



DELIVERY ROUTE OPTIMIZATION : RÉSOLUTION D'UN SCÉNARIO TSP AVEC HEURISTIQUES SIMPLES (NN, ACO)

CHABBAKI AYMAN

AFYF BADREDDINE

AYAR HANANE

encadré par: Prof. El Habib BEN LAHMAR et Dr. Zakaria EL FAKIR

Université Hassan II de Casablanca Faculté des Sciences Ben M'Sick

licence d'excellence en intelligence artificielle

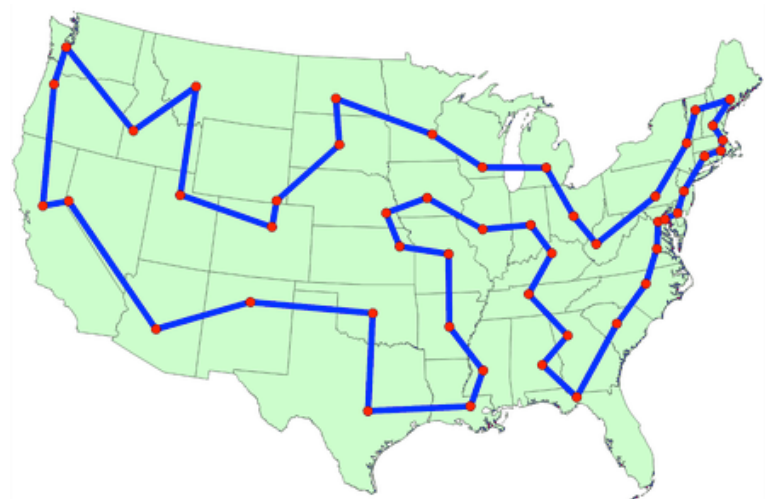


Résumé

Cette étude explore l'optimisation des tournées de livraison à travers le problème du voyageur de commerce (TSP), en mettant l'accent sur la réduction du coût total de trajet. Deux heuristiques sont comparées : Plus Proche Voisin (NN), méthode gloutonne rapide, et Ant Colony Optimization (ACO), algorithme bio-inspiré. Les performances sont évaluées sur plusieurs instances de petite taille issues de TSPLIB. Une optimisation automatique des paramètres d'ACO via Optuna permet d'améliorer significativement les résultats, sans allonger le temps de calcul. Les résultats montrent que l'ACO optimisé constitue un bon compromis entre efficacité et qualité de solution.

Introduction

Le problème du voyageur de commerce (Travelling Salesman Problem, TSP) est un problème d'optimisation combinatoire NP-difficile. Il consiste à trouver le plus court chemin permettant de visiter une fois chacune des villes d'un graphe, puis de revenir à la ville de départ.



L'objectif est de minimiser la fonction de coût suivante :

où:

$$f(\pi) = \sum_{i=1}^{n-1} d_{\pi(i)\pi(i+1)} + d_{\pi(n)\pi(1)}$$

- π est une permutation des nœuds.
- n est le nombre de nœuds dans G .
- d est la distance ou la mesure de coût associée à une arête.

La complexité du TSP rend les solutions exactes difficilement applicables à grande échelle. Ainsi, des techniques de recherche approximative sont nécessaires pour obtenir des solutions proches de l'optimal.

Dans cette étude, nous comparons deux heuristiques simples : le plus proche voisin (Nearest Neighbor) et l'optimisation par colonie de fourmis (Ant Colony Optimization, ACO). L'analyse porte notamment sur le coût total du trajet généré par chaque méthode, afin d'évaluer leur efficacité dans un contexte de livraison réaliste.

Methodologie

Pour comparer l'efficacité de différentes heuristiques dans la résolution du problème du voyageur de commerce (TSP), nous avons utilisé un sous-ensemble de 10 instances tirées du jeu de données public TSPLIB. Chaque instance contient une matrice de distances carrée représentant les coûts de déplacement entre les villes.

