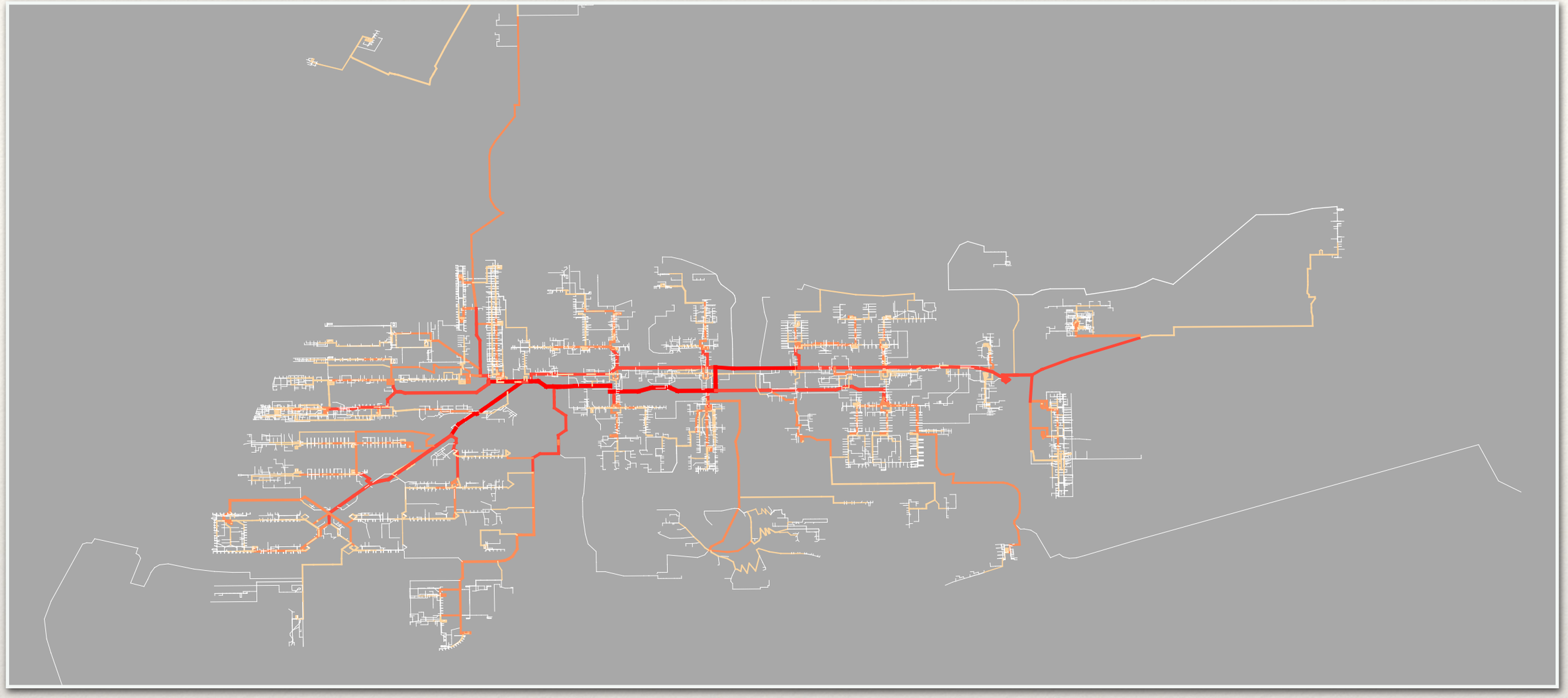


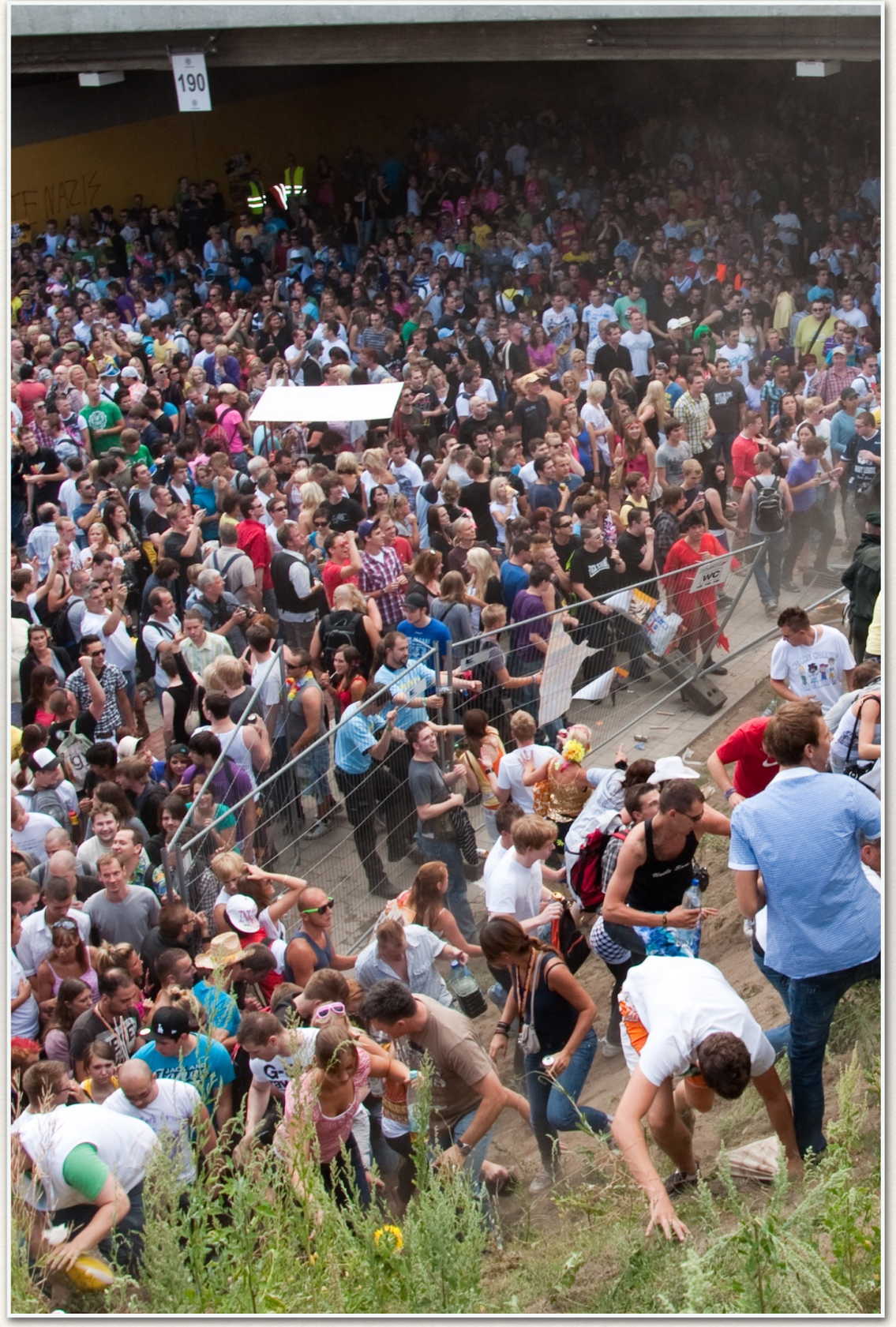
Les comportements piétons

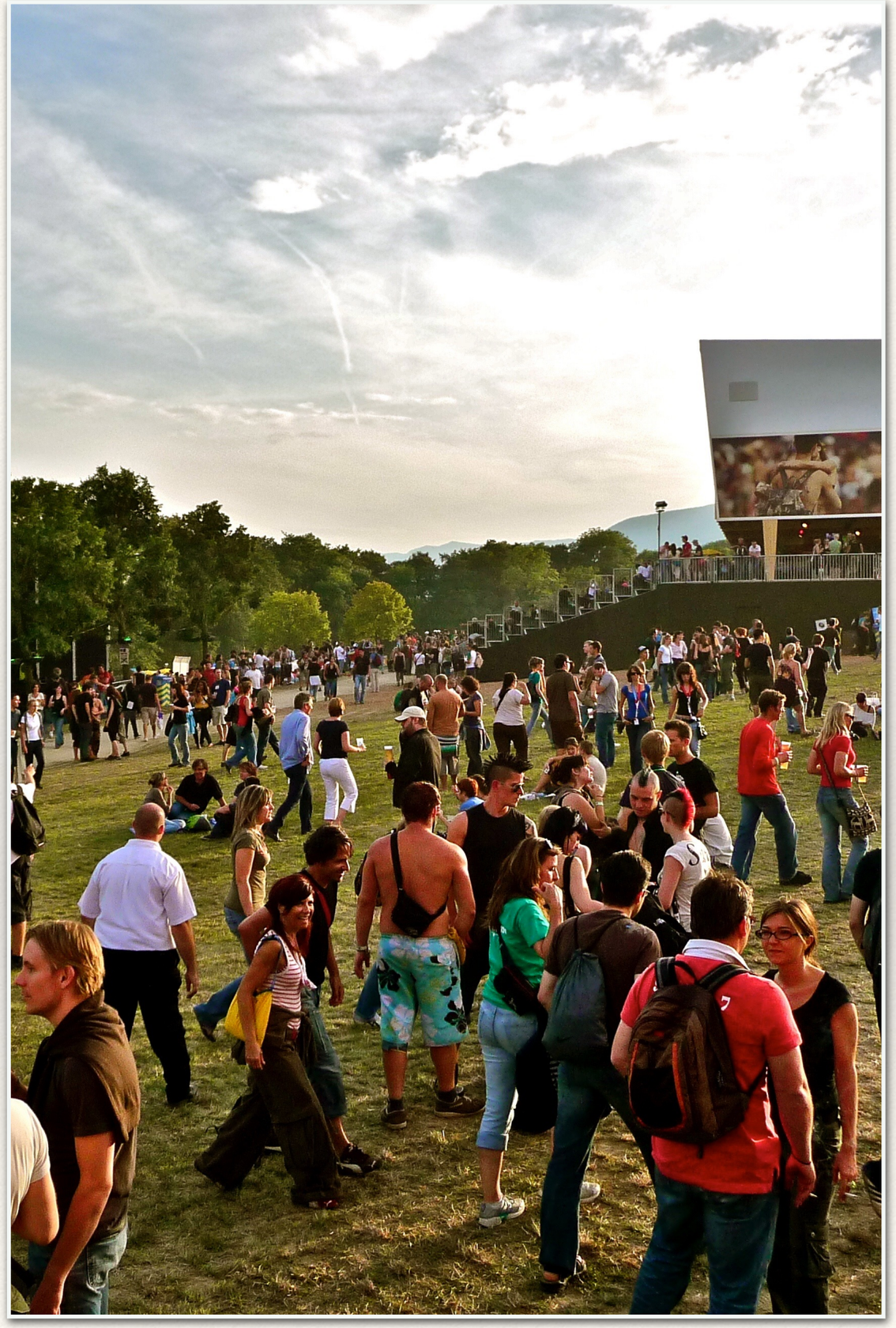
Approches quantitatives

Antonin Danalet
Laboratoire Transport et Mobilité
ENAC
EPFL

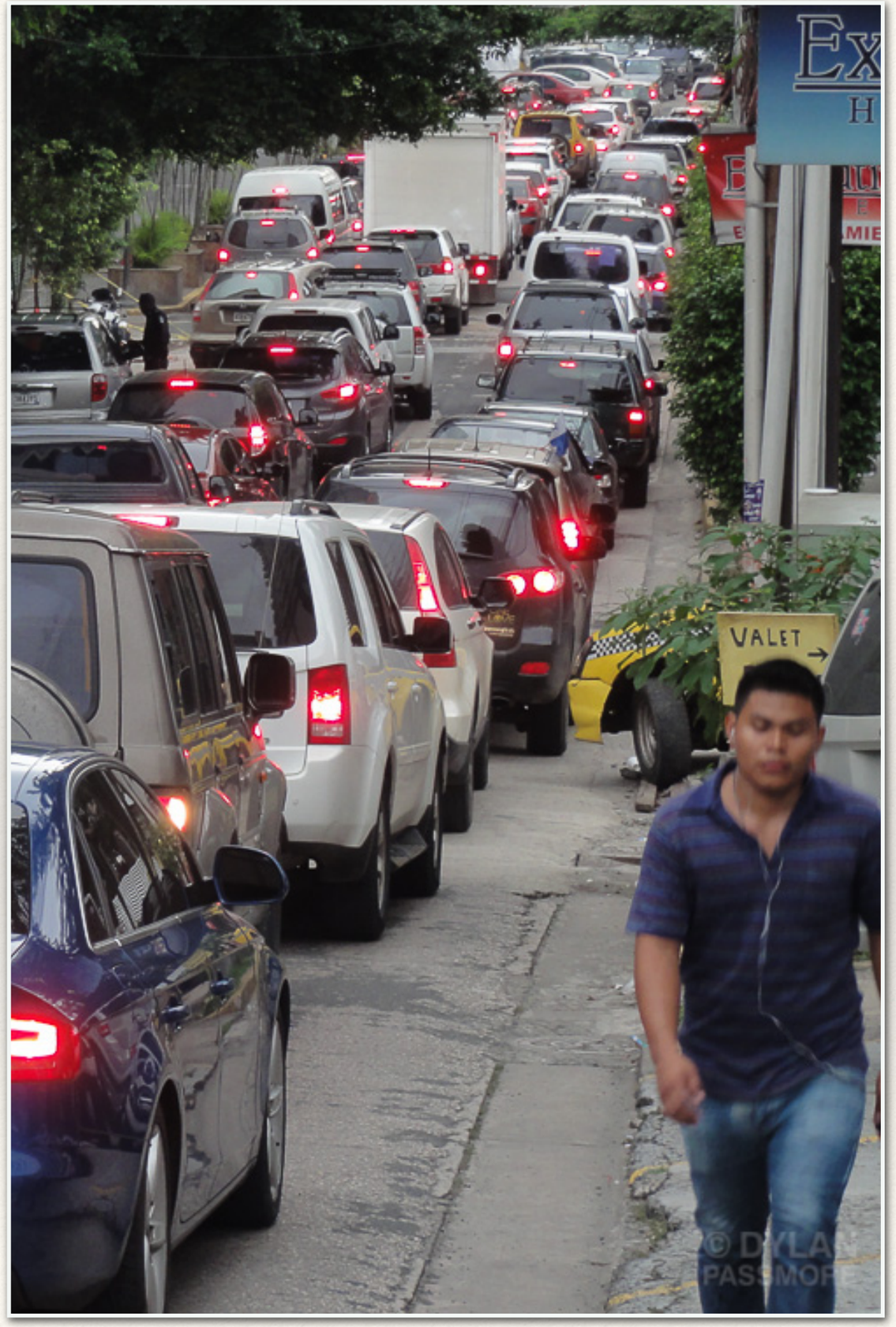
Contenu

1. Pourquoi ? Objet d'étude, motivations et objectifs
2. Comment ?
    2.1. Données
    2.2. Modèles mathématiques





