



# Décomposition et analyse de sensibilité des temps de parcours en bus

**Yuxuan Wang**, étudiante au doctorat en génie civil

Sous la direction de:

Pre Catherine Morency, Prof Martin Trépanier



**POLYTECHNIQUE  
MONTRÉAL**



# Motivations

- La fiabilité des temps de parcours est importante pour les sociétés de transport et les usagers
- Mieux comprendre les conditions de déplacement des bus
- Utiliser et intégrer les données automatisées et existantes
- Identifier les causes des variations des temps de parcours
- Choisir les bonnes stratégies pour améliorer la fiabilité
- Développer des horaires plus précis



# Revue de littérature

- Facteurs affectant les temps de parcours déjà identifiés
  - Congestions
  - Variations d'achalandage
  - Feux de circulation
- Limites des études actuelles
  - Les études s'appuient sur des simulations
  - Les études ne tiennent pas correctement compte de la diversité des phasages aux différents feux de circulation et considèrent qu'ils sont tous identiques

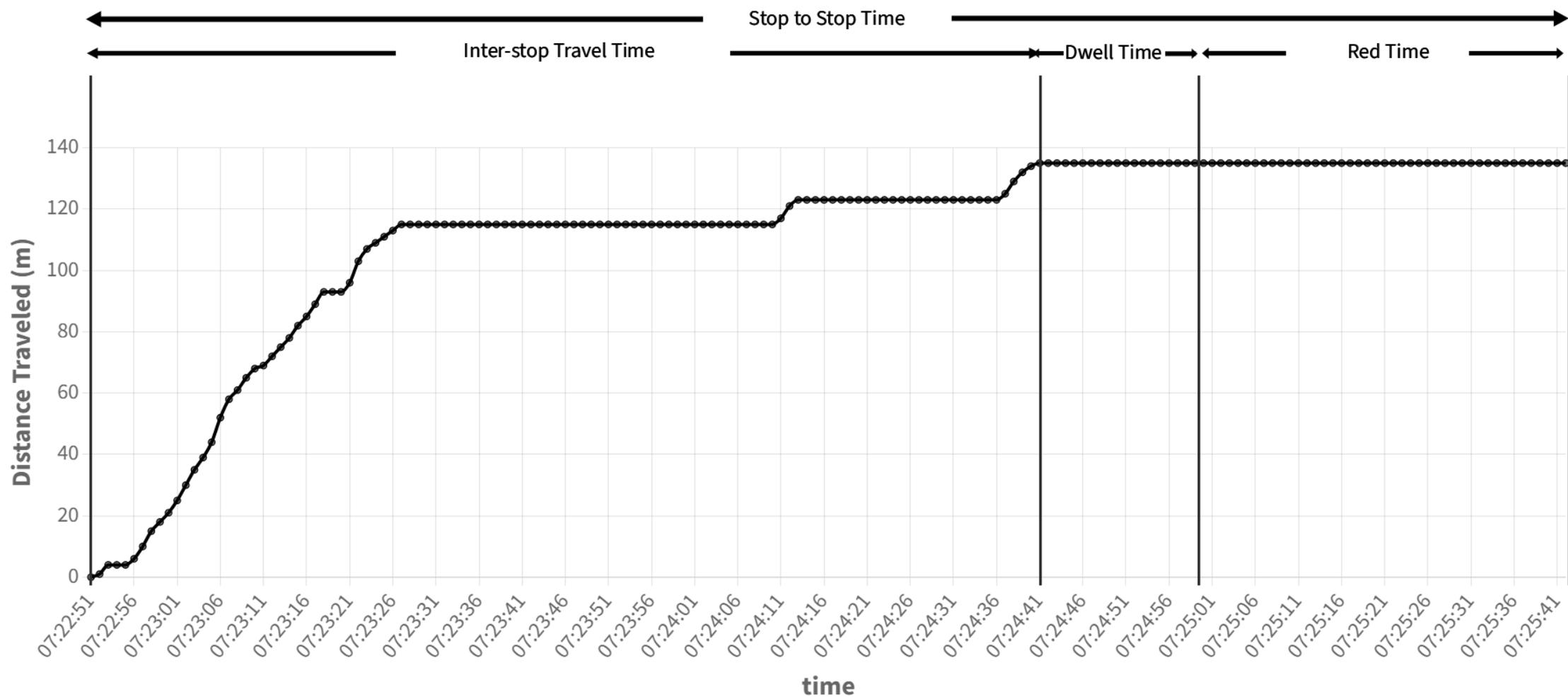


# Idées / Questions

- Améliorer les modèles de temps de parcours observés avec « des informations presque parfaites »
- Estimer les temps d'arrêt et les temps d'attente aux feux
- Modéliser la séquence de décisions prises par les chauffeurs
- D'où viennent les variations de temps?
- Quelles sont les variations de temps attribuables à chaque étape du voyage ?



