

Projet DIC938K

Gestion stochastique des bornes de recharge de VÉ

Jaël Champagne Gareau

Université du Québec à Montréal

21 décembre 2017

Sommaire

- 1 Introduction et Problématique
- 2 État de l'art et Méthode
- 3 Expérimentations et Conclusion

Sommaire

- 1 Introduction et Problématique
- 2 État de l'art et Méthode
- 3 Expérimentations et Conclusion

Introduction

- Il y a de plus en plus de VÉ en circulation
- Ceux-ci ont une autonomie limitée et un temps élevé de recharge de la batterie (≈ 30 min) [dQ11]
- Il faut donc une planification soigneuse pour prévoir les bornes où se recharger lors d'un trajet de A vers B

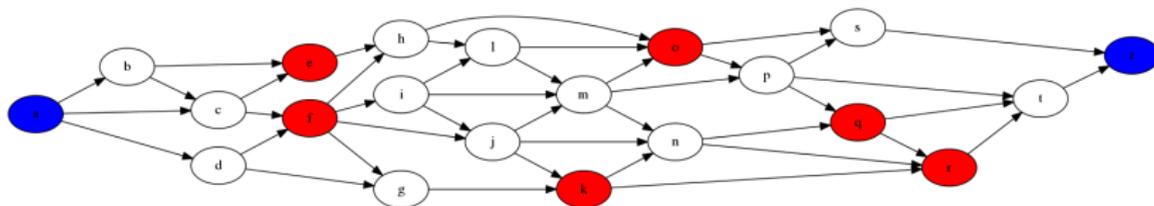
Planificateur

Le travail se base sur un planificateur fait précédemment.
L'algorithme qui était alors utilisé est le suivant :

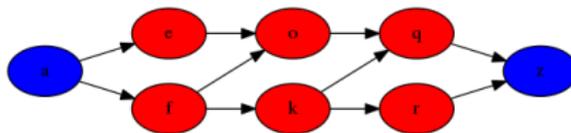
```
1 chemin = dijkstra ( graphe , départ , arrivé )
2 if longueur ( chemin ) <= autonomie :
3     return chemin
4 Créer s-graphe avec bornes , départ , arrivé
5 for borne in bornes :
6     dijkstra ( graphe , borne , _ , autonomie )
7     mettre les poids sur les arêtes qui touchent à borne
8 chemin = dijkstra ( s-graphe , départ , arrivée )
9 Déduire le chemin total à partir de chemin
10 return cheminTotal
```

Listing 1 – Algorithme de base

Exemple d'exécution



Un réseau routier



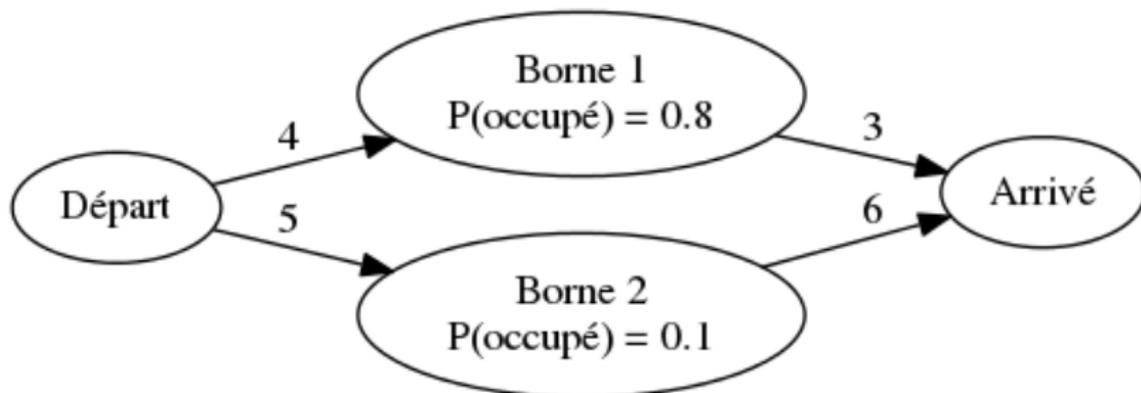
Sous-graphe du réseau routier

Limitations

- Vitesse supposée constante partout (72 km/h)
- Temps de recharge constant (30 min) ne tenant pas compte du modèle du véhicule ou du pourcentage d'énergie restant dans la batterie
- Ne tient pas compte de l'effet de la vitesse sur la consommation
- Ne tient pas compte du relief de la carte
- Ne considère que les bornes L3 (rapide)
- Considère que le départ et l'arrivée arrivent pile sur un nœud de la carte
- Au départ, la batterie est totalement chargée
- Pas de recharge partielle de la batterie
- **L'achalandage des bornes n'est pas considéré**

