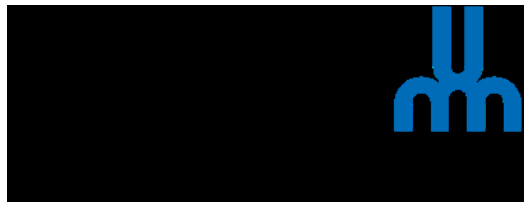


Un algorithme génétique à diversité augmentée pour des problèmes de tournées de véhicules multi-dépôts multi-périodes

*Thibaut Vidal,
Teodor Gabriel Crainic, Michel Gendreau
Nadia Lahrichi, Walter Rei*



Chaire de recherche industrielle
du **CRSNG** en management logistique
NSERC Industrial Research Chair
in Logistics Management

CIRRELT
Centre interuniversitaire
de recherche
sur les réseaux d'entreprise,
la logistique et le transport

2009

Introduction

- ⊕ Problématique de la Fédération des Producteurs de lait du Québec : VRP multi-attributs

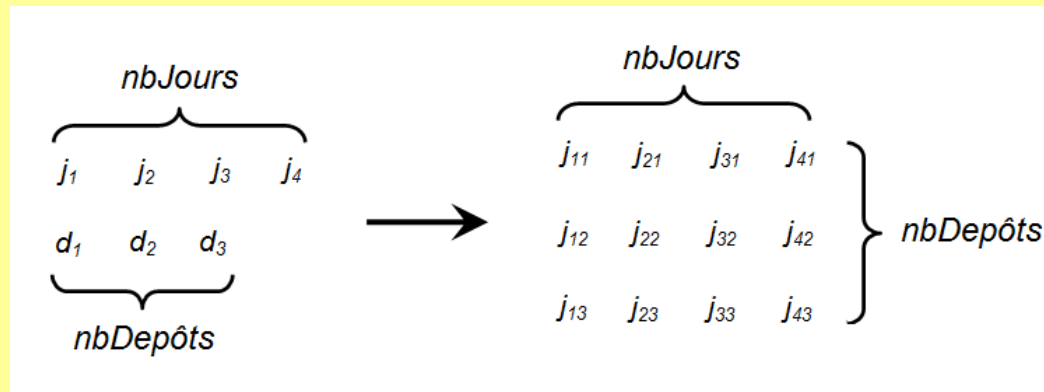
MDPVRP

- ◆ Capacité
- ◆ Durée et longueur des routes
- ◆ Multi-Dépôts
- ◆ Multi-Périodes
- ◆ Flotte hétérogène
- ◆ Fenêtres de temps
- ◆ Multi-Compartiment
- ◆ Fonctions de coûts complexes
- ◆ ...

**Problèmes
combinatoires
« riches »
Très complexes**

Une propriété utile

- Transformation d'un MDPVRP en un PVRP avec large horizon de temps :

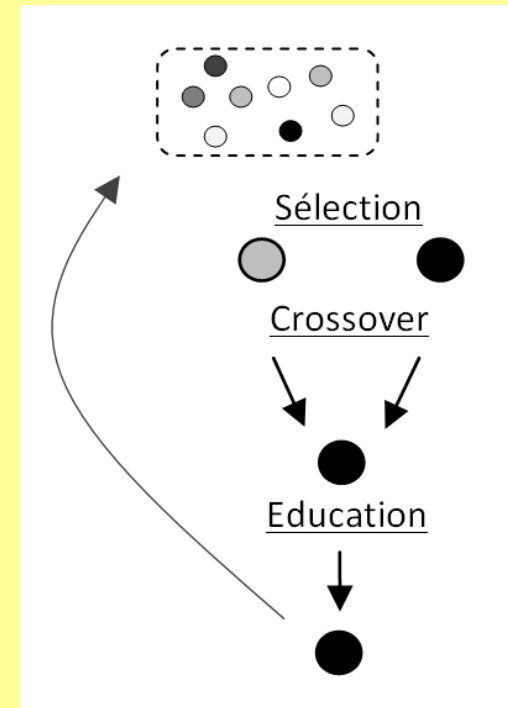


- Pour chaque combinaison (jour, dépôt) du MDPVRP, un jour est associé dans le nouveau PVRP.