# Décomposer les temps de parcours (TCQSM)

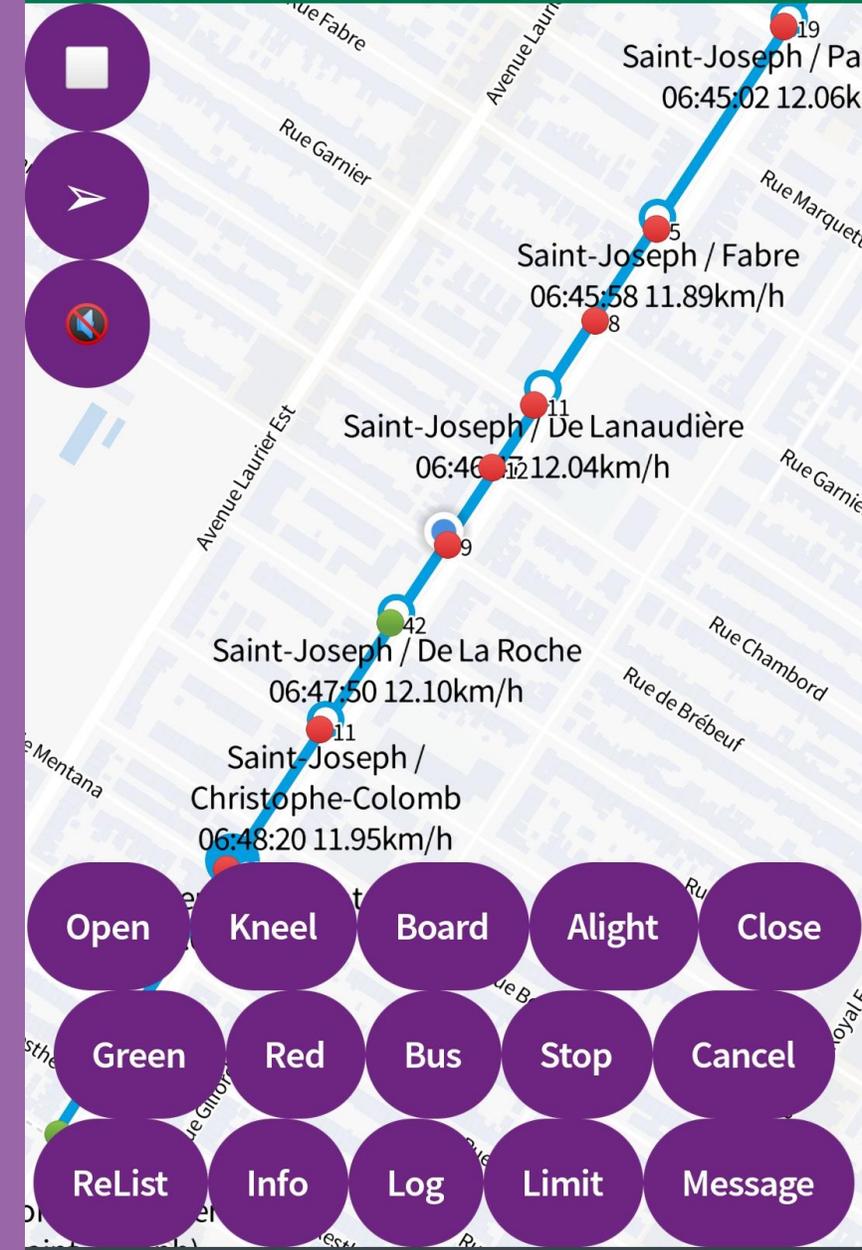


# Données

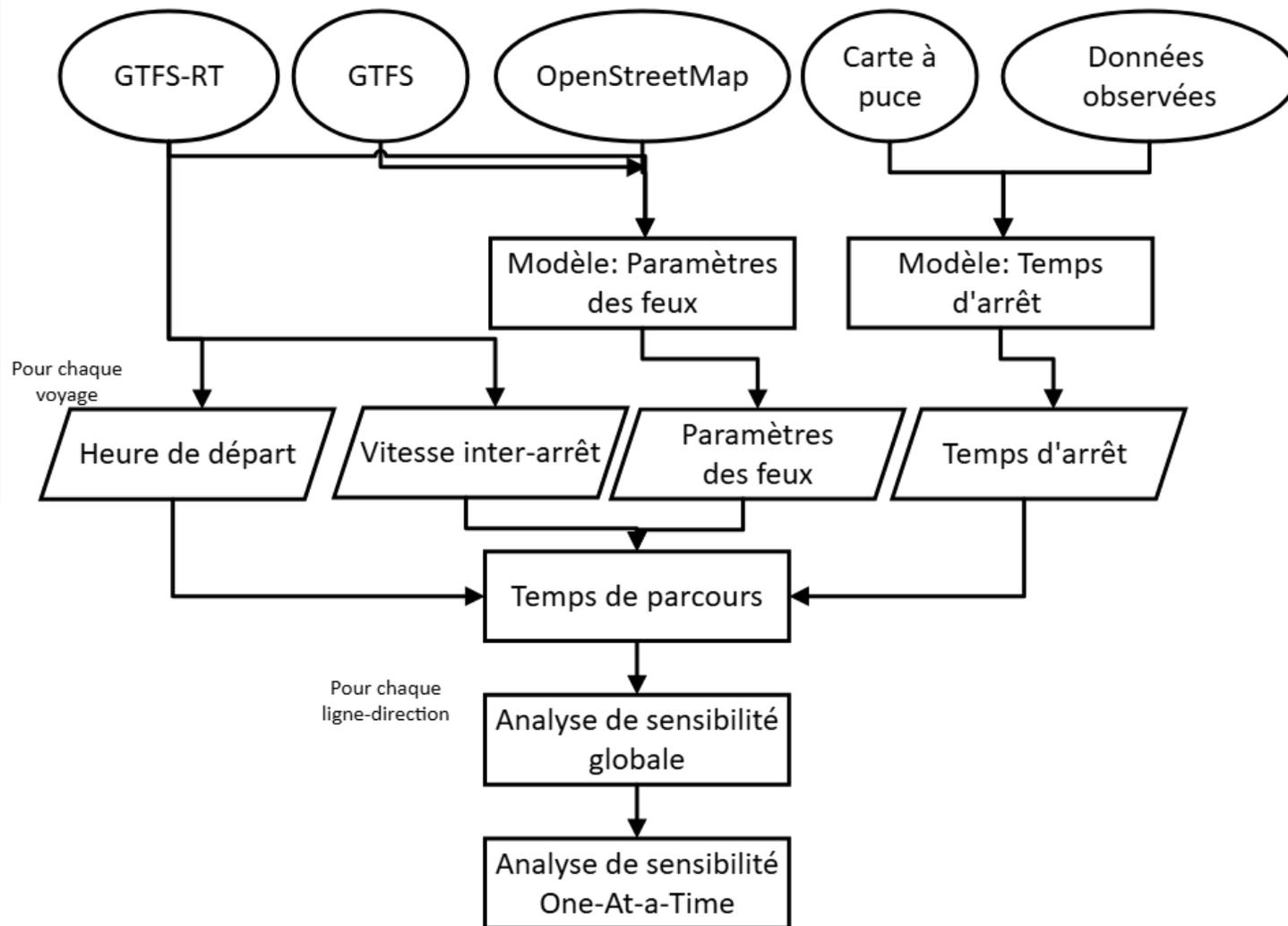
- Observation: 24J (Jan 2024 ~ Mar 2024)
- Parcours planifiés: GTFS
- Positions: GTFS-RT
- Achalandage: AFC + Collection à bord
- Feux de circulation:
  - OpenStreetMap (positions)
  - Déduire les cycles (GTFS-RT)
  - Vérification à bord + aux intersections (App)