Problématique

- Avec l'ancien planificateur, ça donne (Départ, Borne1, Arrivé)
- $E[\text{temps d'attente B1}] = 0.8 * 15 = 12 \text{ min}$
- $E[\text{temps d'attente B2}] = 0.1 * 15 = 1.5 \text{ min}$
- On attend en moyenne $12 - 1.5 = 10.5 \text{ min}$ de plus à B1



Problème lorsqu'on ne considère pas l'occupation des bornes

Sommaire

- 1 Introduction et Problématique
- 2 État de l'art et Méthode
- 3 Expérimentations et Conclusion

État de l'art

Des chercheurs allemands [S⁺11] ont tenu compte de :

- L'énergie potentielle
- La possibilité que la pile se recharge pendant le trajet
- Limites de vitesse différentes sur chaque segment
- Pile initialement partiellement chargée
- Résistance de l'air
- Masse du véhicule et du chargement

Par contre, ils ne tiennent pas compte de la présence de bornes de recharge. L'approche utilise A* avec une heuristique basée sur la métrique euclidienne et la plus petite limite de vitesse dans le graphe.

D'autres chercheurs [E⁺11] ont obtenu des résultats similaires.

État de l'art

Dans d'autres articles ([B⁺14] [F⁺16]), le problème de rechargement au milieu du trajet est considéré. Par contre, aucun de ces articles ne considère l'incertitude inhérente au problème :

