



**HAL**  
open science

## Conception d'outils décisionnels pour la mobilité durable dans la région hdf

Valentin Vendi, Cyril Fonlupt, Sébastien Verel

► **To cite this version:**

Valentin Vendi, Cyril Fonlupt, Sébastien Verel. Conception d'outils décisionnels pour la mobilité durable dans la région hdf. Séminaire Intelligence Artificielle et Optimisation de l'A2U, Jun 2023, Montreuil-sur-Mer, France. hal-04163015

**HAL Id: hal-04163015**

**<https://hal.science/hal-04163015v1>**

Submitted on 17 Jul 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Contexte de la thèse

- Etudier des solutions de mobilité innovantes : report de mobilité, etc.
- Modélisation du trafic à dimension réelle via la mise en œuvre d'un jumeau numérique : aide à la décision
- Conception de méthodes d'optimisation multi-objective visant à améliorer la mobilité

## Problème d'agencement des lignes de bus

Ligne 2 à Calais : 108 arrêts potentiels (76 existants et 32 créés)  
Modélisation : 0 = arrêt fermé ; 1 = arrêt activé.

Espace de recherche :  $\{0, 1\}^{108}$

Critère : temps de parcours moyen des usagers des bus.

### Surrogate Assisted Optimization:

$X \leftarrow$  initial sample

#### repeat

$M \leftarrow$  Build model of  $f$  from  $X$

$x^* \leftarrow$  Optimize *w.r.t.* an acquisition function based on  $M$

$y^* \leftarrow f(x^*)$  using the numerical simulation

$X \leftarrow X \cup \{(x^*, y^*)\}$

**until** time limit

## Mise en place du simulateur

- Utilisation du simulateur MatSim [1] : modèle orienté agent & file d'attente
- Dimension réaliste en utilisant le pipeline Eqasim [2] : Données open source, modèle standardisé

Les étapes pour parvenir à la simulation sont les suivantes :

1. Récupération des fichiers de données réelles
  2. Pipeline Eqasim : Création de la population synthétique
  3. Simulation
- } 30 minutes d'exécution au total

## Problématiques associées au problème

- Temps d'exécution important  $\rightarrow$  nécessité de converger rapidement
- Dimensionnalité du problème élevée  $\rightarrow$  nécessité d'utiliser des méthodes adaptées

## Pistes retenues

- Utilisation de modèles Surrogate pour apprendre la fonction d'évaluation réelle
- Réduire la dimensionnalité du problème d'apprentissage en introduisant des connaissances expertes

## Fonctions de Walsh

Base orthonormale des fonctions pseudo-booléennes [3].  
Toute fonction  $f : \{0, 1\}^n \rightarrow \mathbb{R}$  peut s'écrire comme :

$$f(x) = \sum_{I \subset \{1, \dots, n\}} \beta_I \varphi_I(x)$$

avec  $\beta_I \in \mathbb{R}$ , et  $\varphi_I(x) = \prod_{i \in I} (-1)^{x_i}$ .

$|I|$  est l'ordre de la fonction de Walsh  $\varphi_I$ .

## Scénarios exemples

Scénarios joués pour vérifier certaines hypothèses :

- interactions plus fortes entre arrêts proches ?
- ordre moyen d'un modèle ?