06:48:40 Delay: +01:12 Speed: 0.71 km/h

To: Saint-Joseph / De La Roche

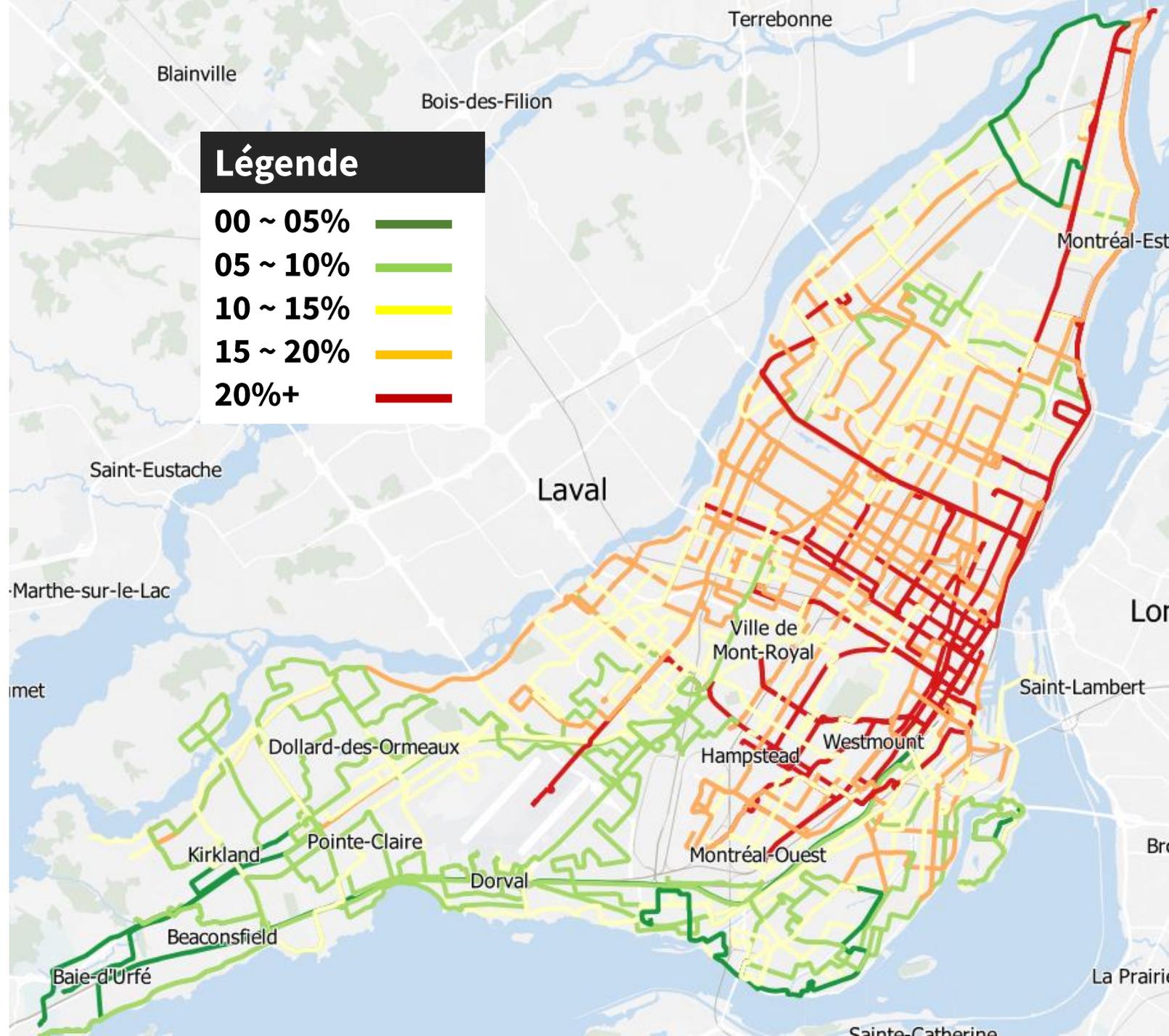


# Cadre de recherche



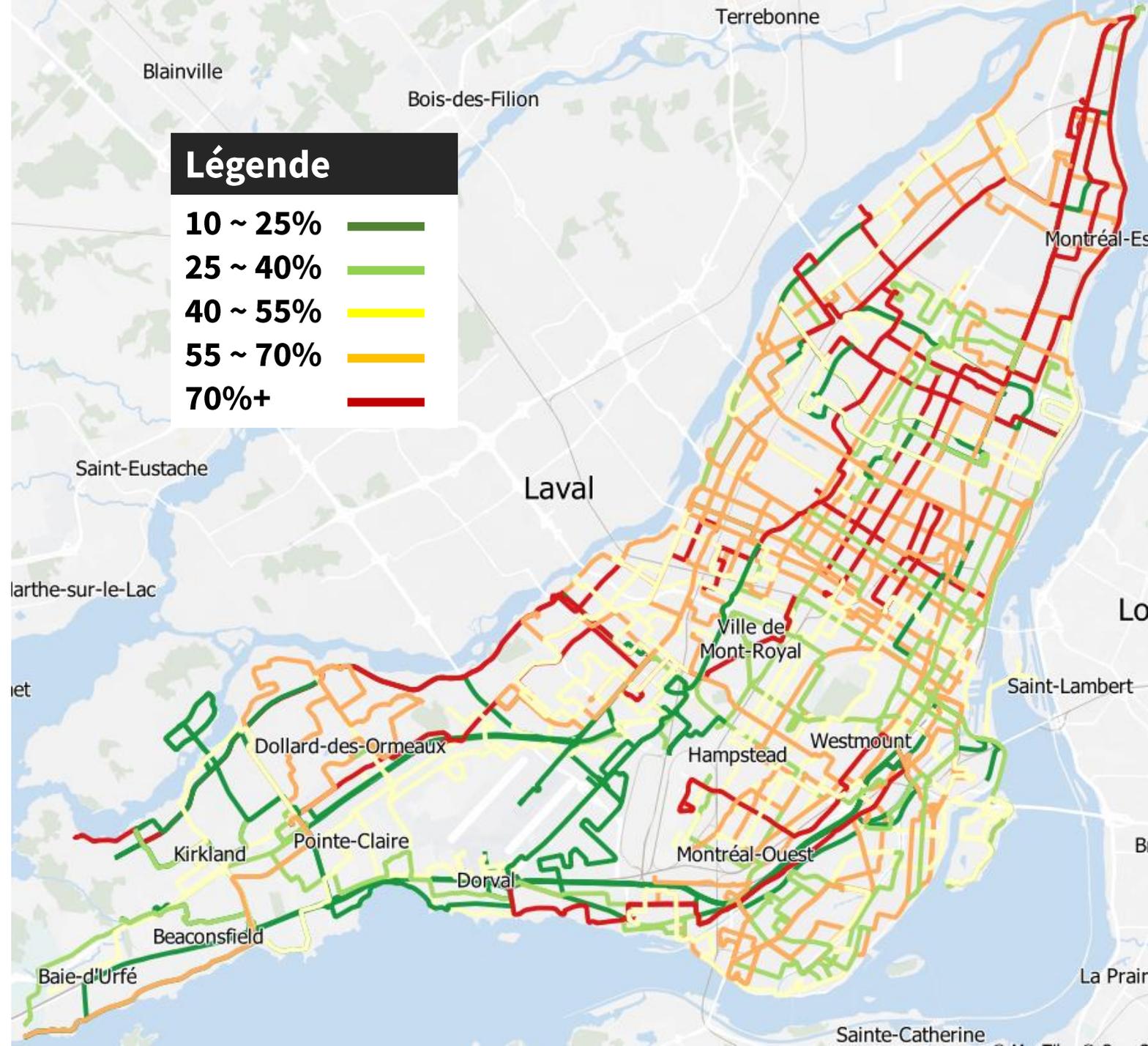
# Temps d'attente aux feux

- 20~25% temps de parcours près du centre-ville
- 1624 heures de service par jour (Réseau de jour)
- 19572 passagers-heure par jour (Réseau de jour)
- Moins important dans l'ouest de l'île
- Moins important pour les lignes express



# Pourcentage de variations attribué aux feux rouges

- Contribution importante aux variations totales du temps de parcours
- La plupart des lignes > 55%
- Moins important dans l'ouest de l'île
- Moins important pour les lignes sur l'autoroute
- Moins important pour les lignes congestionnées



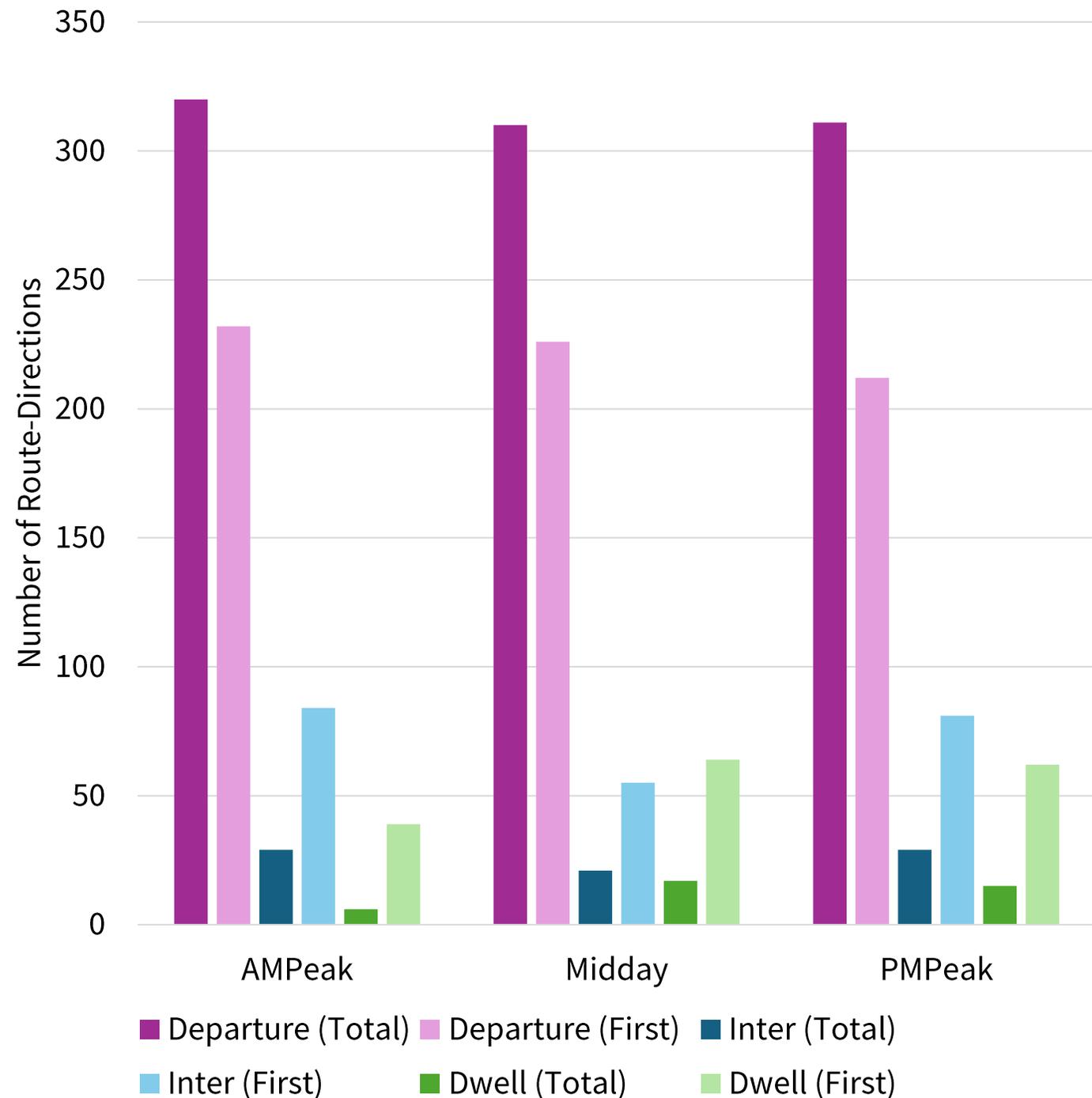
# Analyse de Sensibilité Globale

- Permet d'analyser les effets d'interaction, les relations non linéaires
- Permet de classer l'importance de chaque variable
- Indice simple
  - Proportion de variance expliquée par une variable, sans interaction
- Indice total
  - Proportion de variance expliquée par une variable, incluant toutes les interactions



# Sensibilité: Temps d'attente aux feux

- Facteur le plus important (Indice simple)
  - Heure de départ: 62,5%
  - Temps d'arrêt: 18,75%
  - Inter-arrêt: 18,75%
- Facteur le plus important (Indice total)
  - Heure de départ : 92,5%
  - Inter-arrêt: 7,5%
- Important de choisir le bon moment pour le départ (Pas de durées égales!)
- Il faut repenser la manière de réviser les horaires et la synchronisation des feux



# Interactions entre: Heure de départ + paramètres des feux

Intervalle planifié: 5 min



# Interactions entre: Heure de départ + paramètres des feux

Ajoute un feu: 100 sec par cycle, 50 sec verte, 50 sec rouge



16:30



16:35



16:30:00

16:30:50

16:31:40

16:32:30

16:33:20

16:34:10

16:35:00



16:30



16:35

Tout va bien!

