

# Un vaste voisinage pour le problème de tournées de véhicules

Guillaume Pinot

Kardinal, Paris, France

ROADEF 2022

# Table des matières

- 1 Problématique
- 2 Le voisinage
- 3 Expérimentations
- 4 Conclusion et perspectives

# Introduction

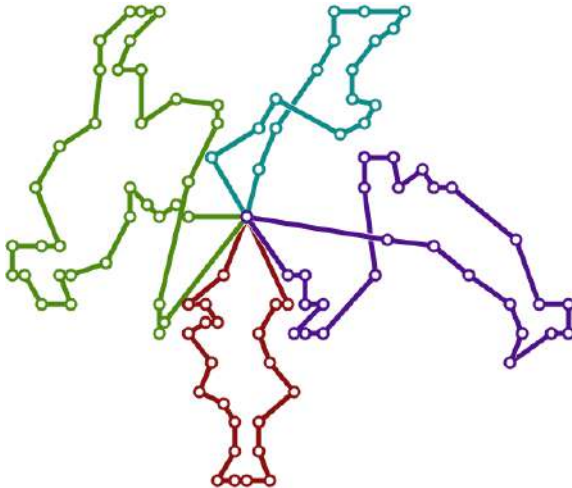
Utilisation de la recherche locale pour le VRP :

- Efficace
- Littérature abondante
- Robuste aux multiples contraintes

Inconvénients :

- Paramétrage délicat
- Sortir d'un minimum local
- Difficulté à minimiser le nombre de véhicules

# Un minimum local



# Décomposition du VRP

- Séquencement des visites sur un véhicule (*Travelling Salesman Problem*)
  - Vérificateur de contraintes paresseux
  - Recherche locale (2-opt, etc.)
- Affectation des visites aux véhicules (*Set Packing Problem*)
  - Mouvement simples (ajout d'une visite, suppression d'une visite, déplacement d'une visite)
  - Choix dans un ensemble d'affectations candidates

# Table des matières

- 1 Problématique
- 2 Le voisinage
- 3 Expérimentations
- 4 Conclusion et perspectives

# Génération des candidats

Soit un ensemble de groupes de visites, une tournée candidate est une tournée existante à laquelle on peut :

- ne rien changer
- enlever un groupe
- ajouter un groupe
- enlever un groupe et ajouter un groupe

On obtient un problème de *set packing* classique, que l'on peut facilement résoudre avec un MILP.

# Génération des groupes

Classification Ascendante Hiérarchique :

- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*

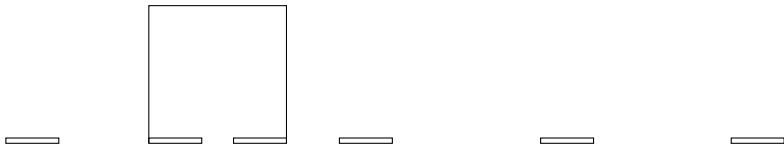




# Génération des groupes

Classification Ascendante Hiérarchique :

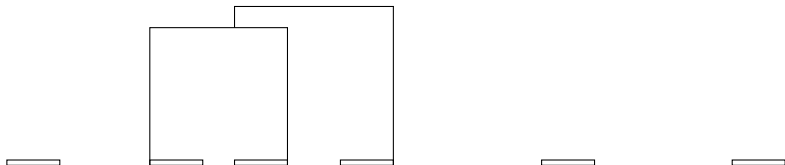
- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*



# Génération des groupes

## Classification Ascendante Hiérarchique :

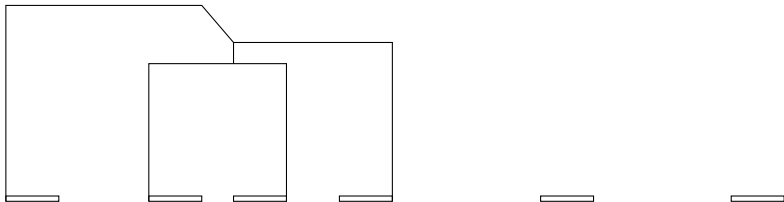
- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*



# Génération des groupes

Classification Ascendante Hiérarchique :

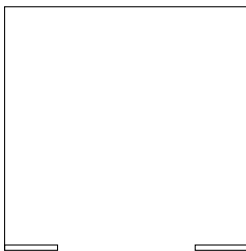
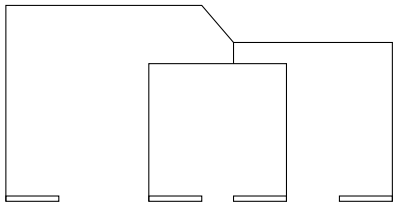
- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*