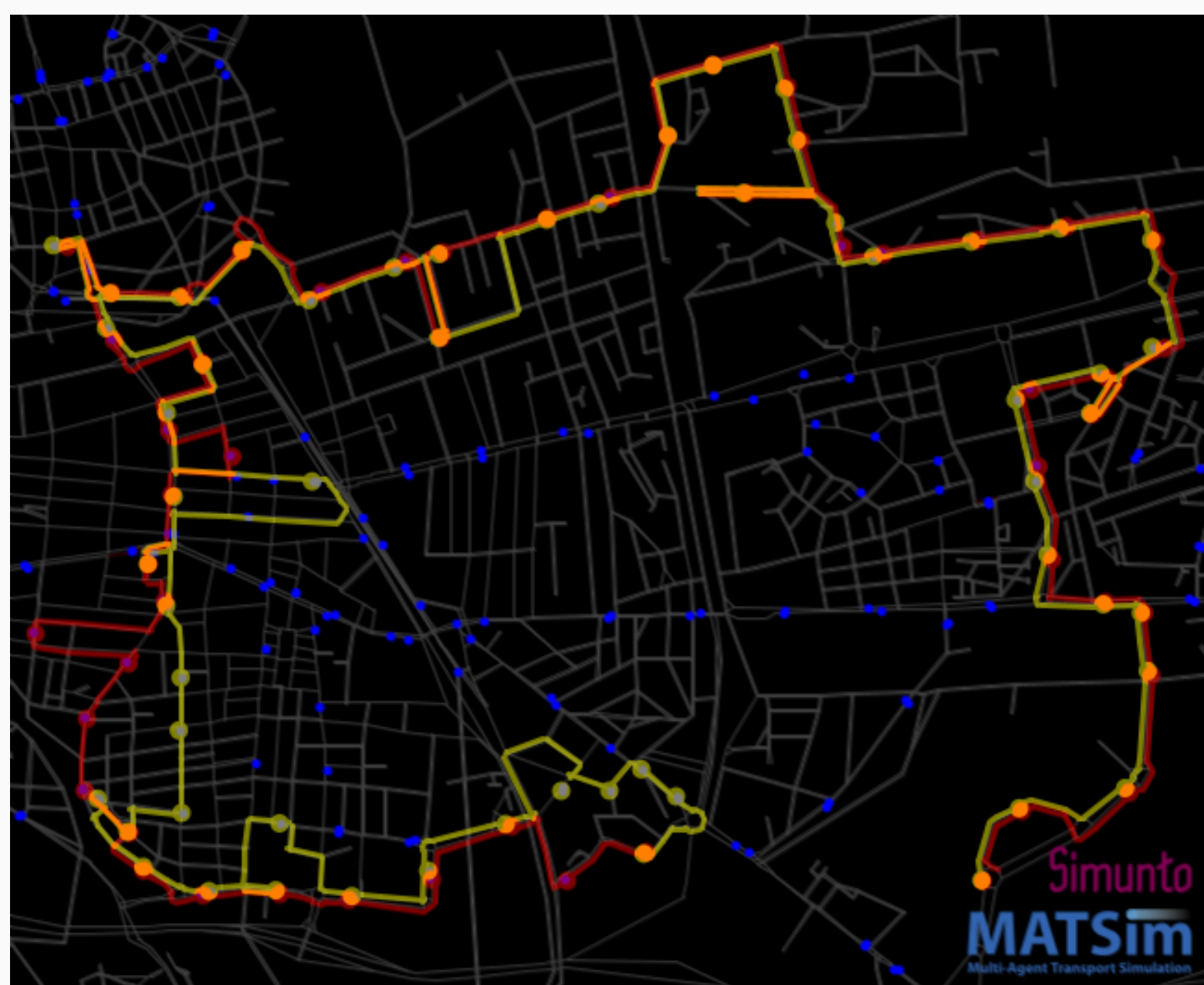
Chaque scénario  $S_n$  joué teste toutes les solutions  $x \in \{0, 1\}^4 \{1\}^{4n} \{0, 1\}^4 \{1\}^{100-4n}$  pour  $n \in [0, 8]$

## Tests en Régression

- Échantillon de solutions aléatoires de taille 1000
- Estimation des coefficients avec méthode LASSO/LARS et validation croisée
- Qualité de la régression testée en fonction de la taille de l'échantillon d'entraînement (de 10% à 90%)