# Interactions entre: Heure de départ + paramètres des feux

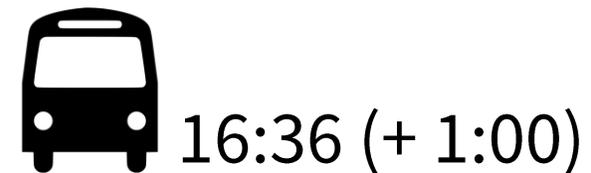
Ajoute un feu: 120 sec par cycle, 60 sec verte, 60 sec rouge



16:30:00    16:31:00    16:32:00    16:33:00    16:34:00    16:35:00    16:36:00



Impossible de maintenir l'intervalle!  
Intervalle réel : 6 min (+50%), 4 min...

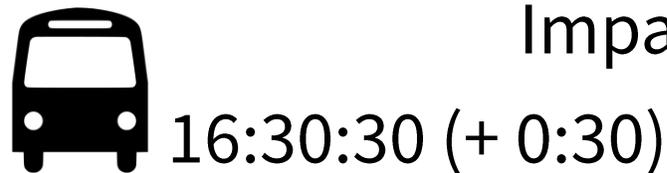


# Interactions entre: Heure de départ + paramètres des feux

Ajoute un feu: 120 sec par cycle, 60 sec verte, 60 sec rouge, 30 sec offset



16:29:30    16:30:30    16:31:30    16:32:30    16:33:30    16:34:30    16:35:30    16:36:30

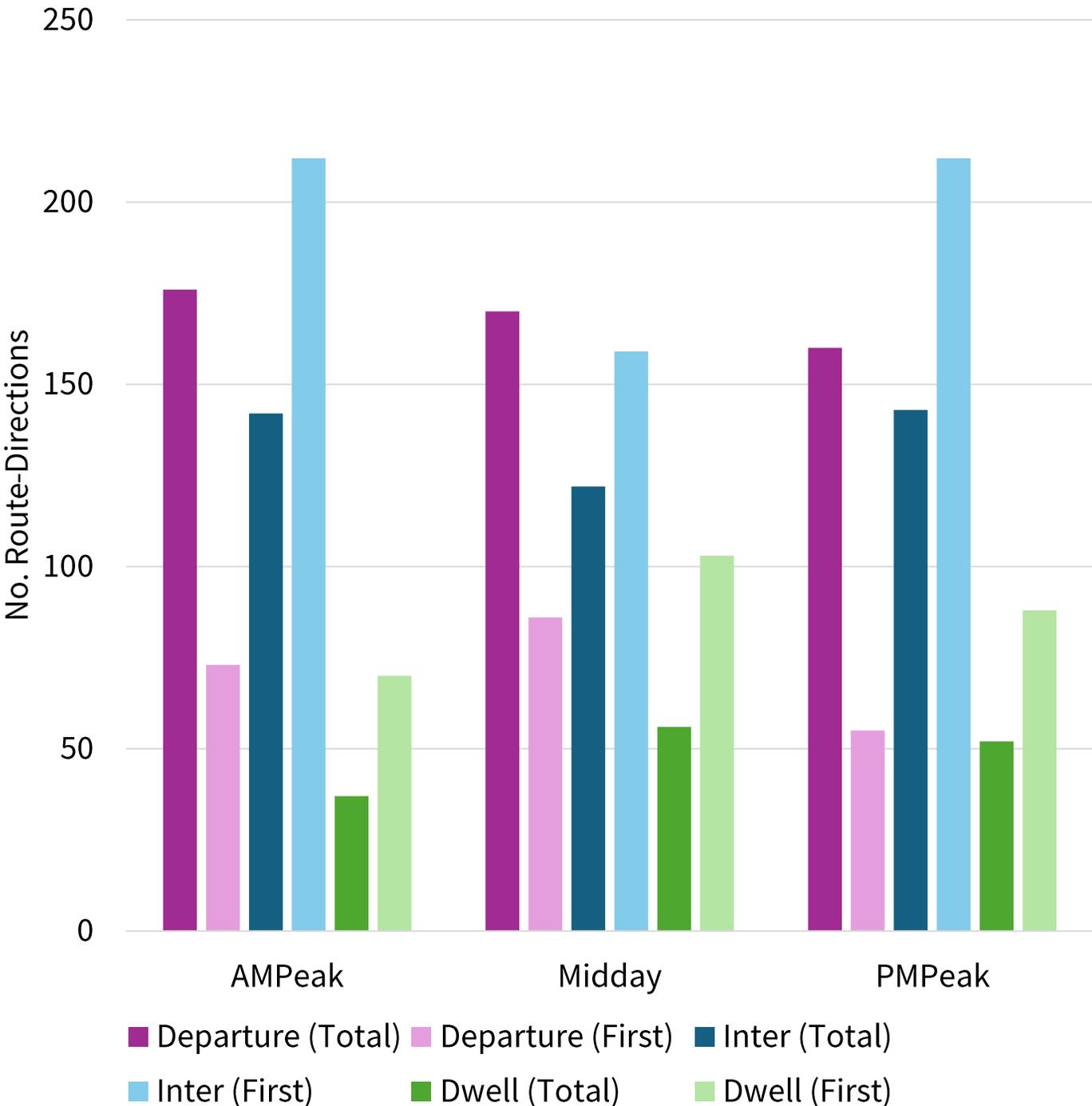


Impact différent!



