



Problème d'organisation des tournées de collecte de déchets : prise en compte du coût et de la stabilité



Frédérique BANIEL (LGP / ENIT - MOGISA / LAAS-CNRS)

Marie-José HUGUET (MOGISA / LAAS-CNRS)

Thierry VIDAL (LGP/ ENIT)



Contrat d'ATER à l'enseeiht

Jeudi 26 Mars 2009

Plan

1. Position du problème

1. Contexte
2. présentation du problème de collecte étudié
3. Critères envisagés

2. Méthodes utilisés pour la gestion des collectes

1. Création hebdomadaire
2. Evolution des circuits

3. Expérimentations

4. Conclusion et Perspectives

Contexte

- **But : Maintenir la stabilité des collectes lors**
 - **Organisation** des circuits de collecte des déchets pour les différents passages dans la semaine,
 - **Réorganisation** des circuits de collecte des déchets ménagers dans une collectivité locale.
- 4 objectifs principaux :
 - coûts de collecte
 - qualité de service pour les usagers
 - Impact environnemental
 - Condition de travail des employés
- **Partenariat :**
 - **ADEME** : conseil, vision globale
 - Collectivité locale : la **CAM** problèmes et données réelles

Contexte

- **Organisation de la CAM :**
 - 1 ou 2 collectes d'**Ordures Ménagères** par semaine,
 - Dépôt et point de vidage **unique**,
 - Taux présentation début semaine > taux présentation fin semaine.
- **Contraintes fortes :**
 - Passer devant toutes les habitations à collecter,
 - Nombre de véhicules limité et hétérogènes,
 - Tonnage à collecter par véhicule limité,
 - Passage à certaines heures obligatoires (ou interdites),
 - Temps de travail limité.
- **Modélisation : problème de tournées de véhicules (Vehicle Routing Problem ou VRP)**

Vehicle Routing Problem

Minimiser

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \sum_{k=1}^m x_{ij}^k \quad (\text{eq1})$$

Contraintes :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1, j = 2, \dots, n \quad (\text{eq 2})$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m x_{ij}^k = 1, i = 2, \dots, n \quad (\text{eq 3})$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ip}^k - \sum_{j=1}^n x_{pj}^k = 0, k = 1, \dots, m; p = 1, \dots, n \quad (\text{eq 4})$$

$$\sum_{i=1}^n d_i \left(\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \right) \leq D_k, k = 1, \dots, m \quad (\text{eq 5})$$

