

➤ L'affluence à bord par zone, un incontournable en Mass Transit

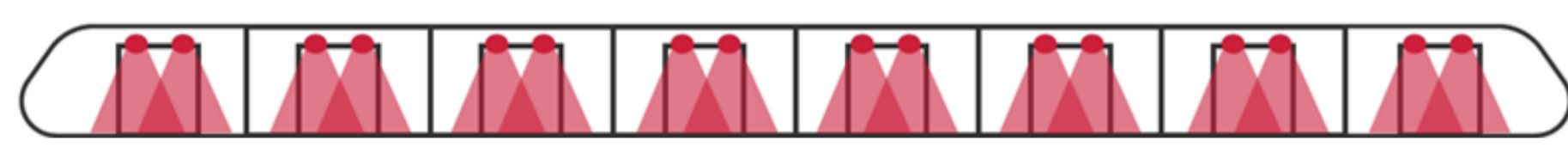
- TN - 1^{er} OPERATEUR** ✓ à généraliser ce service. TfL [1] ou MTR [2] donnent ce service sur un périmètre réduit en utilisant la pesée
- + DE CONFORT** ✓ 70% des utilisateurs satisfaits par le service
- DE TEMPS DE TRAJET** ✓ 2 fois moins d'affluence à la porte critique = 2 fois moins de temps d'échange



