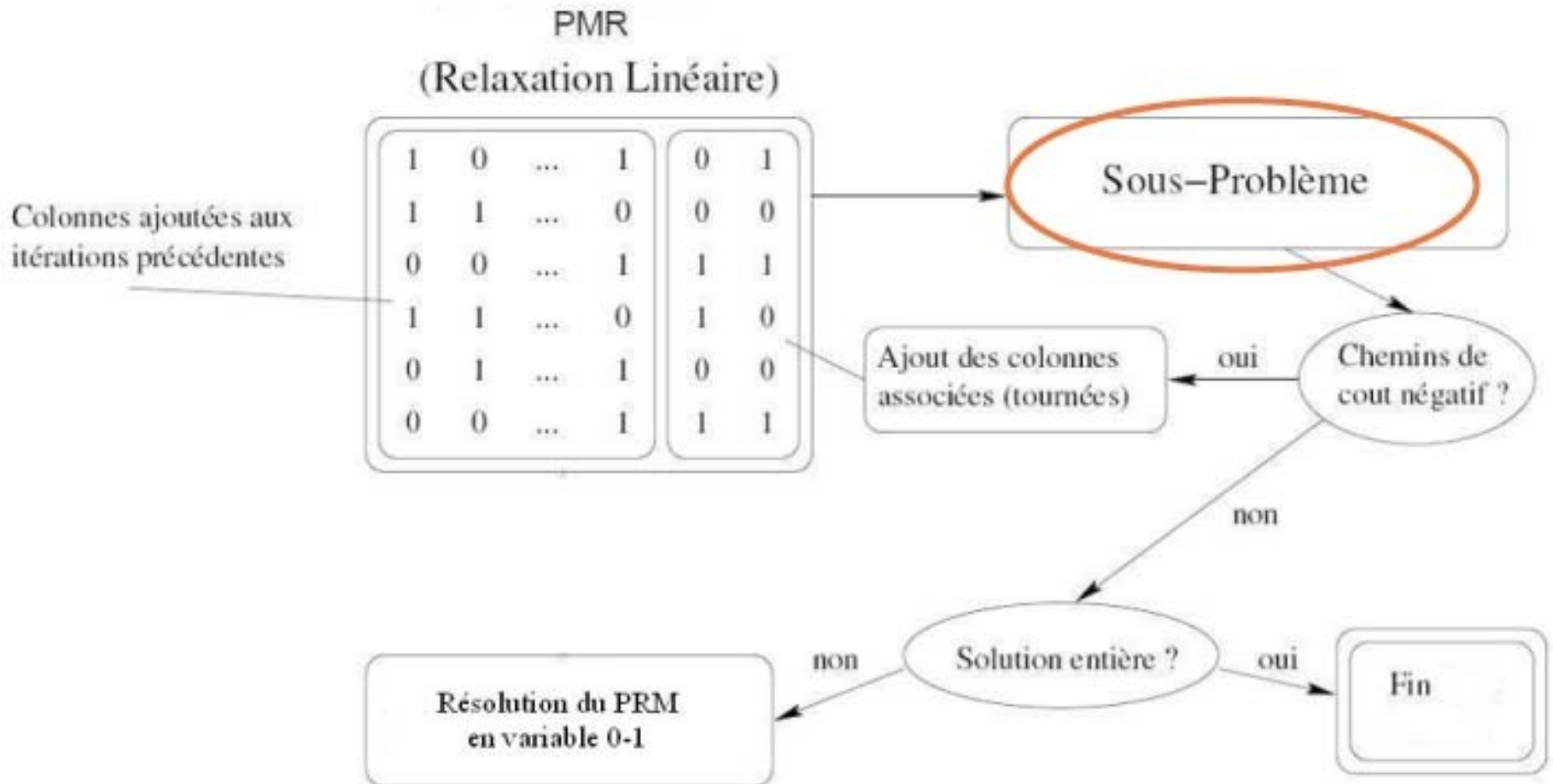
$$\text{MIN} \sum_{p \in \Omega} \left(\sum_{k \in K} \sum_{(i, j) \in A^k} c_{ij} x_{ijp}^k \right) \Theta_p$$

$$\sum_{p \in \Omega} \left(\sum_{k \in K} \sum_{j \in V^k} x_{ijp}^k \right) \Theta_p \geq 1 \quad \forall i \in N$$

$$\sum_{p \in \Omega} \left(\sum_{j \in N} x_{n+k, jp}^k \right) \Theta_p \leq V^k \quad \forall k \in K$$