## Visuel des lignes de Bus

En Jaune les arrêts 1-56 ; En Rouge les arrêts 57-108

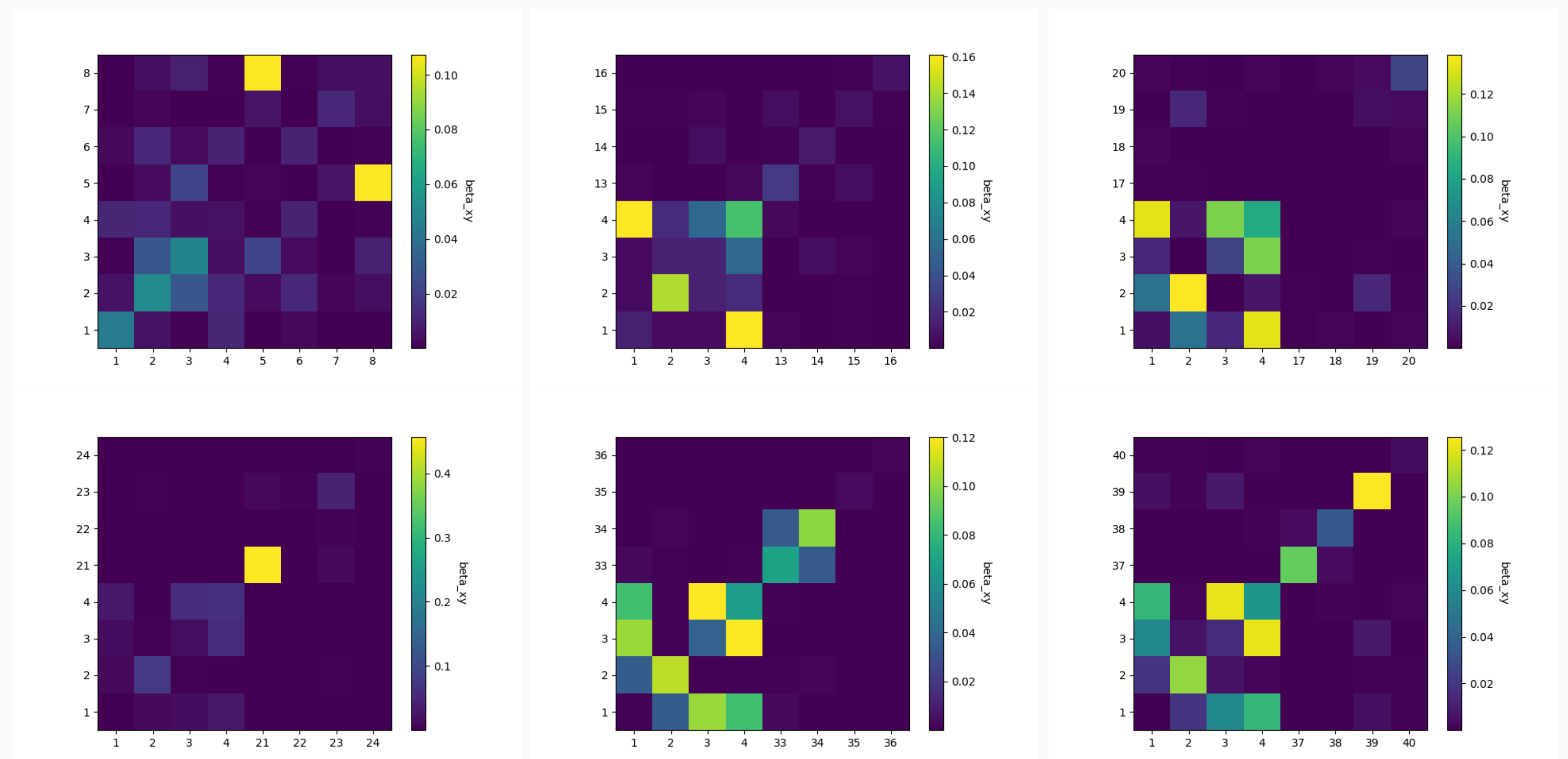


## Analyse spectrale : Interactions d'ordre 1 et 2

$$f(x) = \beta_0 + \beta_1(-1)^{x_1} + \dots + \beta_n(-1)^{x_n} + \beta_{1,2}(-1)^{x_1+x_2} + \dots + \beta_{n-1,n}(-1)^{x_{n-1}+x_n} + \dots$$