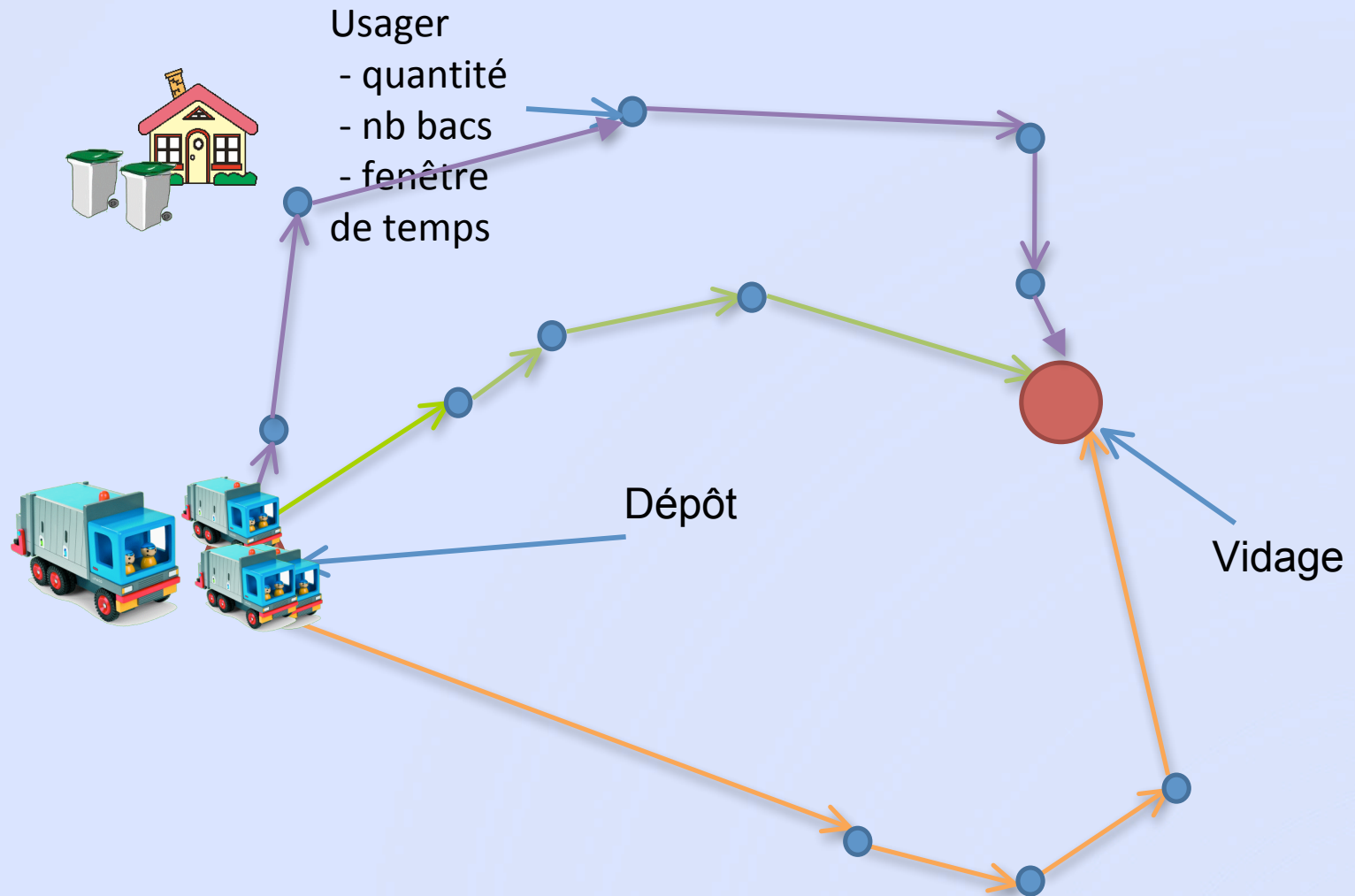
$$\sum_{i=1}^n t_i^k \left(\sum_{j=1}^n x_{ij}^k \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}^k \leq T_k, k = 1, \dots, m \quad (\text{eq 6})$$

$$\sum_{j=2}^n x_{1j}^k \leq 1, k = 1, \dots, m \quad (\text{eq 7})$$

$$\sum_{i=2}^n x_{i1}^k \leq 1, k = 1, \dots, m \quad (\text{eq 8})$$

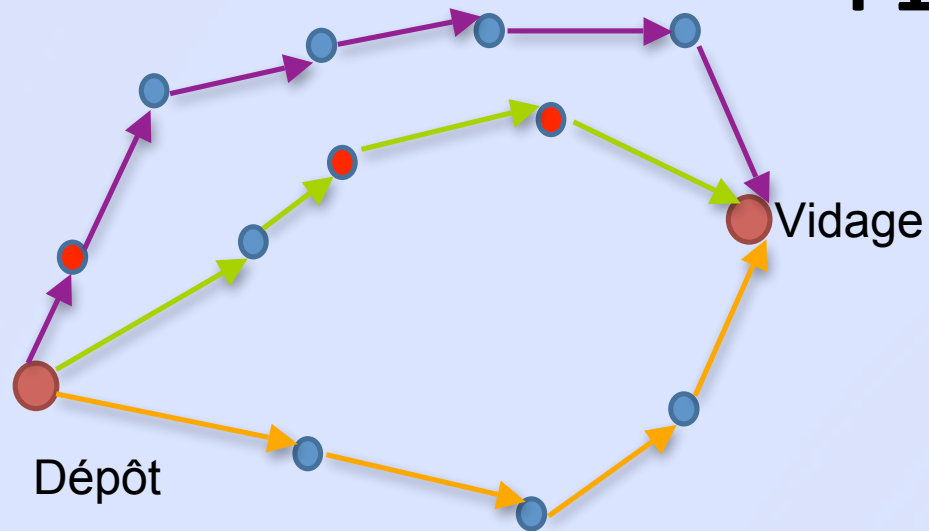
$$X = (x_{ij}) \in S \quad (\text{eq 9})$$