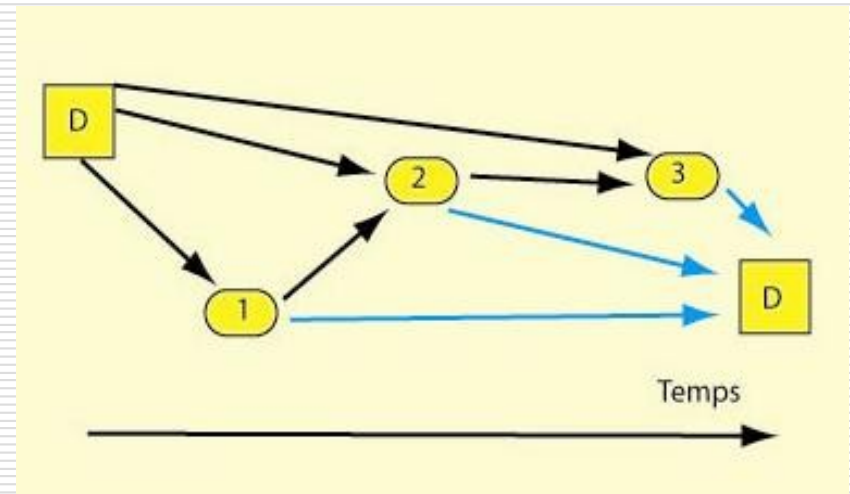
$$\Theta_p \in \mathbb{R}^+ \quad \forall p \in \Omega$$

Notre proposition



Sous-problème

- Recherche de chemins partant et revenant au dépôt dans le graphe
- Construction du graphe (gestion de la compatibilité entre clients)



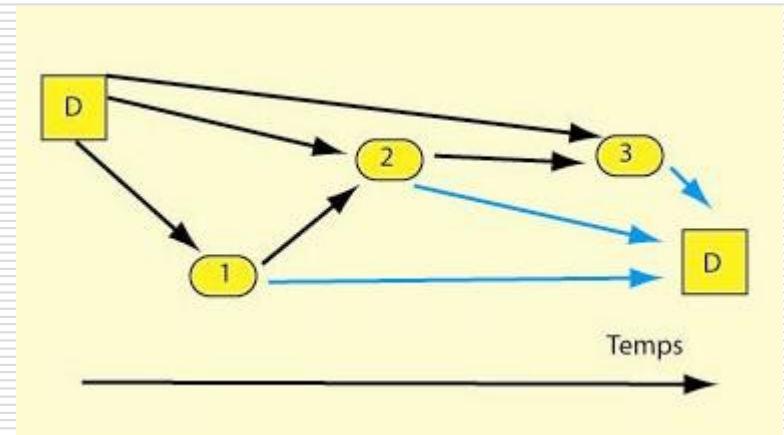
Sous-problème

Spécificité du transport de voyageurs :

- Les clients imposent les horaires de passages
- 1 client => 1 situation temporelle
- 1 arc => enchainement de 2 clients

=> Graphe acyclique

Tri topologique



Sous-problème

- Nos choix de colonnes:
 - Recherche de tournées de coûts réduit négatifs, optimales ou non
 - Complexité polynomiale
 - Sélection d'un sous ensemble paquet de tournées respectant nos contraintes législatives (amplitude de travail, temps de pause...)