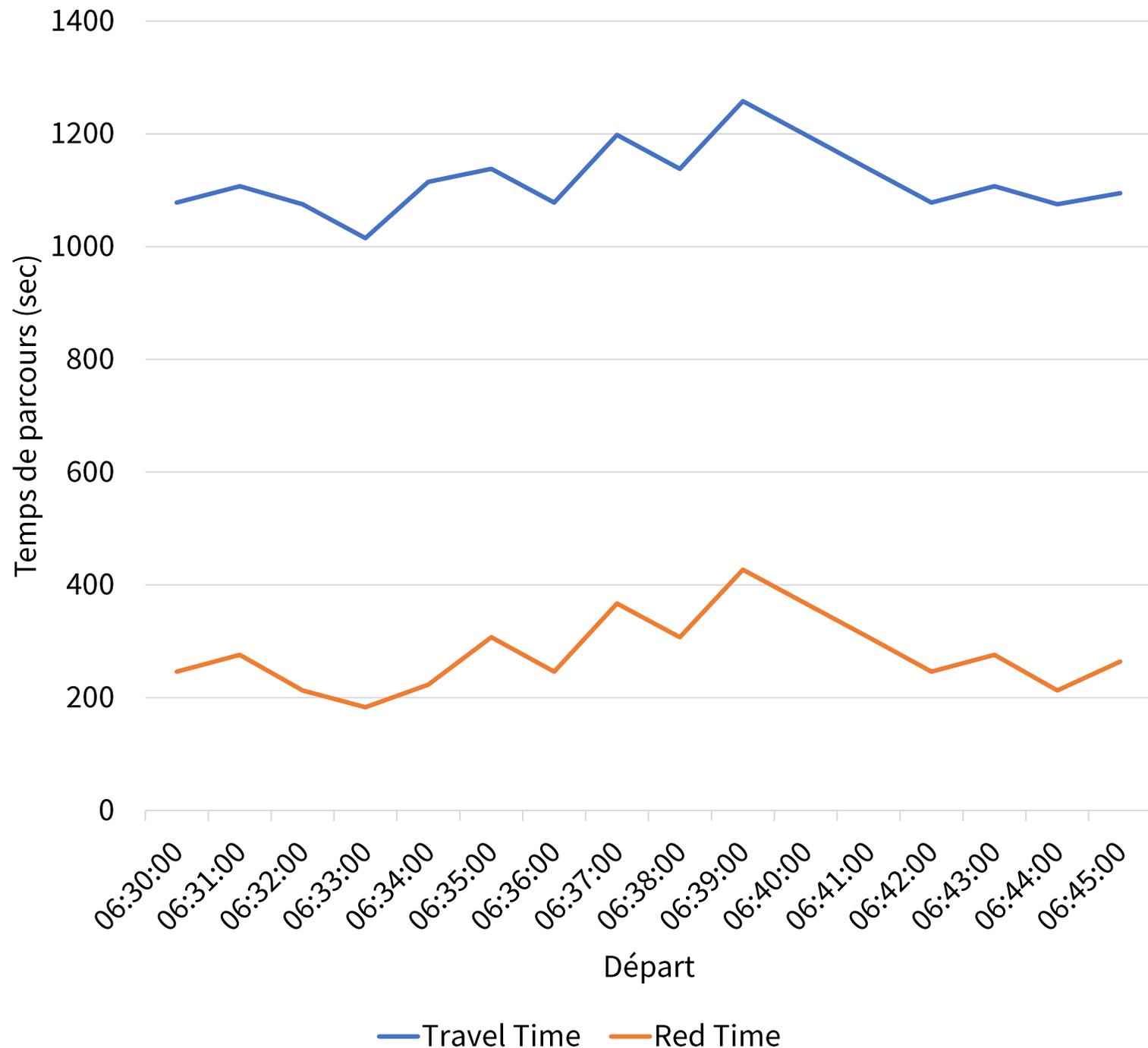
# Sensibilité: Temps de parcours total

- Facteur le plus important (Indice simple)
  - Heure de départ: 25%
  - Temps d'arrêt: 25%
  - Inter-arrêt: 50%
- Facteur le plus important (Indice total)
  - Heure de départ : 50%
  - Temps d'arrêt : 12,5%
  - Inter-arrêt : 37,5%
- Changements temporels:
  - Les vitesses deviennent plus importantes aux heures de pointe
  - L'heure de départ est moins importante plus tard