Problème de collecte des déchets

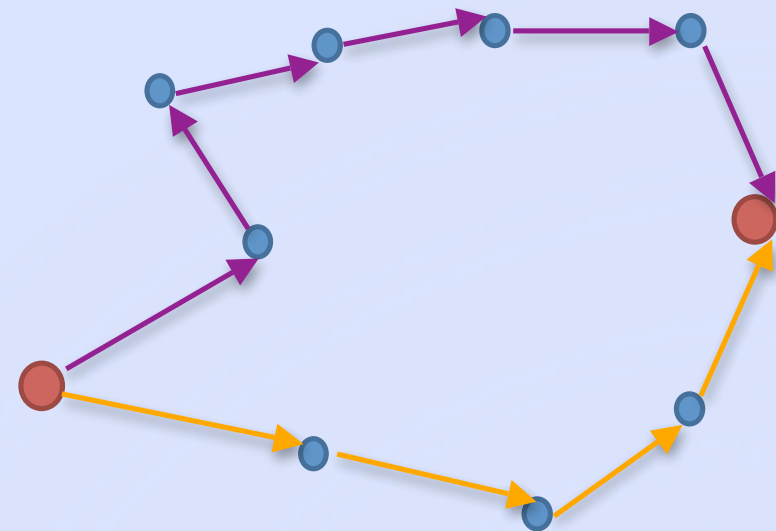


Présentation du problème « hebdomadaire » :

P1



Collecte début de semaine



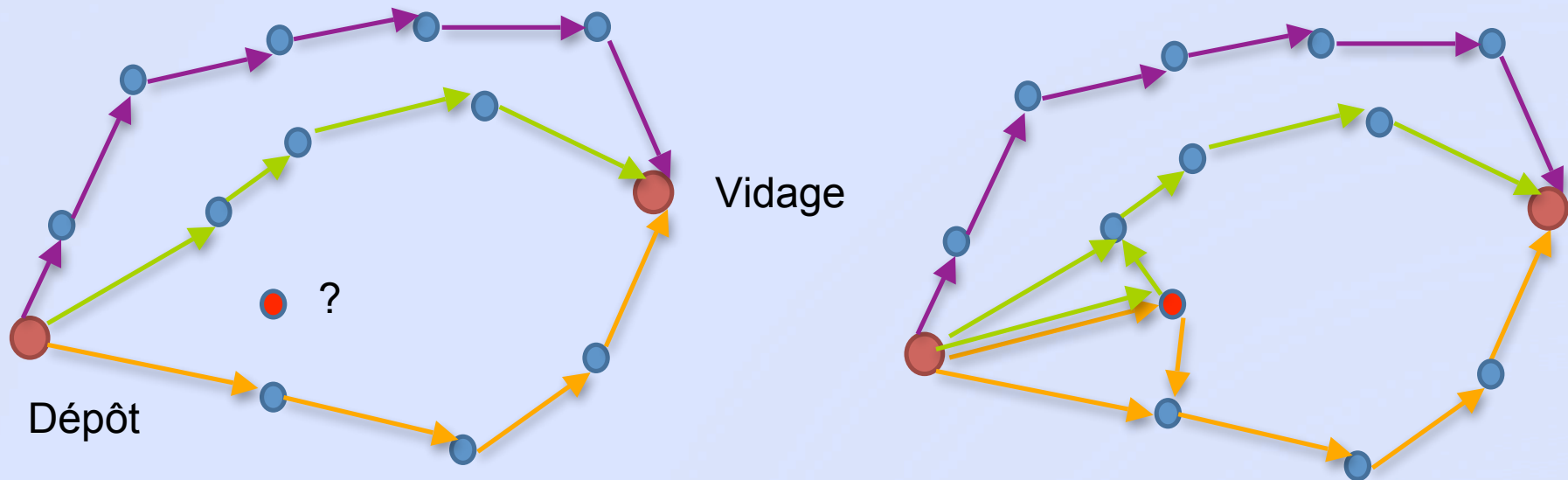
Collecte fin de semaine

- **Organisation hebdomadaire :**

- Créer les circuits de collecte pour le début et la fin de semaine,
- Moins de nœuds à collecter en fin de semaine et quantité inférieure,
- Proposition de méthodes de construction des circuits sur l'ensemble de la semaine.

Présentation du problème « dynamique » :

P2



- Réorganisation :

- Augmentation de la population de **2%** par an,
- Augmentation de la quantité de déchets de **2%** par an et par habitant,
- Proposition de méthodes d'actualisation des tournées.