Ordre topologique

Chaque sommet est symbolisé par un vecteur $V = \{X, Y, Z, P\}$

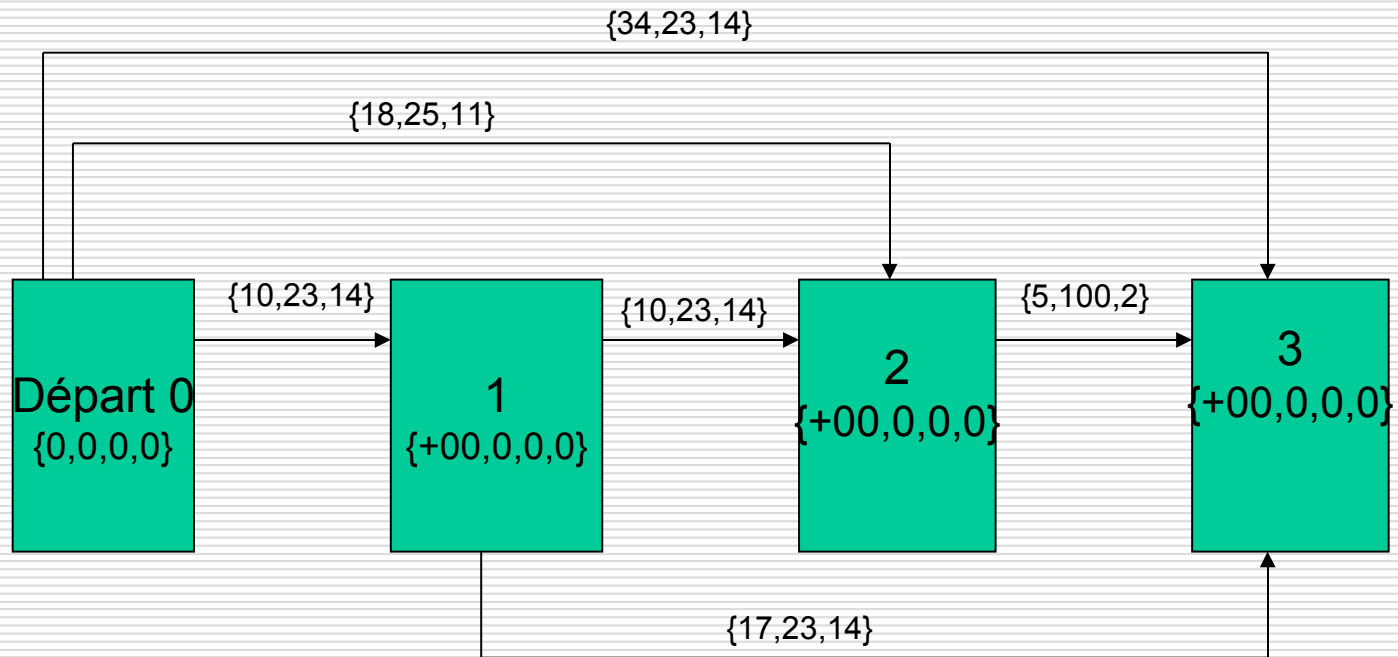
- X : coût pour visiter le sommet.
- Y : amplitude subie pour visiter le sommet
- Z : temps de pause concédé sur la durée du chemin menant au sommet
- P : prédécesseur du sommet