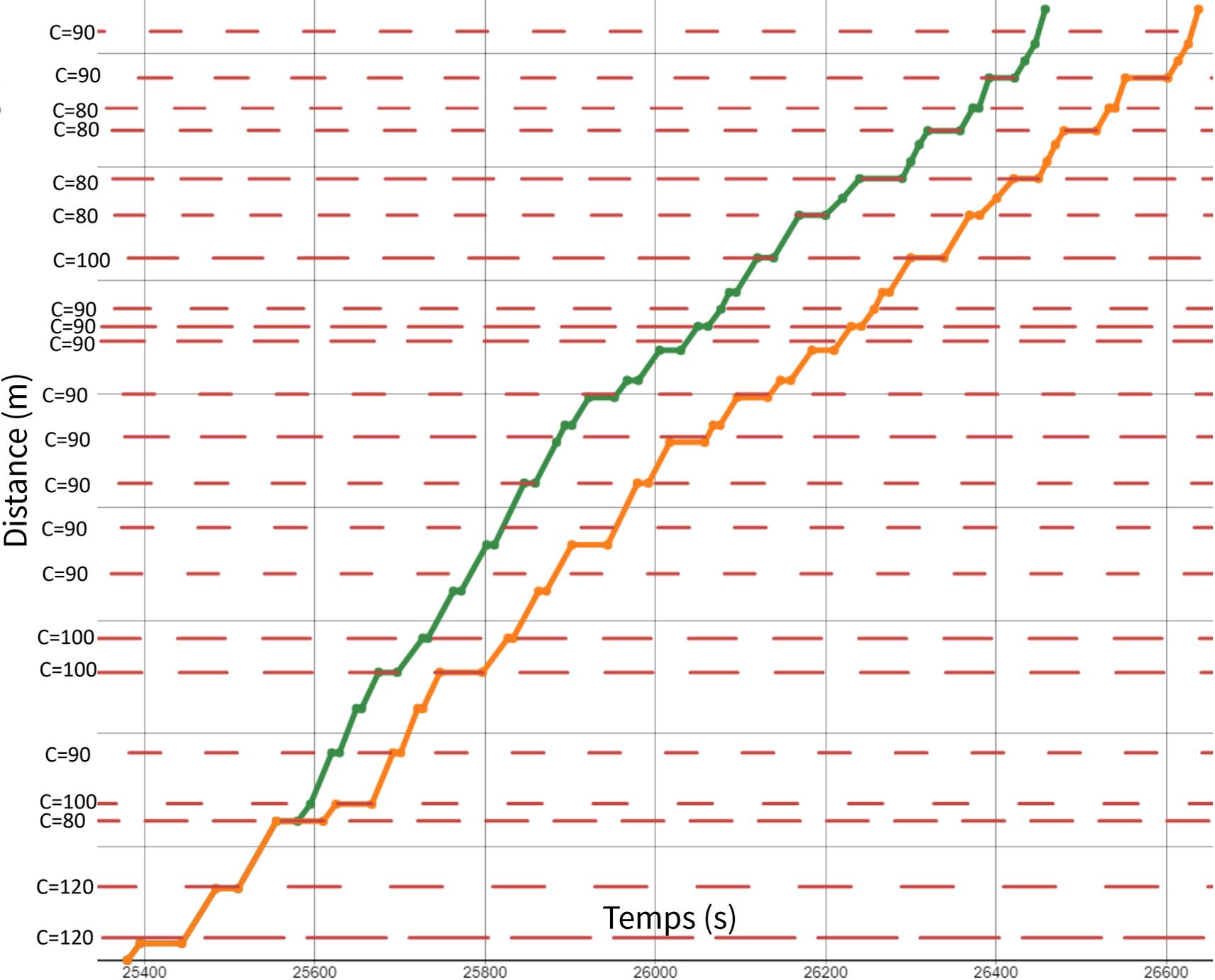
# Variations de l'heure de départ

- Exemple: 27 Ouest
- 4 minutes de variations dans 10 minutes.
- Les observations historiques en temps réel sont **CONDITIONNELLES** selon l'heure de départ, ne peuvent pas être appliquées aux heures limitrophes!
- Feux prioritaires doivent être plus agressifs!



# Variations des feux

- Exemple: 27 Ouest
- Version Jan 2024 vs Version Sep 2023
- 3 minutes de plus!
- Les longueurs des cycles ne sont pas les mêmes!
- Il faut tenir compte les impacts sur les autobus lorsqu'on change les phasages des feux



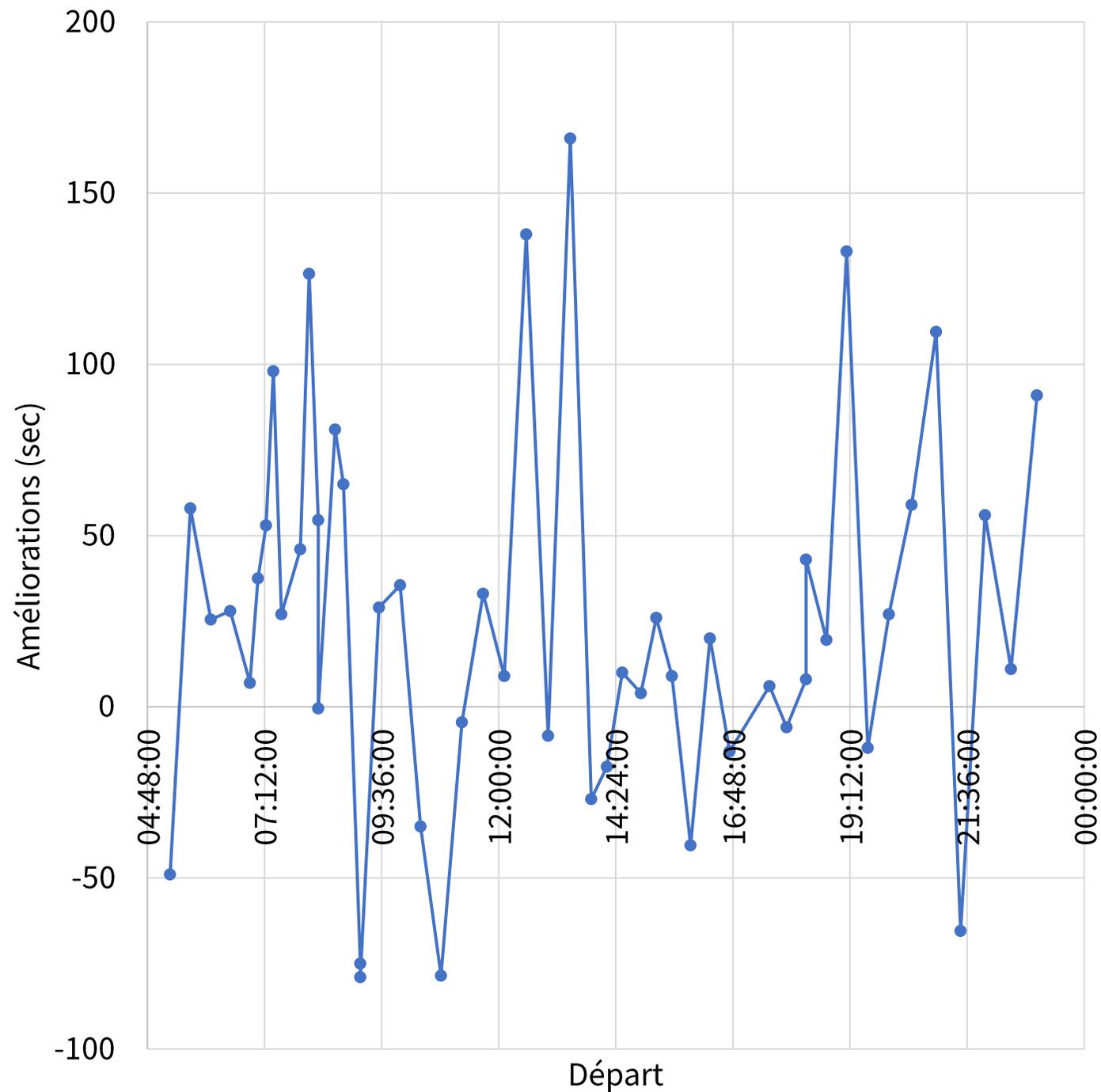
# Estimer les temps de parcours

270	Départ	Temps Obs.	Temps Est.	Diff.
24J	06:30	16:55	-	-
24M	06:30	17:15	16:49	26
24U	06:28	16:46	17:04	-18
24S	06:27	18:19	18:04	15
24N	06:27	18:21	18:04	17
25J	06:32	18:16	17:56	20