# Génération des groupes

Classification Ascendante Hiérarchique :

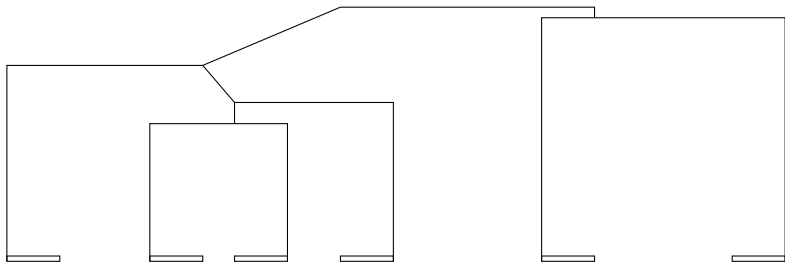
- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*



# Génération des groupes

Classification Ascendante Hiérarchique :

- Distance : intervalle de temps
- *Linkage* : *single*



## Quelques mouvements inclus

Grâce aux groupes à une visite :

- échange de 2 visites entre 2 tours
- rotations de  $n$  visites entre  $n$  tours
- déplacement en chaîne de  $n$  visites sur  $n + 1$  tours

Grâce aux groupes contenant toutes les visites du tour :

- fusion de 2 tours en un seul

Grâce à la hiérarchie des groupes :

- répartitions des visites d'un tour sur plusieurs tours
- répartitions d'un grand nombre de visites d'un tour sur plusieurs tours
- des combinaisons de tous ça

# Table des matières

- 1 Problématique
- 2 Le voisinage
- 3 Expérimentations**
- 4 Conclusion et perspectives

# VRPTW : instances 100 visites de Solomon

Algorithme GRASP : 10 itérations

- Glouton aléatoire tirage sur les 2 meilleurs insertions
- Tant qu'il y a amélioration :
  - Descente réaffectation d'une visite
  - Vaste voisinage

Résultats :

- C20x : Toujours «optimal» sauf 1 (chemin améliorable)
- RC20x : «Optimal» véhicule 5/8, durées dans 3-13%



# Instance industrielles

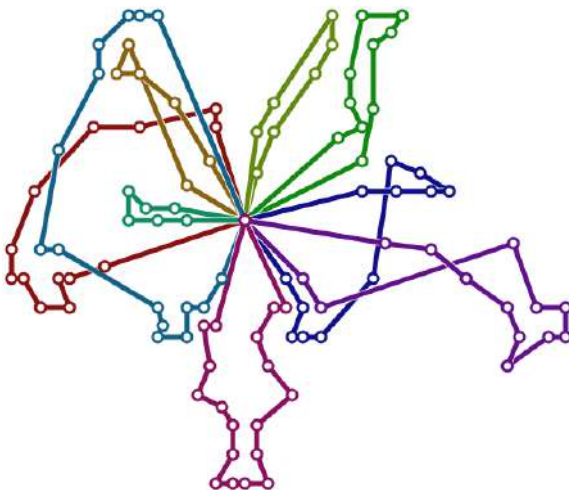
Quelques résultats :

- meilleurs utilisations des véhicules aux caractéristiques différentes (diminution de 20 à 9 ressources sur certaines instances)
- Fonctionne sur une grande variété de problèmes (P&D, TW, flotte hétérogène, etc.)
- Efficace même sur les très gros problèmes (à 3000 visites) en limitant le nombre de groupes

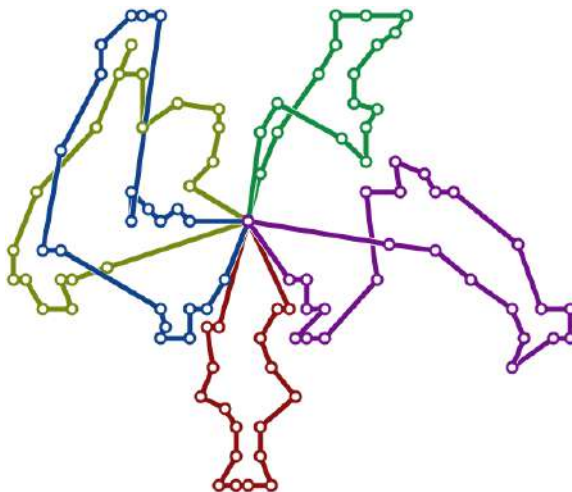
## VRPTW C203 : exemple d'exécution

- Première solution : minimum local (pas d'amélioration en déplaçant une visite)
- Méthode d'insertion : meilleure insertion successive, suivi d'une recherche locale 2-opt
- Durée de génération des candidats : 45s environ
- Durée de résolution du *Set Packing Problem* : 15s environ
- Durée totale d'exécution : 5 min