Critères envisagés

BUT : obtenir une solution de faible coût qui perturbe le moins possible la solution initiale

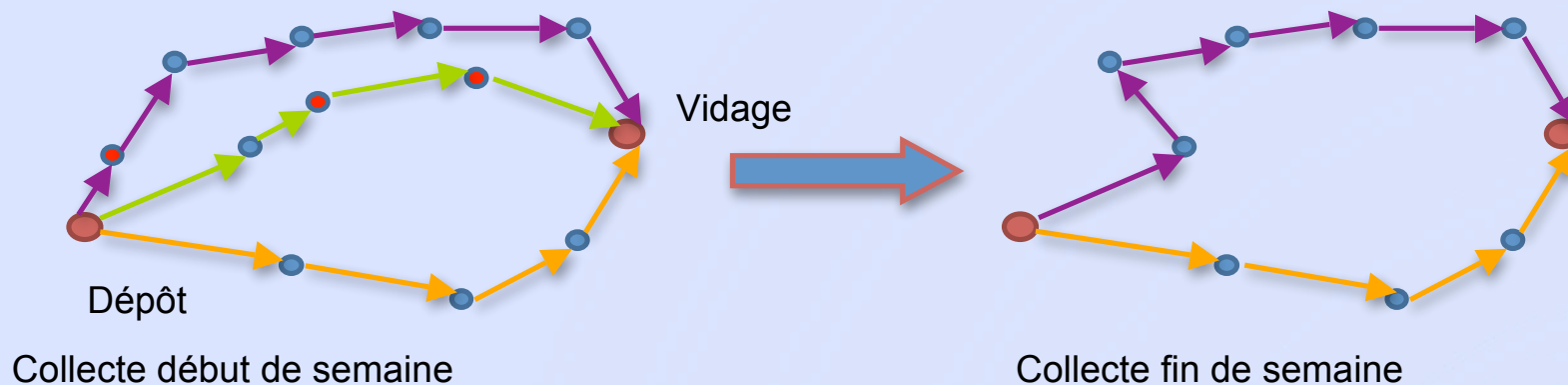
\ **stabilité**

- **Organisation** des circuits hebdomadaire et réorganisation :
 - **Coûts de collecte (= distance)**
 - **Stabilité**
 - **En général** :
 - **Ecart** en distance, en temps de travail, en nombre de véhicules
 - **Qualité de service (= point de vue usagers)** :
 - modification de l'heure de collecte \ **Ecart horaire**.
 - **Conditions de travail (= point de vue équipe)** :
 - ajout/suppression de points de collecte dans un circuit de collecte,
 - changement de l'ordre de passage
- \ **Ecart** composition des circuits et **Ecart** ordre de visite

Méthodes utilisées

Méthodes heuristiques dédiées pour minimiser les écarts.

- **P1** : Organisation **hebdomadaire** des tournées :
 - Construire les tournées de début de semaine PUIS construire les tournées de fin de semaine :