Concepts de l'algorithme

⊕ Algorithme génétique hybride :

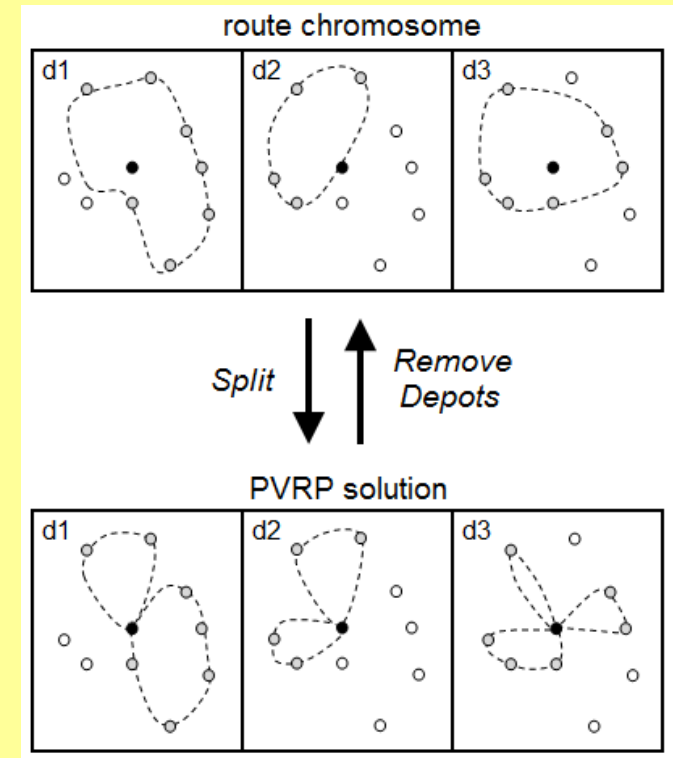
- Opérateurs génétiques classiques
- La mutation aléatoire est remplacée par une éducation des rejetons
- Population restreinte, gestion de la diversité.



Concepts de l'algorithme

④ Représentation des solutions dans le GA

- Chromosomes sans délimiteurs de routes (Prins 2004)
- Pour chaque jour, une permutation des clients
- Utilisation d'un algorithme «Split» qui trouve la segmentation optimale sous forme de routes de manière polynomiale.

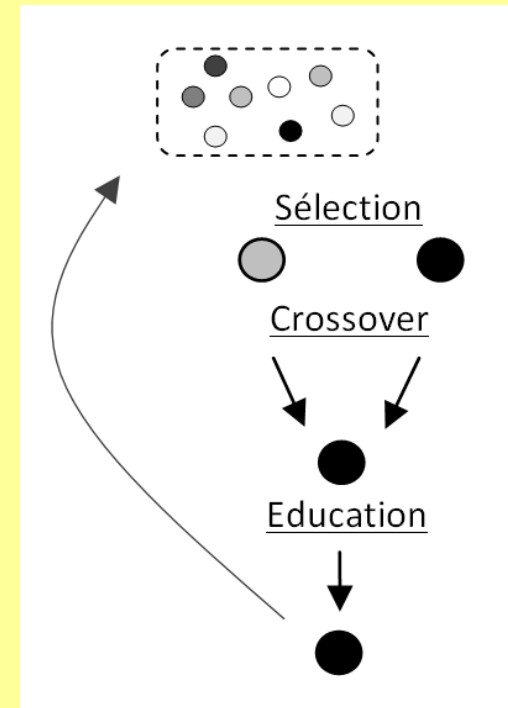


Concepts de l'algorithme

④ Opérateurs génétiques :

➤ Développement d'opérateurs génétiques pour le PVRP :

- Sélection des parents par *Binary Tournament*
- Nouveau Crossover *POXI*
- Education par recherche locale : *insertions, swaps, 2-opt, 2-opt** and *pattern changes*.



Concepts de l'algorithme

④ Gestion de la diversité :

- **Diversité**, crucial pour obtenir de bonnes solutions avec un GA hybride : éviter une convergence prématurée

- Méthodes proposées pour anticiper cette convergence :
 - Prins (2004) ne pas accepter de clones dans la population
 - Sörensen et Sevaux (2006) *Memetic Algorithm with Population Management (MA//PM)*

Concepts de l'algorithme

④ Promotion de la diversité :

- Introduction de méthodes de **promotion de la diversité** lors de l'évaluation d'un individu
- Evaluation en fonction du rang relatif en terme de fitness $fit(I)$, et du rang relatif en terme de contribution à la diversité $dc(I)$:

$$BF(I) = fit(I) + \left(1 - \frac{nbElit}{nbIndiv - 1}\right) \times dc(I)$$

- Eliminer l'individu avec le plus petit $BF(I)$ garantit des propriétés importantes d'élitisme en terme de fitness