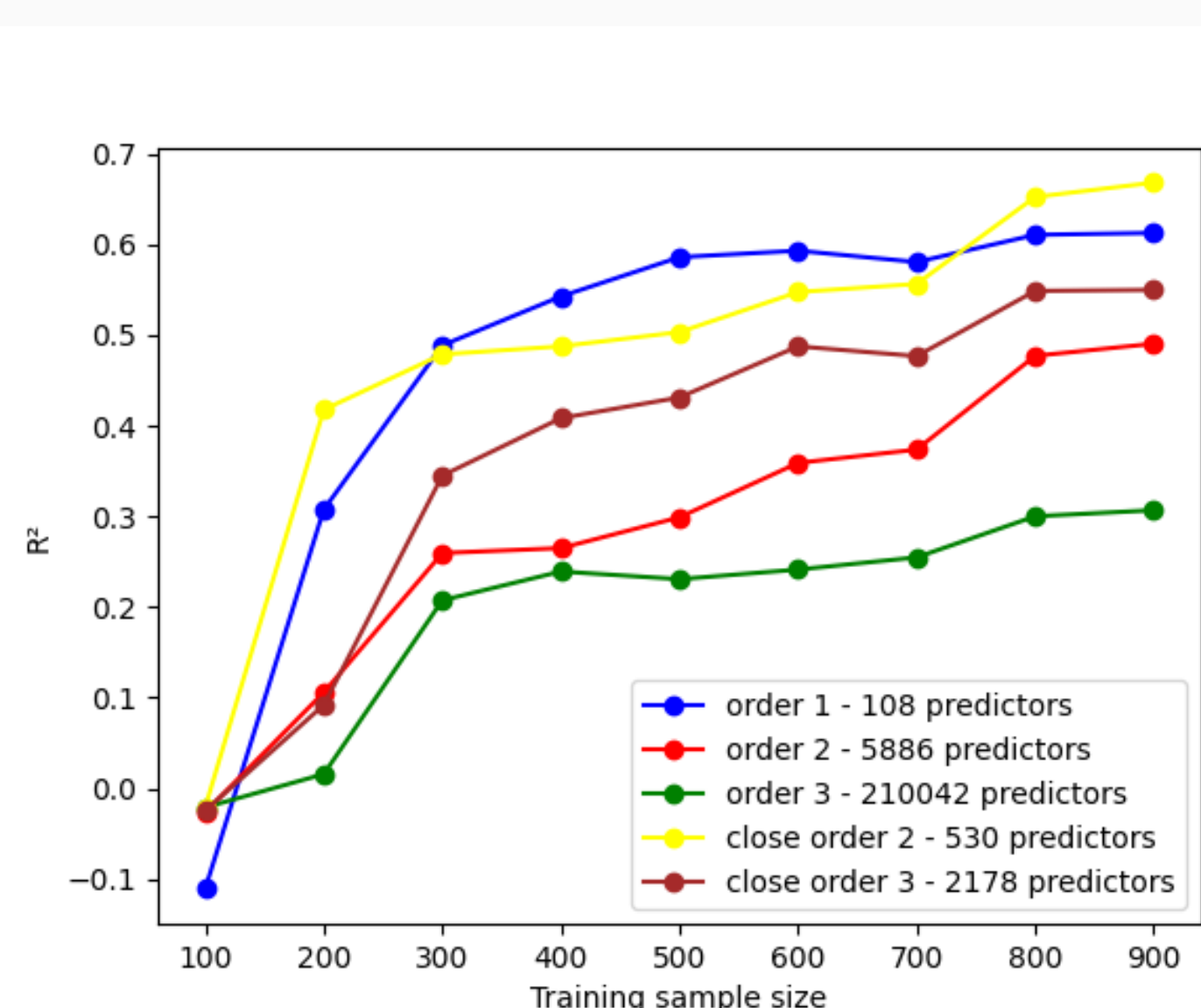
$\beta_{i,j}$  quantifie l'interaction entre les variables  $i$  et  $j$ .

$\beta_i^2 / \text{Var}_{k>0}[\beta_k]$  s'interprète comme une probabilité (intensité relative de l'interaction)



Observation : Interactions plus fortes entre arrêts proches qu'entre arrêts distants

## Précision de la régression



## Objectifs à venir

- Mettre en place les méthodes d'optimisations multi-objectives basées sur les fonctions de Walsh
- Comparer les performances du modèle avec d'autres modèles de la littérature (BOCS, COMBO, COMEX [4], ...)
- Utiliser les deux critères laissés de côté durant la phase d'analyse préliminaire (nombre d'usagers par mode et émissions)

## Références

- [1] Andreas Horni, Kai Nagel, and Kay Axhausen, eds. *Multi-Agent Transport Simulation MATSim*. London: Ubiquity Press, Aug. 2016, p. 618.
- [2] Sebastian Hörl and Milos Balac. "Introducing the eqasim pipeline: From raw data to agent-based transport simulation". In: *Procedia Computer Science* 184 (2021). The 12th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT) / The 4th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (EDI40) / Affiliated Workshops, pp. 712-719.
- [3] Florian Leprêtre et al. "Walsh functions as surrogate model for pseudo-boolean optimization problems". In: *The Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2019)*. Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference. Prague, Czech Republic: ACM, July 2019, pp. 303-311.
- [4] Hamid Dadkhahi et al. "Combinatorial black-box optimization with expert advice". In: *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*. 2020, pp. 1918-1927.