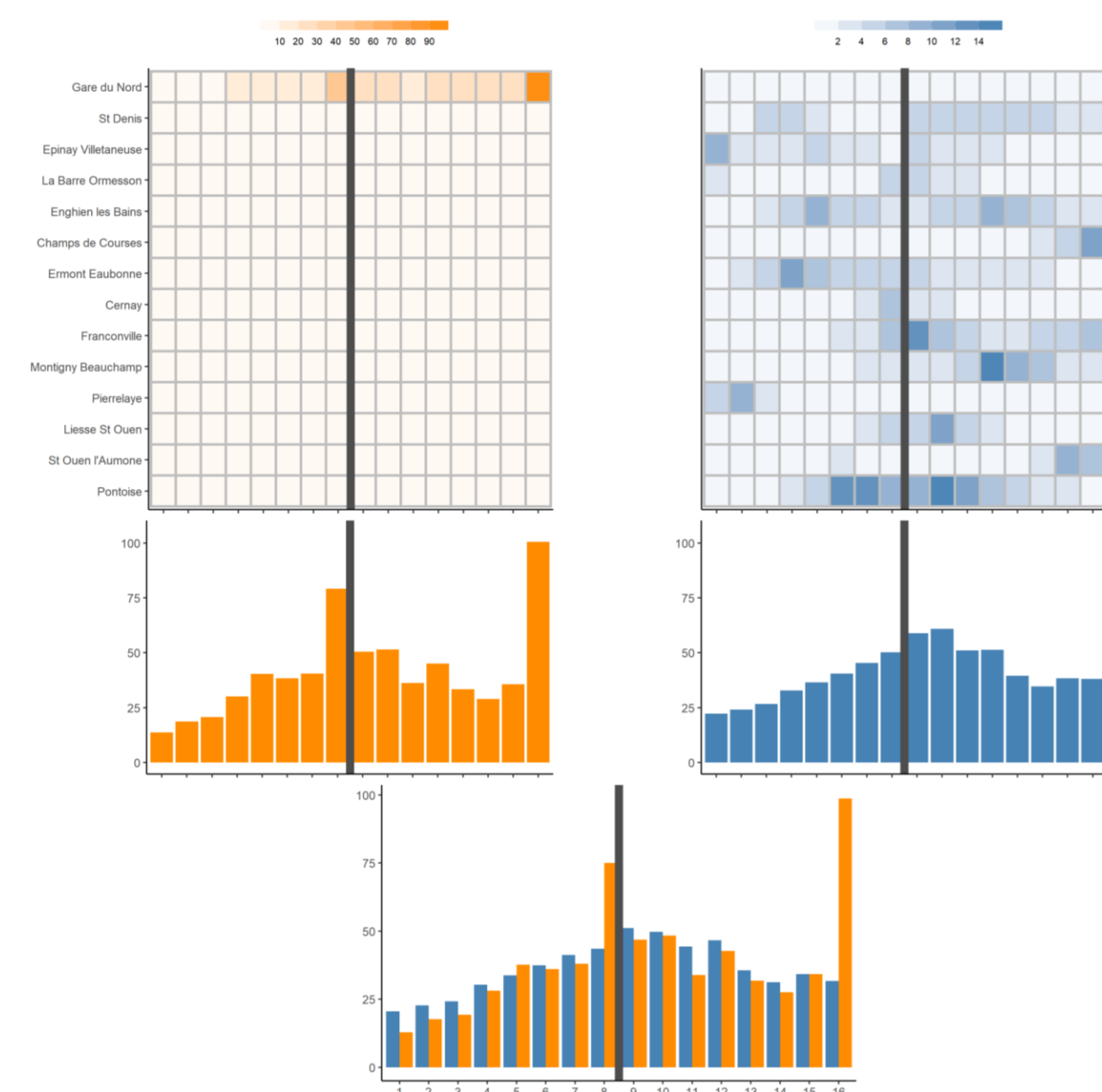
Maquette non définitive des écrans IENA

➤ Une mesure par porte avec des rames BOA

- ✓ Les portes des rames NAT sont équipées de capteurs infra-rouges qui mesurent le nombre de montées ($b_{s,i}$) et descentes ($a_{s,i}$) par zone



- ✓ L'agrégation par trajet des montées et des descentes par zone révèle l'existence de déplacements à bord des voyageurs