Concepts de l'algorithme

- ④ Utilisation de solutions irréalisables pénalisées ne respectant pas les contraintes de charge ou de temps de trajet d'un camion
- ④ Les solutions irréalisables sont gérées dans une deuxième population
- ④ Utilisation d'opérateurs de réparation

Résultats

- ④ GA testé sur les 42 instances de Cordeau, Gendreau, Laporte (1998) pour le PVRP. Comparé aux trois algorithmes les plus performants :
 - **VNS** : Hemmelmayr, Doerner, Hartl (2009)
 - **Scatter Search** : Alegre, Laguna, Pacheco (2007) // résultats partiels
 - **Tabu Search** : Cordeau, Gendreau, Laporte (1998)

- ④ Critères de comparaison :
 - Qualité des résultats sur des instances particulières
 - Ecart relatif moyen par rapport aux meilleures solution connues (BKS)
 - Temps de calcul nécessaire

Résultats

- GA testé sur les 42 instances de Cordeau, Gendreau, Laporte (1998) pour le PVRP. Comparé aux trois algorithmes les plus performants :

Inst	n	m	t	serv	CGL	ALP	HDH	GA	BKS
p01	50	3	2	51	524.61	531.02	524.61	524.61	524.61
p02	50	3	5	104	1330.09	1324.74	1332.01	1322.87	1322.87
p03	50	1	5	50	524.61	537.37	528.97	524.61	524.61
p04	75	6	5	75	837.94	845.97	847.48	835.32	835.26
p05	75	1	10	153	2061.36	2043.74	2059.74	2037.04	2027.99
pr01	48	2	4	96	2234.23	—	2209.11	2209.02	2209.02
pr02	96	4	4	192	3836.49	—	3787.51	3771.29	3774.09
pr03	144	6	4	288	5277.62	—	5243.09	5174.10	5175.15
pr04	192	8	4	384	6072.67	—	6011.39	5914.63	5914.93
pr05	240	10	4	480	6769.8	—	6778.00	6646.75	6618.95
pr06	288	12	4	576	8462.37	—	8461.45	8286.30	8258.08
					1.34%		1.16%	0.11%	
					3.84 min		3.12 min	9.55 min	

Résultats

- GA testé sur les 42 instances de Cordeau, Gendreau, Laporte (1998) pour le PVRP. Comparé aux trois algorithmes les plus performants :

	CGL	HDH 10^7 it	HDH 10^8 it	HDH 10^9 it	GA 10^4 it	GA 1.5×10^4 it	GA 5×10^4 it
T	3.96 min	3.09 min	<i>30 min</i>	<i>300 min</i>	7.07 min	10.88 min	55.06 min
%	+1.79%	+1.42%	+0.73%	+0.36%	+0.16%	+0.06%	+0.01%

Résultats

- ⊕ GA testé sur les 33 instances de Cordeau, Gendreau, Laporte (1998) pour le MDVRP.
 - **ALNS** : Ropke, Pisinger (2007)
 - **Tabu Search** : Cordeau, Gendreau, Laporte (1998)

	CGL	ALNS 2.5×10^4 it	ALNS 5×10^4 it	GA 10^4 it	GA 1.5×10^4 it	GA 5×10^4 it
T	—	1.77 min	3.54 min	6.29 min	9.54 min	22.23 min
%	+0.96%	+0.52%	+0.35%	+0.00%	-0.02%	-0.04%