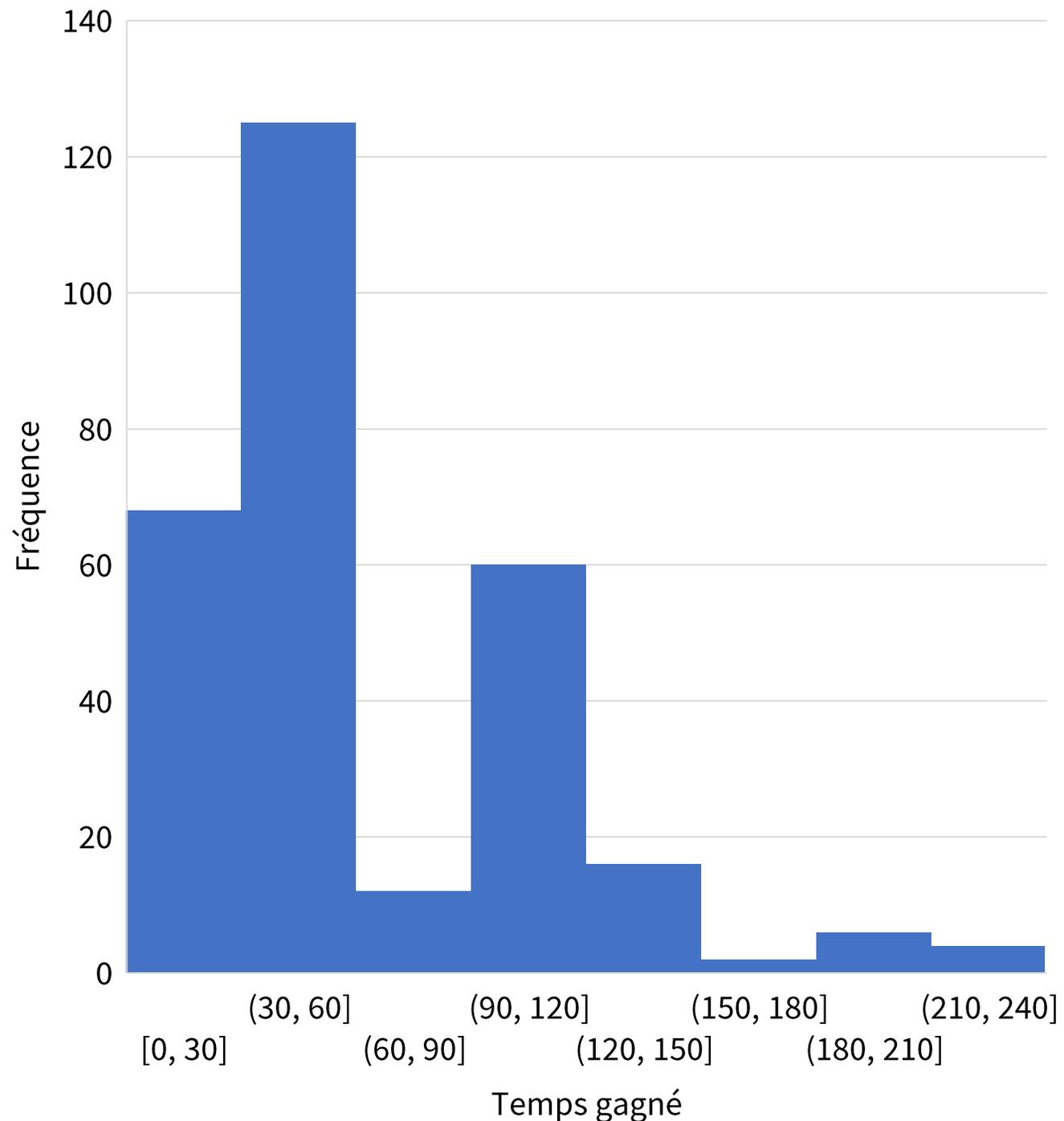
# Estimer les temps de parcours

- Exemple: 27 Ouest
- Peut-on mieux planifier les horaires en tenant compte des paramètres des feux?
- Heures de départ 24S + Paramètres des feux 24S + Vitesse 24J + No. Passager 24J
- Améliorations pour 70% des voyage
- Besoins pour améliorer les modèles : Lumière jaune, changement de chauffeur...



# Trouver un meilleur cycle des feux

- Exemple: 27 Ouest
- Il existe un meilleur cycle pour 84% de départ
- On gagne 1 ~ 2 min, 4 min max



# Conclusions

- Améliorer les modèles en ajoutant plus d'informations sur l'achalandage et les feux de circulation
- Le temps d'attente aux feux est le plus varié et représente une grande partie du temps total
- Les observations historiques en temps réel sont conditionnelles, ne peuvent pas être appliquées aux heures limitrophes!
- Important de choisir le bon moment pour le départ
- Il faut repenser la manière de réviser les horaires de bus et la synchronisation des feux



# Limitations + recherche futur

- Il faut considérer les interactions entre les bus
- Besoin d'étude longitudinale
- Mieux comprendre les autres types de feux (capteurs...)
- À vous de déterminer:
  - Nouvelle méthode pour créer / optimiser les horaires
  - Resynchroniser les feux de circulation
  - Meilleure stratégie pour les feux prioritaires



# Merci! Questions?

Yuxuan Wang

Sous la supervision de:

Pre Catherine Morency

Prof Martin Trépanier

Photo: Yuxuan Wang



# Horaires 439 Nord 25J

- Station Pie-IX
  - 16:30 (M)
  - 16:37 (L)
  - 16:40 (M)
  - 16:49 (H)
  - 16:50 (M)
  - 16:57 (L)
  - 17:00 (M)



# 24-O 20240418 @ 16:12

Seq	Stop	Time	Delay
1	Montgomery / Sherbrooke	16:33:53	21:53
2	Sherbrooke / Hogan	16:34:38	22:10
3	Sherbrooke / Gascon	16:51:20	38:17
4	Sherbrooke / D'Iberville	17:16:01	61:32
5	Sherbrooke / Fullum	17:23:20	67:40
6	Sherbrooke / Parthenais	17:24:27	67:59



# Actual Observations 27-0 0630