Trois approches ont été évaluées :

- Nearest Neighbor (NN) : une méthode gloutonne simple partant d'un nœud aléatoire et choisissant à chaque étape la ville la plus proche non encore visitée.
- ACO (Ant Colony Optimization) : une heuristique inspirée du comportement des fourmis, utilisant des paramètres par défaut.
- ACO optimisé : la même heuristique, mais dont les paramètres ont été ajustés automatiquement à l'aide d'Optuna pour chaque instance.

Chaque algorithme a été appliqué à chaque instance, et le coût total du chemin généré a été enregistré et comparé au coût optimal connu.

Optimisation des Paramètres (Tuning ACO)

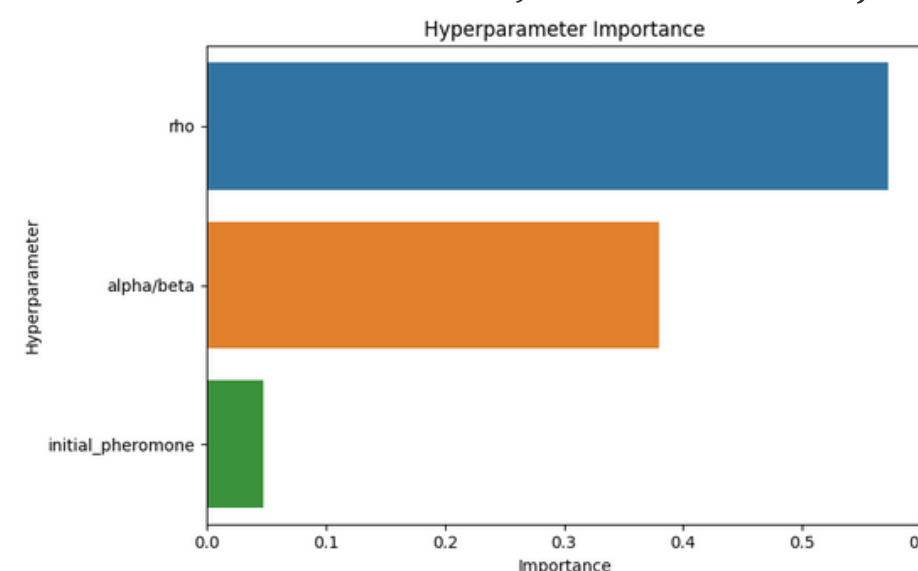
La performance de l'ACO dépend fortement de ses hyperparamètres. Une optimisation automatique via Optuna a permis d'améliorer la qualité des solutions sans augmenter significativement le temps de calcul.

Paramètres clés optimisés :

- ρ (évaporation) : le plus influent
- α / β : équilibre mémoire vs proximité
- Phéromone initiale : effet modéré

Comparaison :