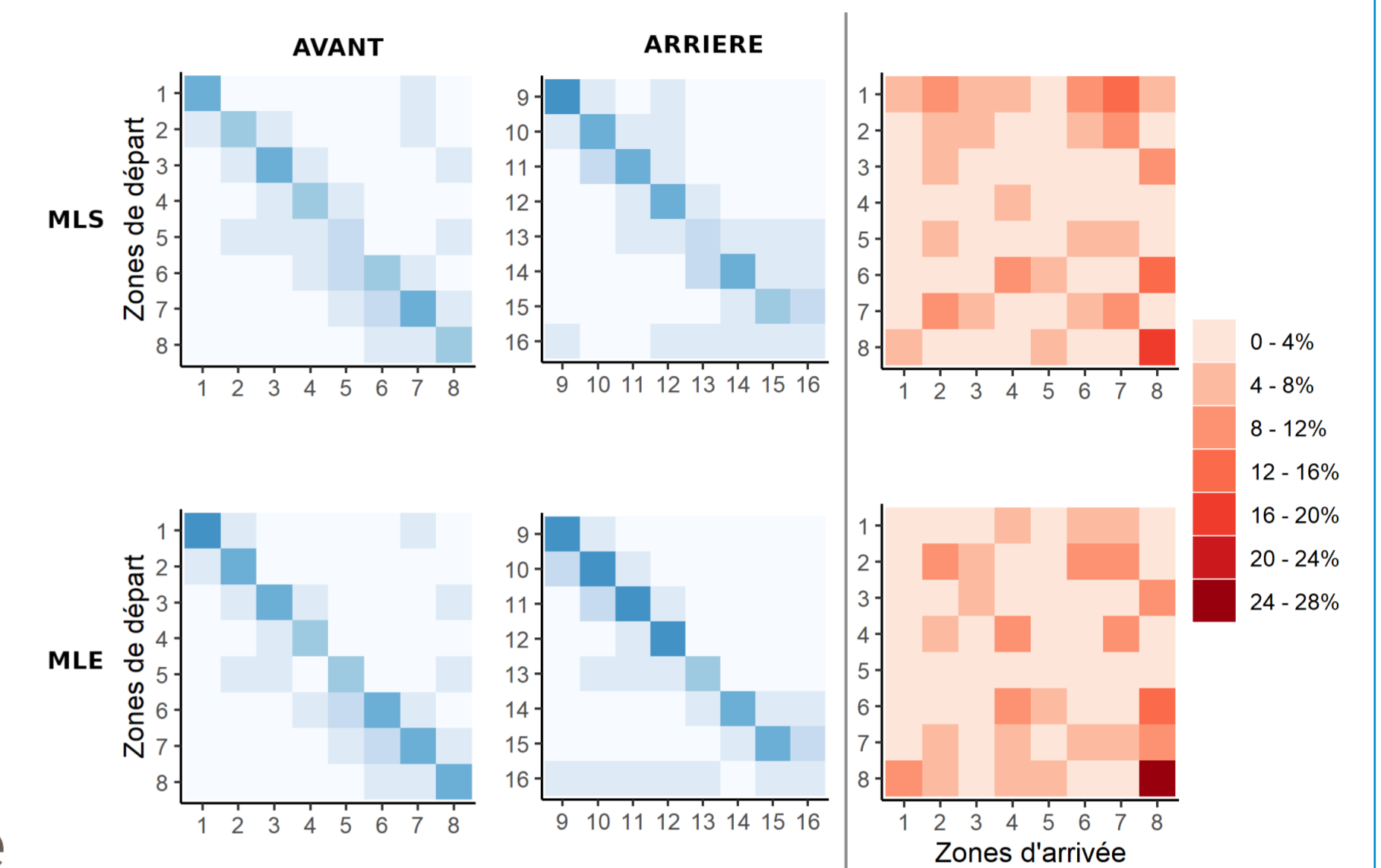


Agrégation des montées (en orange) et des descentes (en bleu) par zone à l'échelle d'un trajet

- ✓ Périmètre : 3,500 trajets de Paris à Pontoise sur la ligne H entre janvier et septembre 2021

➤ Résultats

- ✓ Les voyageurs restent là où ils sont montés... sauf pour les zones 8 et 16 à cause des quais à gare du Nord



- ✓ Les matrices de passage sont différentes entre les rames avant et arrière... mais pas entre les méthodes d'optimisation (P_{MLS} ou P_{MLE})

Matrices de passage par méthode (en vert), par position (en rouge)

Modèles	Avant			Arrière		
	MAE [voy]	MAPE (%)	RMSE [voy]	MAE [voy]	MAPE (%)	RMSE [voy]
Sans déplacements	11	37%	17	17	59%	30
P_{MLS}	6	27%	8	8	32%	11
P_{MLE}	6	26%	8	8	31%	12