Ordre topologique

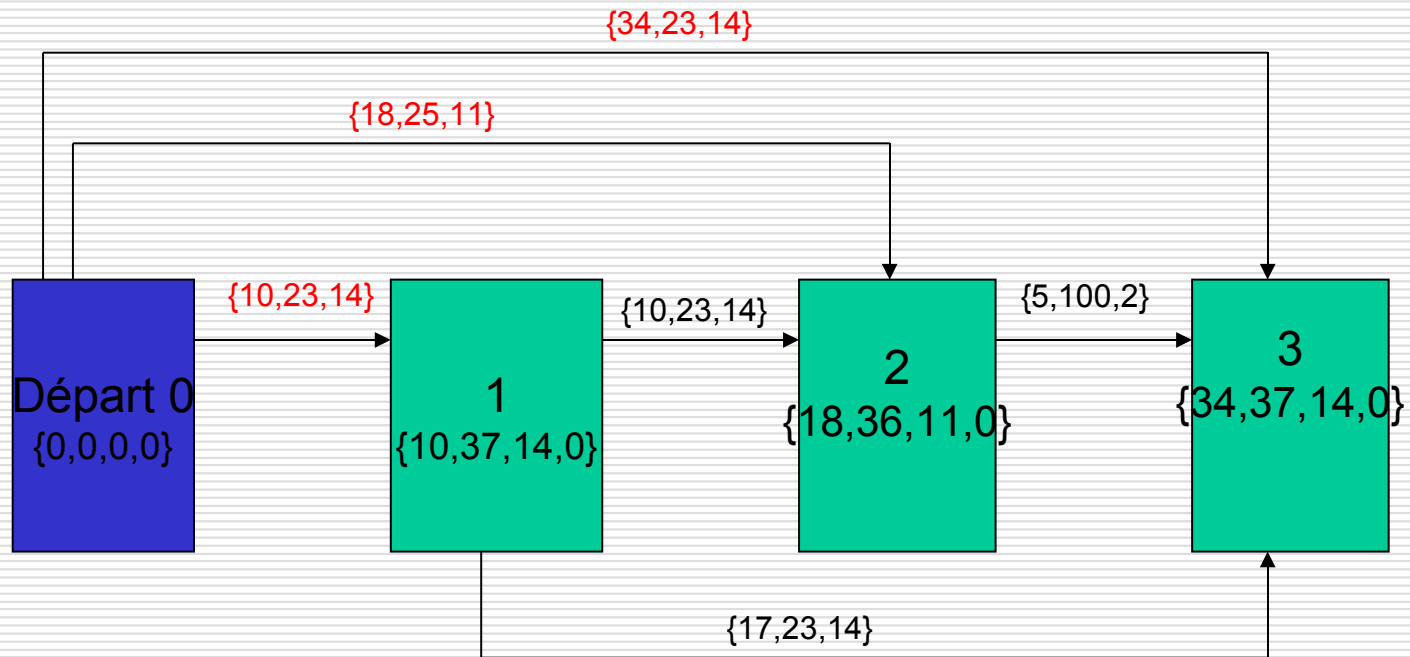
Chaque arc est marqué par un vecteur
 $A = \{c, t, p, \}$

- c : coût subi en utilisant l'arc.
- t : temps nécessaire au parcourt de l'arc.
- p : temps de pause subi en utilisant l'arc.