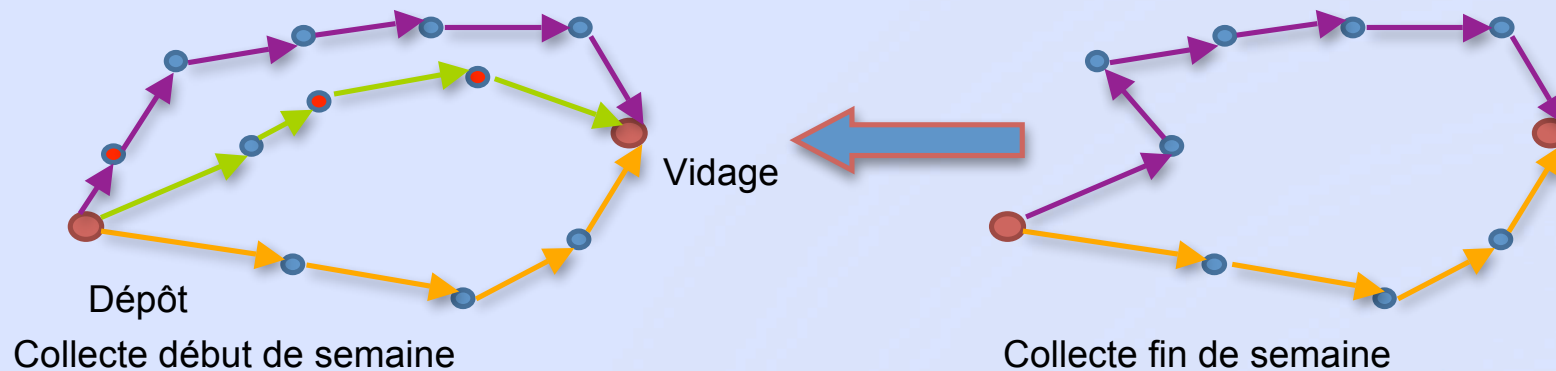


- D1 : Élimine plus **petite tournée** (en terme capacité),
- D2 : Élimine au **hasard**,
- D3 : Plus de “**chances**” d’éliminer plus **petite tournée** (en terme de nombre de noeuds),

Méthodes utilisées

- **P1** : Organisation hebdomadaire des tournées :

- Construire les tournées de fin de semaine PUIS construire les tournées de début de semaine



- D4 : **Créer des circuits** avec les noeuds manquants en essayant de les fondrent avec les autres.
- D5 : Créer des **circuits proches** des noeuds à collecter que en début de semaine.
- D6 : Création des tournées **“from scratch”** pour le début et la fin de semaine.

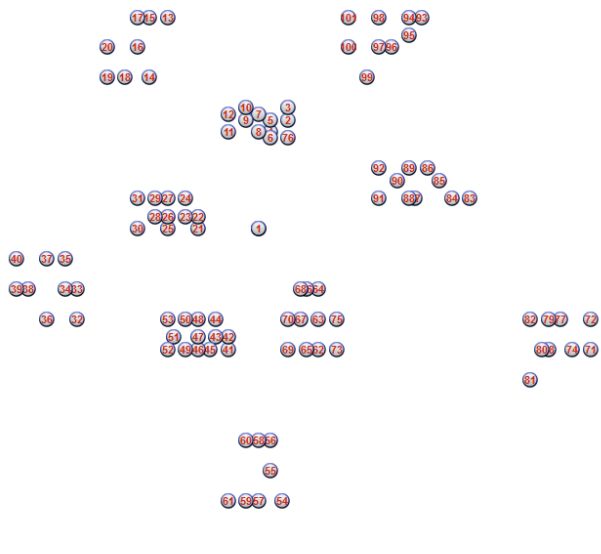
Méthodes utilisées

Méthodes heuristiques dédiées pour minimiser les écarts.

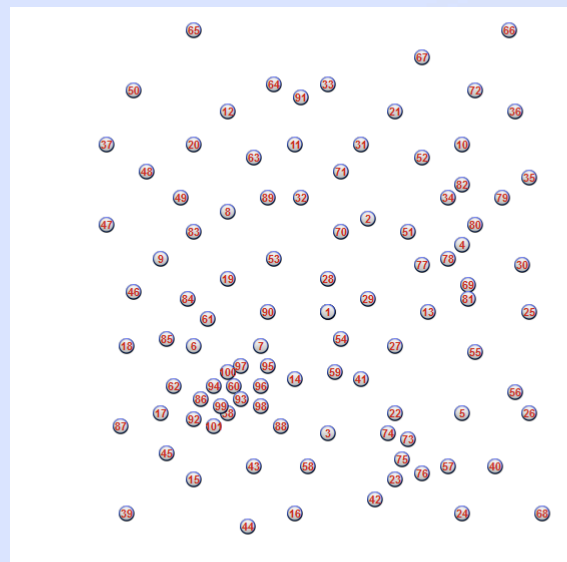
- **P2 : Réorganisation** dynamique des tournées :
 - **Insertion** nouveaux noeuds :
 - I1 : Insérer au plus **proche voisin**,
 - I2 : I1 + méthodes de **recherche locale** (or-opt, inter-change),
 - I3 : reconstruction “**from scratch**”.
 - **Augmentation** de la quantité à collecter :
 - I4 : **retirer** noeuds dans tournées sur-chargées pour insérer au plus proches,
 - I5 : I4 + méthodes de **recherche locale** (or-opt, inter-change),
 - I6 : reconstruction “**from scratch**”.