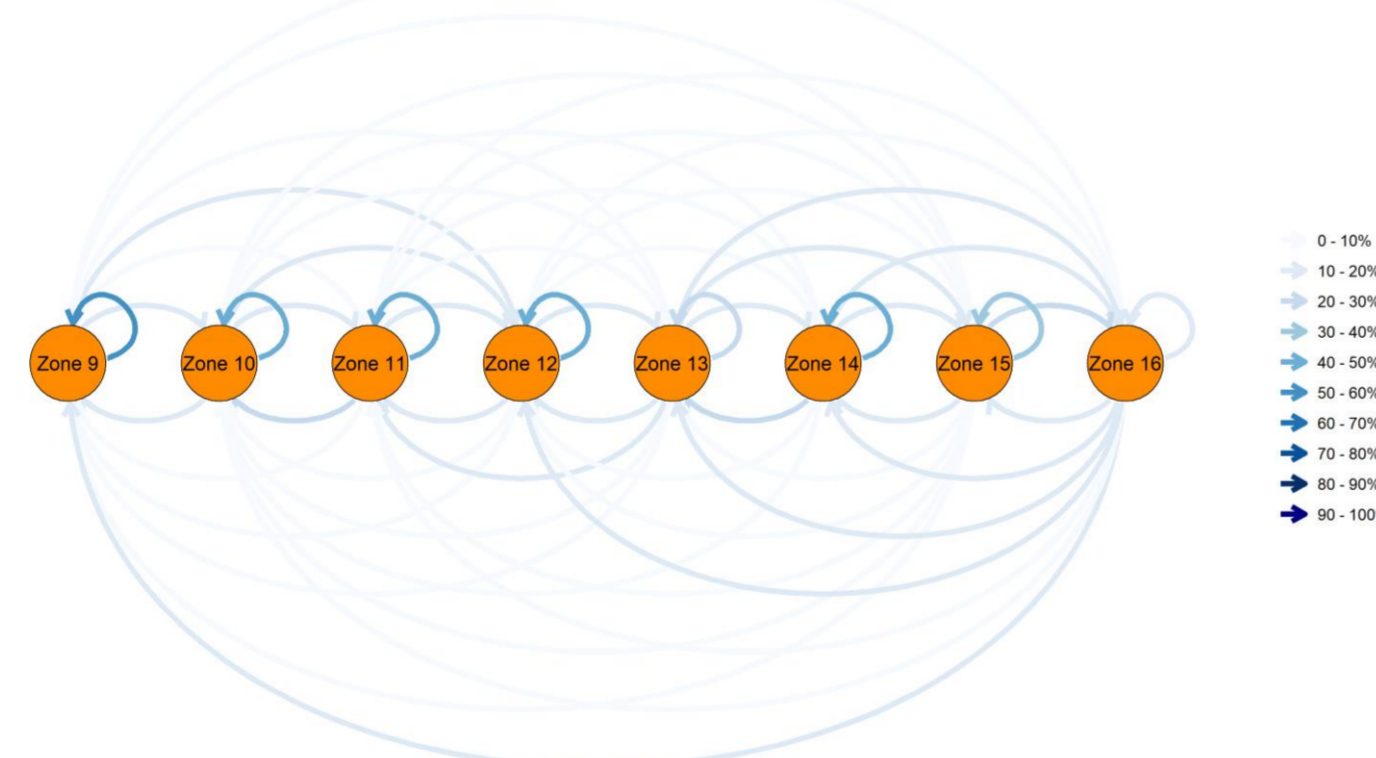
Tableau des performances d'estimation des descentes avec ou sans matrices de passage

- ✓ Des montées après déplacement 2 fois plus cohérentes

➤ 2 modèles de déplacement

MODÉLISATION avec P une matrice de passage

P : les proportions de voyageurs se déplaçant entre les zones = pas de modélisation explicite des choix [3]



OPTIMISATION sous contrainte P stochastique

P_{MLS} : régression linéaire multivariée

P_{MLE} : maximum de vraisemblance

$$\operatorname{argmin}_P \|a_{\bullet} - b_{\bullet} P\|_2^2 \quad \operatorname{argmin}_P \sum_{j=1}^I a_{\bullet,j} \log \left(\sum_{i=1}^I r_{\bullet,i} p_{i,j} \right)$$

PRÉDICTION 30 secondes après le départ

$$\sum_{g=1}^S \hat{z}_{g,i} - a_{g,i} \quad \text{où} \quad \hat{z}_j = \sum_{i=1}^I \hat{p}_{i,j} \times b_i$$

➤ Discussion et perspectives

- ✓ +15 points de bon classement des zones jaunes en modélisant les déplacements avec comme référence la pesée [1]