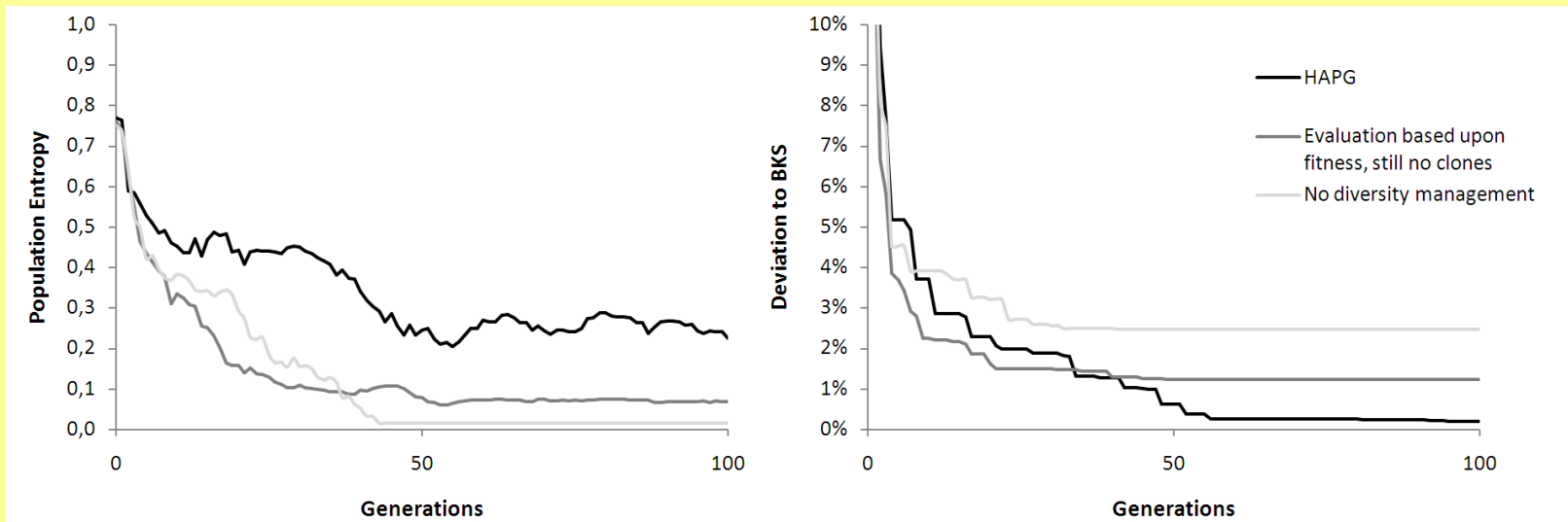
Calibration des paramètres

- ④ Scepticisme envers les GA : grand nombre de paramètres
 - Le choix de bons paramètres de l'algorithme est déjà un problème très difficile, corrélation entre paramètres
 - Beaucoup de temps de recherche consacré à cet aspect
- ④ Utilisation d'une méta-calibration
 - Une méta-heuristique se charge de résoudre le problème P :
$$P \left\{ \begin{array}{l} \textit{Trouver les meilleurs paramètres du GA :} \\ \textit{Solution} = \textit{valeurs des paramètres} \\ \textit{Evaluation} = \textit{exécutions du GA avec ces paramètres sur un jeu} \\ \textit{d'instances représentatives} \end{array} \right.$$
 - Permet de guider le développement
 - Peut conduire à des simplifications de l'algorithme

Gestion de la diversité

🌐 Comparaison avec d'autres méthodes de gestion de la diversité.
Impact fortement visible.

- I) Notre algorithme
- II) Méthode de préservation de la diversité : suppression des clones
- III) Pas de méthode de gestion de la diversité



Conclusions

- ④ GA pour le MDPVRP et ses sous-problèmes
 - Nouveaux opérateurs génétiques
 - Méthodes de promotion de la diversité
 - Gestion des solutions irréalisables dans une seconde population

- ④ Amélioration de l'état de l'art sur des problèmes classiques (PVRP et MDVRP)

- ④ Enrichissement progressif des problèmes traités

- ④ Nouveaux concepts susceptibles d'être testés hors contexte du VRP, ou abordés théoriquement.

Références

- ④ Alegre, J.; Laguna, M. & Pacheco, J.
Optimizing the periodic pick-up of raw materials for a manufacturer of auto parts
European Journal of Operational Research, **2007**
- ④ Cordeau, J. F.; Gendreau, M. & Laporte, G.
A tabu search heuristic for periodic and multi-depot vehicle routing problems
Networks, **1997**
- ④ Hemmelmayr, V. C.; Doerner, K. F. & Hartl, R. F.
A variable neighborhood search heuristic for periodic routing problems
European Journal of Operational Research, **2009**
- ④ Ropke, S. & Pisinger, D. A general heuristic for vehicle routing problems
Computers & Operations Research, **2007**
- ④ Prins, C. A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem, *Computers & Operations Research*, **2004**
- ④ Sörensen, K. & Sevaux, M. MAPM: memetic algorithms with population management, *Computers & Operations Research*, **2006**

Merci !!!

Merci pour votre attention 😊

Je suis là pour répondre à vos questions