- Le trafic
- La météo
- La décharge de la pile
- L'occupation des bornes

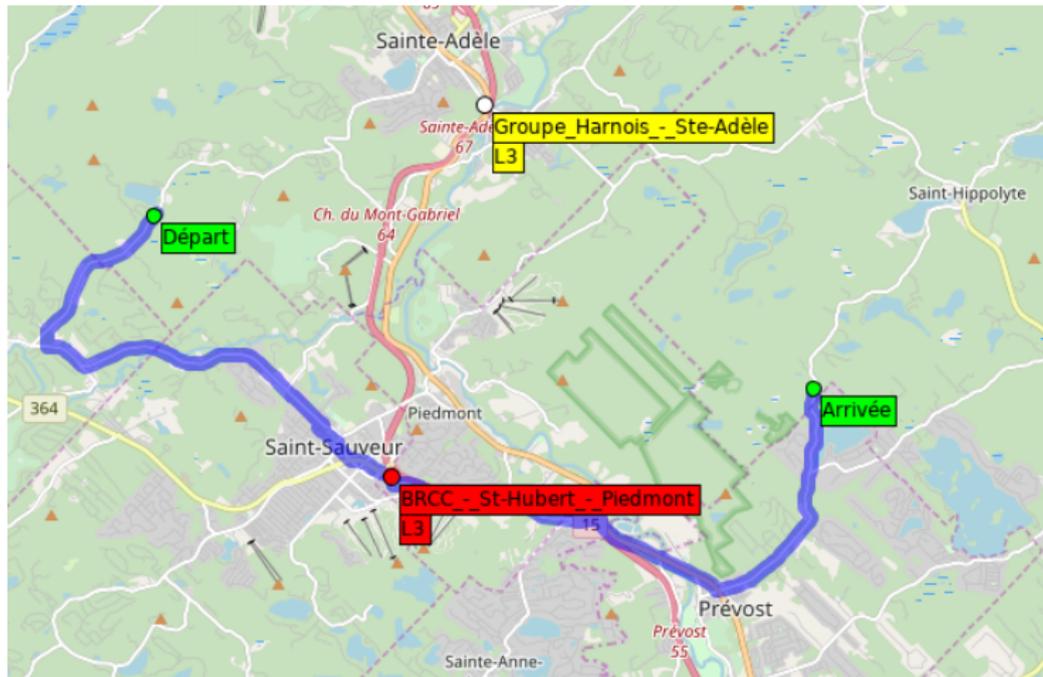
Méthode

- Les données d'occupation ont été récupérées sur le site du Circuit Électrique [Add17] (format JSON) chaque 5 min.
- Les données ont été combinées pour former un fichier contenant les bornes et la probabilité d'occupation à chaque heure et chaque jour de la semaine de celles-ci.
- Un visualisateur a été modifié¹ pour permettre l'affichage de la probabilité d'occupation des bornes (blanc=0, noir=1).
- Format des requêtes modifié pour y inclure le jour et l'heure.
- Le planificateur a été modifié pour tenir compte du nouveau format des requêtes et des bornes.
- On ajoute au poids des arêtes sortantes de chaque borne du sous-graphe une distance correspondant au même temps à parcourir que le temps espéré d'attente.

Sommaire

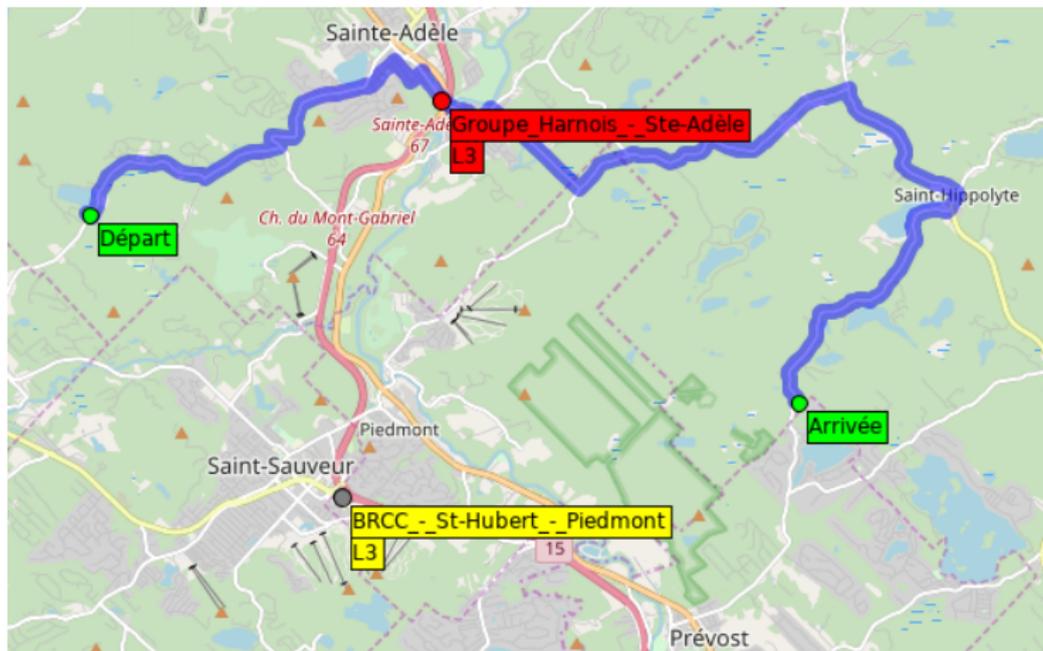
- 1 Introduction et Problématique
- 2 État de l'art et Méthode
- 3 Expérimentations et Conclusion

Exemple



Le meilleur itinéraire le lundi midi passe par Piedmont

Exemple



Le meilleur itinéraire le mardi midi passe par Sainte-Adèle

Conclusion

- Les données d'occupation des bornes du Québec ont été recueillies
- Le planificateur a été adapté pour en tenir compte dans le choix du meilleur itinéraire
- Cela a permis de résoudre la problématique illustrée plus tôt

Dans de futurs travaux, il serait possible de :

- Générer des itinéraires alternatifs
- Récupérer les données d'occupation en temps réel et utiliser un planificateur *online*

Références



AddEnergie.

Circuit Électrique, 2017.



Baouche et al.

EV green routing with possible en-route recharging.
IEEE, 2014.



Gouvernement du Québec.

VÉ : Recharge et Équipement, 2011.



Eisner et al.

Optimal Route Planning for EVs in Large Networks.
AAAI, 2011.



Funke et al.

Placement of Loading Stations for EVs : Allowing Small Detours.
IJCAI, 2016.



Sachenbacher et al.

Efficient Energy-Optimal Routing for EVs.
Proc. Twenty-Fifth AAAI Conference on AI, 2011.