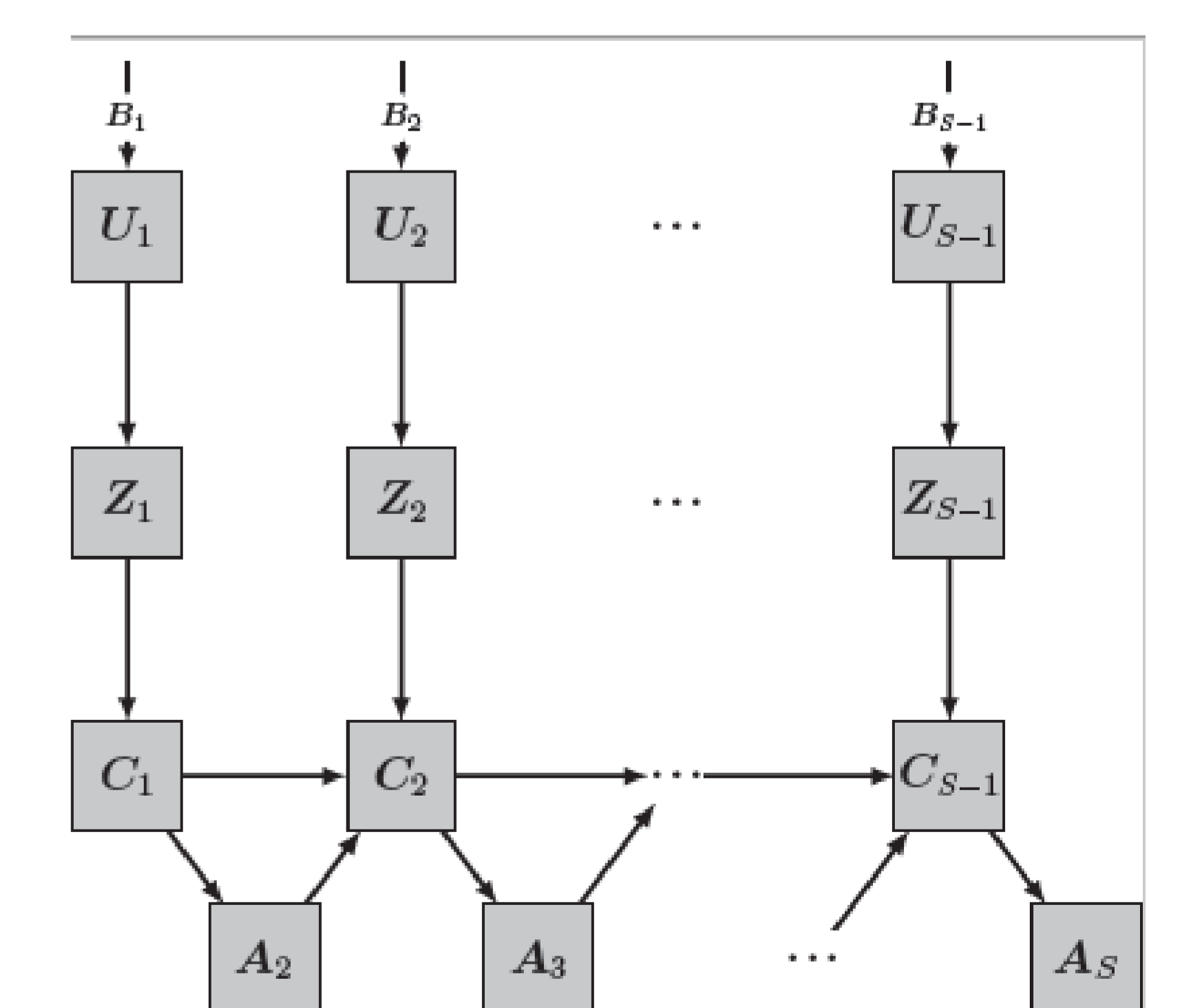


Schéma de dépendance séquentielle des variables au fil du trajet

- ✓ Relâcher la stationnarité des déplacements entre les gares avec une stratégie séquentielle de type chaîne de Markov cachée

➤ Références

- Nielsen, B. F., Frølich, L., Nielsen, O. A., & Filges, D. (2014). Estimating passenger numbers in trains using existing weighing capabilities. *Transportmetrica A: Transport Science*, 10(6), 502-517
- Zhang, Y., Jenelius, E., & Kottenhoff, K. (2017). Impact of real-time crowding information: a Stockholm metro pilot study. *Public Transport*, 9(3), 483-499.
- Schöttl, J., Seitz, M. J., & Köster, G. (2019). Investigating the randomness of passengers' seating behavior in suburban trains. *Entropy*, 21(6), 600.