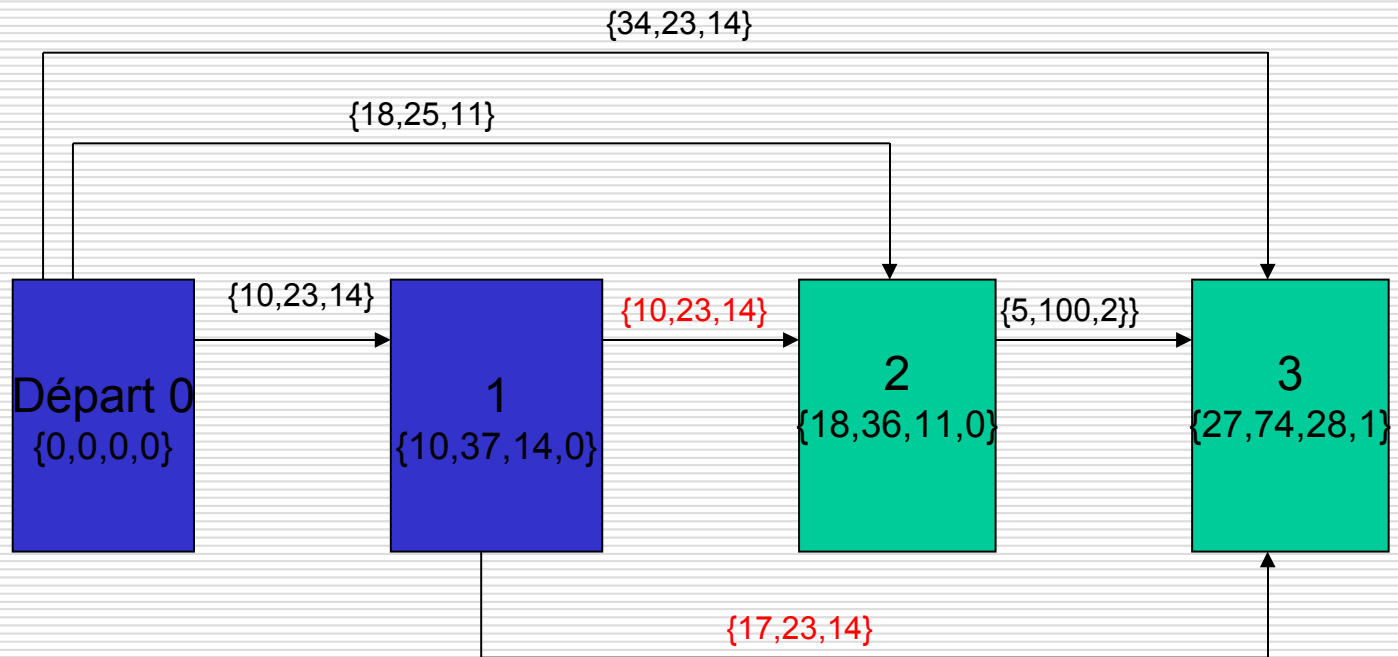
Ordre topologique



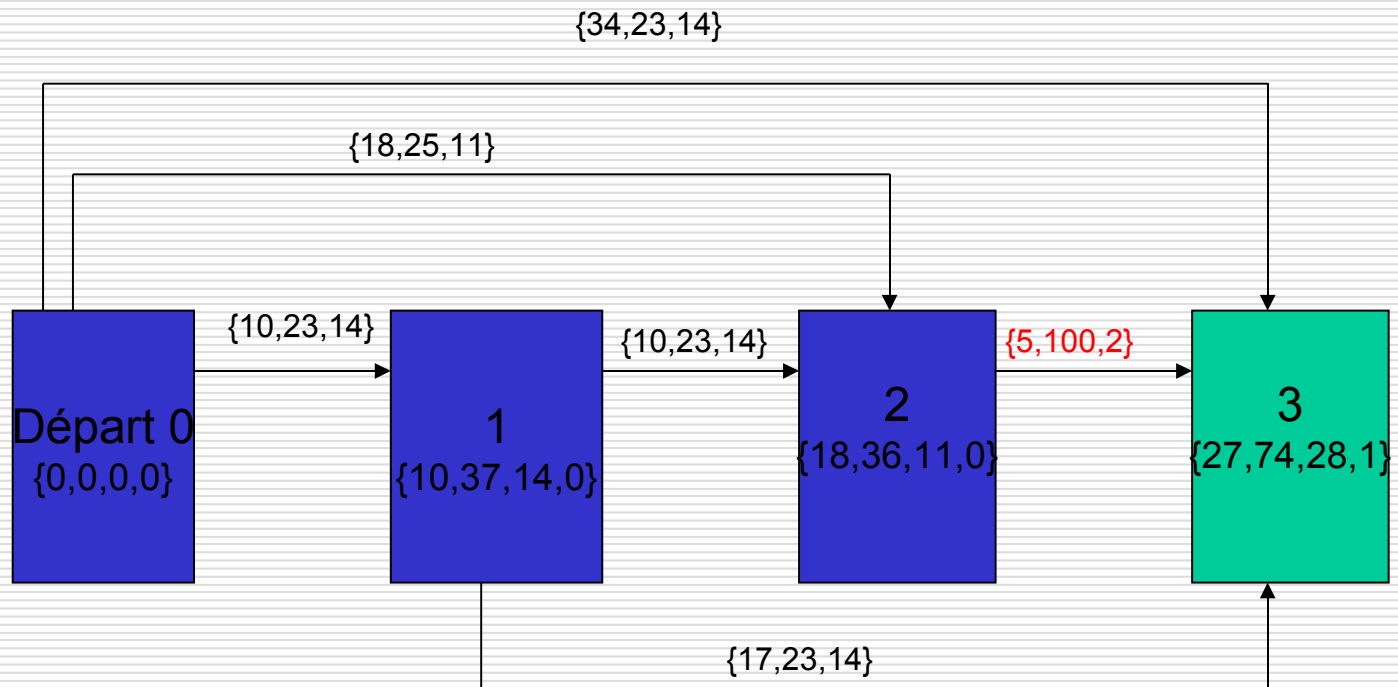
Ordre topologique



Ordre topologique



Ordre topologique

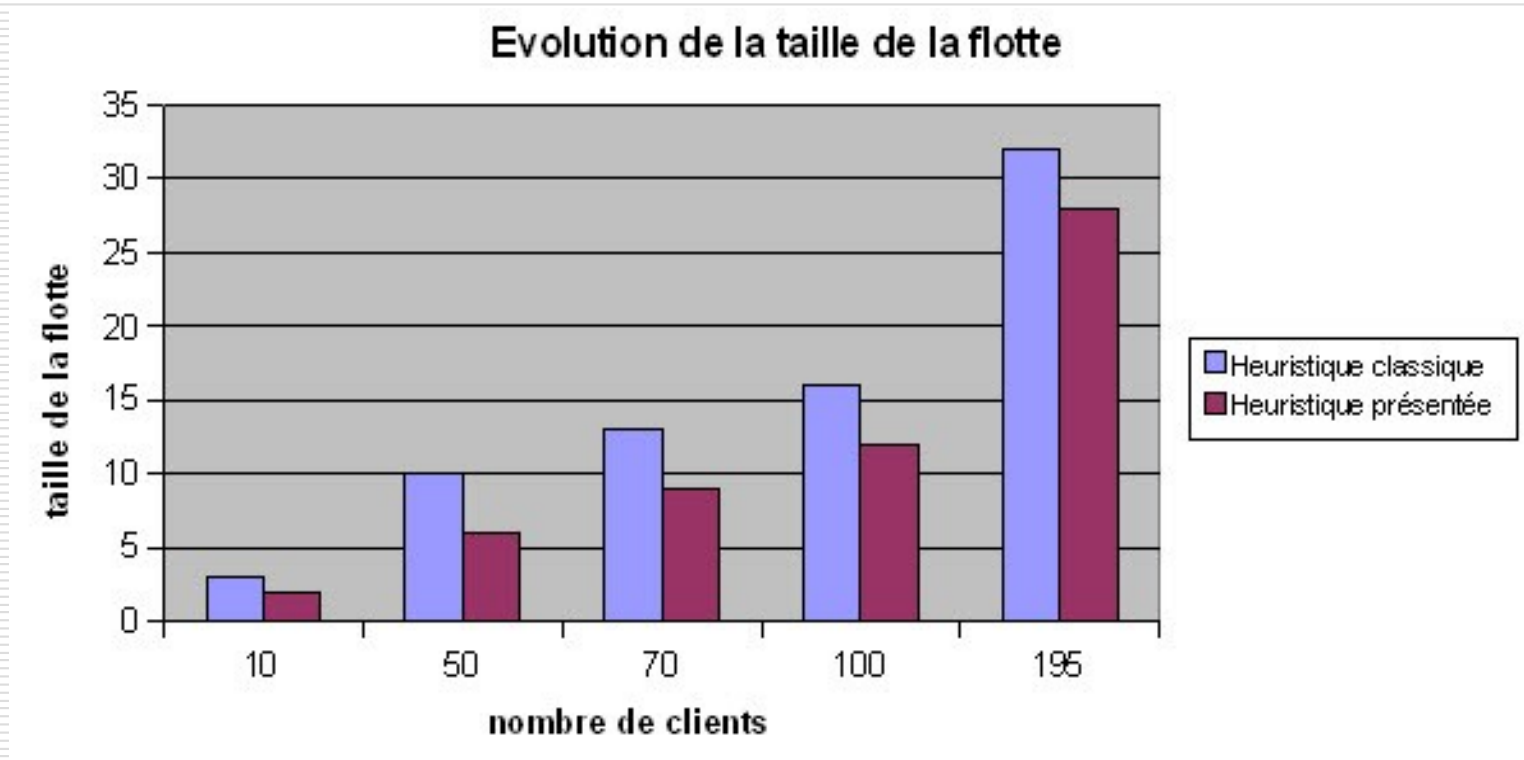


Implémentation

- Solution initiale réalisable
 - Clarke & Wright (86) avec phase d'amélioration
- En pratique
 - Nombre de colonnes à ajouter trop important
 - Filtrage de ces colonnes
 - Sélection des coûts réduits les plus négatifs
 - Longueur des tournées
 - Nombre de clients visités