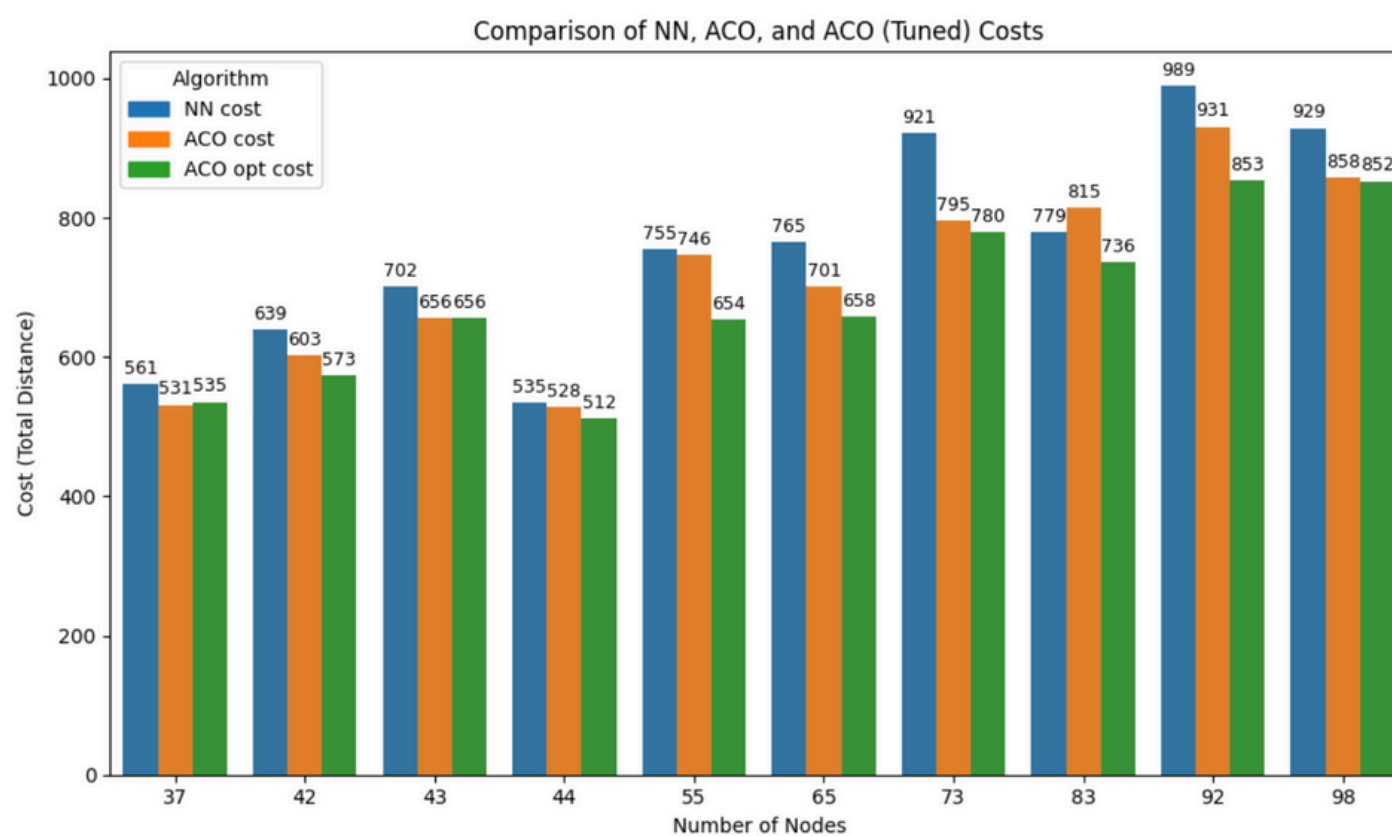
- ACO avec moins d'itérations : exécution courte, résultats moyens
- ACO avec plus fourmis : meilleure qualité, plus lent
- ACO optimisé : meilleurs résultats, sans surcoût majeur



Results

Les résultats montrent une nette progression de la performance entre les trois approches :

- La méthode Nearest Neighbor donne des résultats rapides mais souvent éloignés de l'optimal.
- L'ACO par défaut offre de meilleures performances globales.
- L'ACO optimisé fournit les meilleurs résultats, se rapprochant fortement du coût optimal connu pour chaque instance.



Conclusion

Les résultats montrent que l'algorithme ACO surpasse largement l'approche du plus proche voisin. Avec des paramètres optimisés, ACO atteint des coûts proches de l'optimal, démontrant son efficacité pour l'optimisation de tournées de livraison. Ces méthodes offrent un bon compromis entre performance et temps de calcul.

References

- Le Mercier, A. (2022). Traveling Salesman Problem: From Greedy to Ants.
- Dorigo, M. & Birattari, M. (2004). Ant Colony Optimization.
- TSPLIB Dataset – Ziyao7 on Kaggle
- Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T., & Koyama, M. (2019). Optuna: A Next-generation Hyperparameter Optimization Framework.