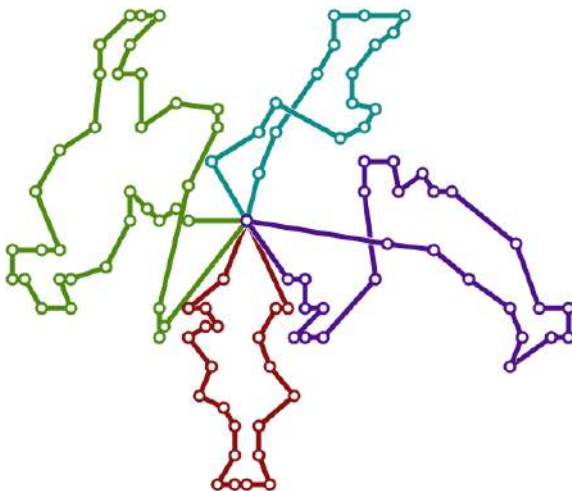
## VRPTW C203 : minimum local



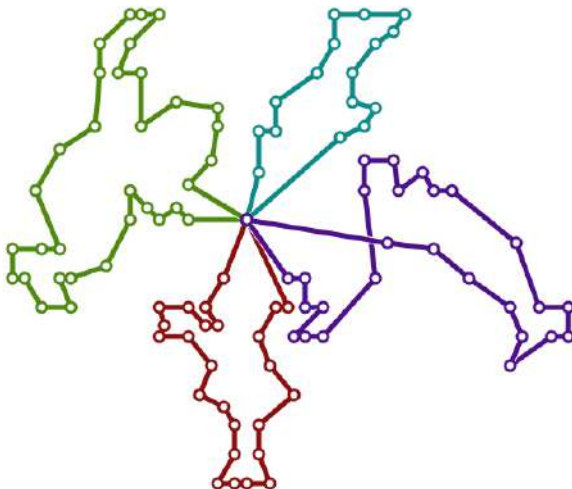
# VRPTW C203 : itération 1



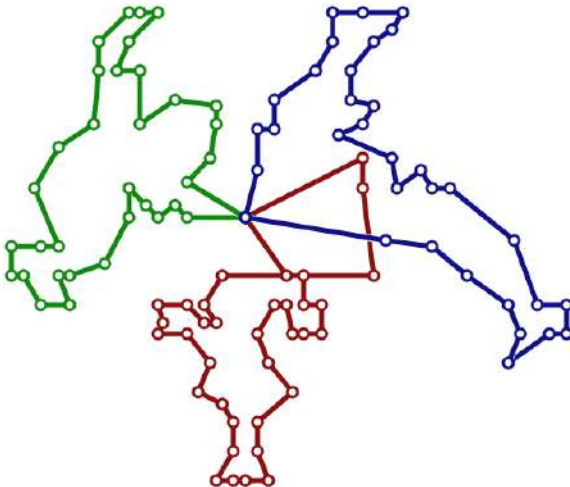
# VRPTW C203 : itération 2



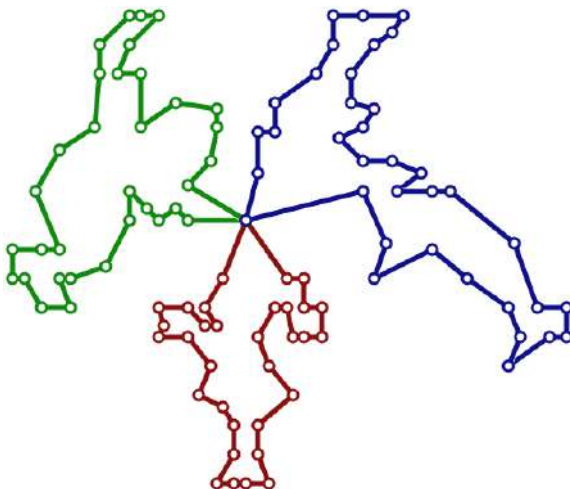
# VRPTW C203 : itération 3



# VRPTW C203 : itération 4



# VRPTW C203 : itération 5





# Table des matières

- ① Problématique
- ② Le voisinage
- ③ Expérimentations
- ④ Conclusion et perspectives

# Conclusions

Un nouveau vaste voisinage :

- Flexible et simple
- Permet de sortir des minima locaux
- Efficace pour minimiser le nombre de véhicules

# Perspectives

- Explorer différentes méthodes pour générer le regroupement hiérarchique :
  - métriques
  - critères de regroupement
- Sélectionner un ensemble pertinent de groupes permettant de trouver de bonnes solutions

# Un vaste voisinage pour le problème de tournées de véhicules

Guillaume Pinot

Kardinal, Paris, France

ROADEF 2022