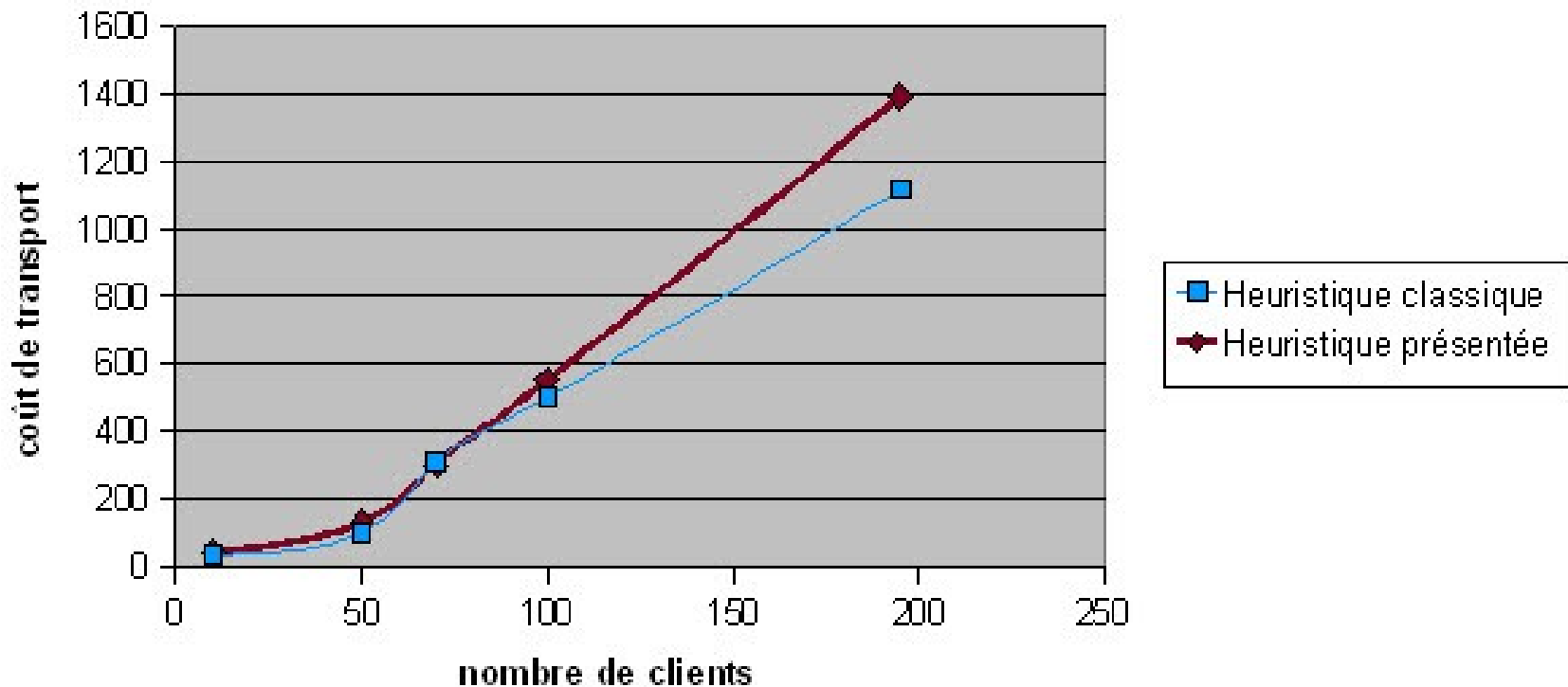
Résultats

Volonté de diminuer la taille de la flotte

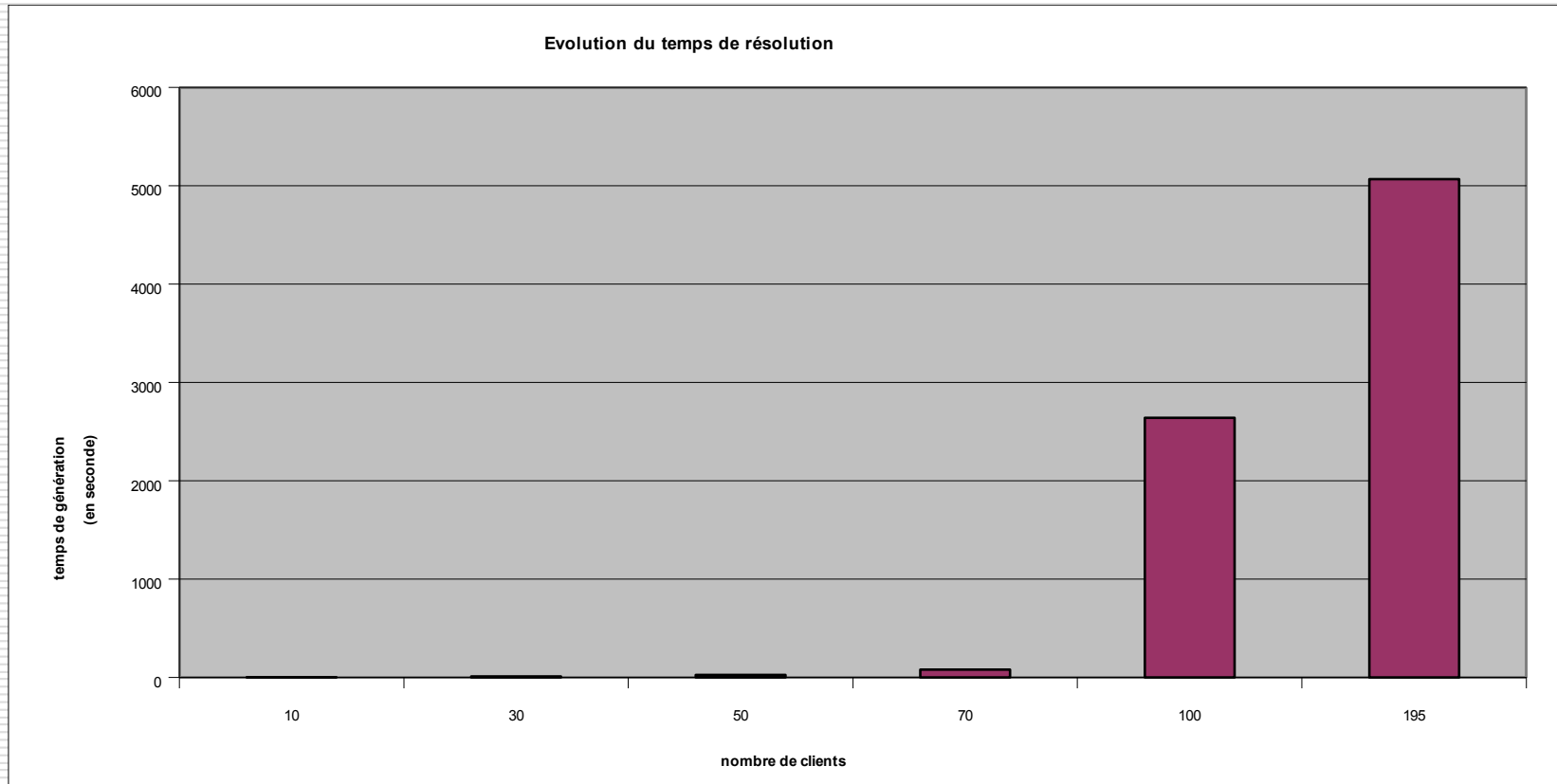


Résultats

Suivi du coût de transport



Résultats



Références

- [1] **D. Feillet**, *Résolution de problèmes de tournée par Branch and Price*. Ecole de jeunes chercheurs. Avignon 2008.
- [2] **M. Balinski, R. Quandt**, *On an integer program for a delivery problem*. *Operations Research*, 12, 1964.
- [3] **T. Mautor, E. Naudin**, *Décomposition de Dantzig-Wolfe et Génération de colonnes*. <http://edith.naudin.free.fr/> .