Expérimentations

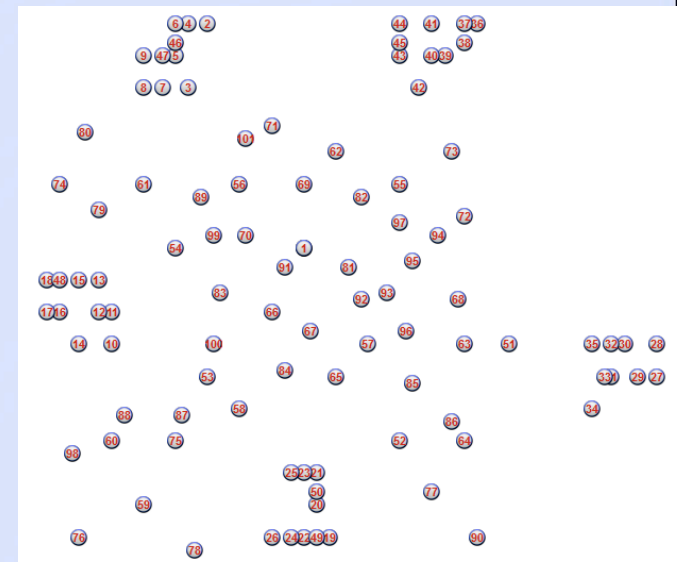
- Instances utilisées :
 - Instances de Solomon : 3 types C, R et RC,
 - 100 noeuds à collecter,
 - VRP Time Window.



Instance C



Instance R



Instance RC

- Modifications :
 - Besoin de modifications des données des instances pour les problèmes considérés.

Expérimentations

- Organisation hebdomadaire des tournées :
- Modifications :
 - 10 / 20 / 30 noeuds sélectionnés au hasard pour être collecter 1 fois
 - Quantité sur les noeuds collecter 1 fois * 1.6
 - Quantité sur les noeuds à collecter 2 fois fin semaine *0.80

Méthodes	Instances	Coût	Stabilité					
			distance	Nb véhicules	Temps travail	Horaire noeuds	Comp. circuit	Ordre dans circuit
D1	C1	1733	181	0	397	729	4	10
D2	C1	1838	250	0	926	1939	15	15
D3	C1	1741	172	0	449	668	1	9
D4	C1	1782	85	1+	138	236	0	2
D5	C1	1782	111	1-	258	234	0	4
D6	C1	1782	403	1-	1100	5141	48	27

- D1 : plus petit coût
- D4 : plus petite stabilité sauf 1 camion en +
- D5 : compromis entre coût et stabilité (1 véhicule en moins)

Expérimentations

- Réorganisation des tournées : insertion noeuds
 - Modifications :
 - Supprimer 1 ou plusieurs nœuds au hasard \ Solution initiale
 - Insérer les nœuds \ Nouvelle solution

Méthodes	Instances	Coût	Stabilité					
			distance	Nb véhicules	Temps travail	Horaire noeuds	Comp. circuit	Ordre dans circuit
I1	C1	1172	224		425	2300	7	12
I2	C1	1159	211		467	3155	8	16
I3	C1	924	-24		643	5020	14	37

- I1 : stabilité intéressante mais méthode non adaptée si insertion fait dépasser capacité du camion
- I2 : bon compromis entre coût et stabilité
- I3 : meilleur coût, moins bonne stabilité

Expérimentations

- Réorganisation des tournées : augmentation capacité
- Modifications :
 - Baisse la quantité de 10 nœuds à 20 et 50 % \ Solution initiale
 - Augmenter ensuite cette quantité \ Nouvelle Solution

Méthodes	Instances	Coût	Stabilité					
			distance	Nb véhicules	Temps travail	Horaire noeuds	Comp. circuit	Ordre dans circuit
I4	C1	995			204	1501	2	5
I5	C1	993			205	1523	2	5
I6	C1	984			371	3755	3	14

- I4 : meilleur stabilité, moins bon coût
- I5 : meilleur compromis sur le coût et la stabilité
- I6 : meilleur coût, moins bonne stabilité

Conclusion et perspectives

- Proposition de méthodes dédiées :
 - Problème d'organisation hebdomadaire des tournées,
 - Réorganisation dynamique des tournées.
- Résultats :
 - Création hebdomadaire : méthode de création des tournées (D5)
 - Evolution dynamique des tournées : méthodes d'insertion (I2) et gestion de l'augmentation des quantités (I4 ou I5 selon critère prédominant).
- Perspectives :
 - Utiliser des méthodes méta-heuristiques,
 - Développer une méthode multi-critères.