Left picture : Love Parade 2010 à Duisbourg, Erik Wiffers © ; Right image : Paléo 2009, Patrick Nouhailler, cc by-sa





Left picture : Panama City, Dylan Passmore, cc by-nc; Right image : Grand central station, Paul, cc by-nc-nd

Objet d'étude

- Evacuation vs **comportements quotidiens**
- La marche comme mode de transport vs **zone piétonne**

Exemples d'applications

- Festivals : **Paléo**
- Supermarchés
- Hubs de transport
  - Gares : **Lausanne**
  - Aéroport
- La Mecque





En 2030, 100’000 voyageurs par jour entre Lausanne et Genève

2000

> **25’000** voyageurs/jour entre Lausanne et Genève



2010

> **50’000** voyageurs/jour entre Lausanne et Genève



2030

> **100’000** voyageurs/jour* entre Lausanne et Genève



= 2’000 voyageurs/jours (TJM)

*Prévisions selon scénario de croissance maximale.

Motivations

- Observation :
  - Augmentation du nombre de visiteurs
  - Congestion
- Indicateurs de qualité pour piétons
  - Performance : temps de trajet, stabilité de l'horaire
  - Confort : "niveau de foule", …

Objectifs

- Modèles pour comprendre et prédire les flux de piétons
- Définir la localisation des points d'intérêt
- Dimensionner les infrastructures

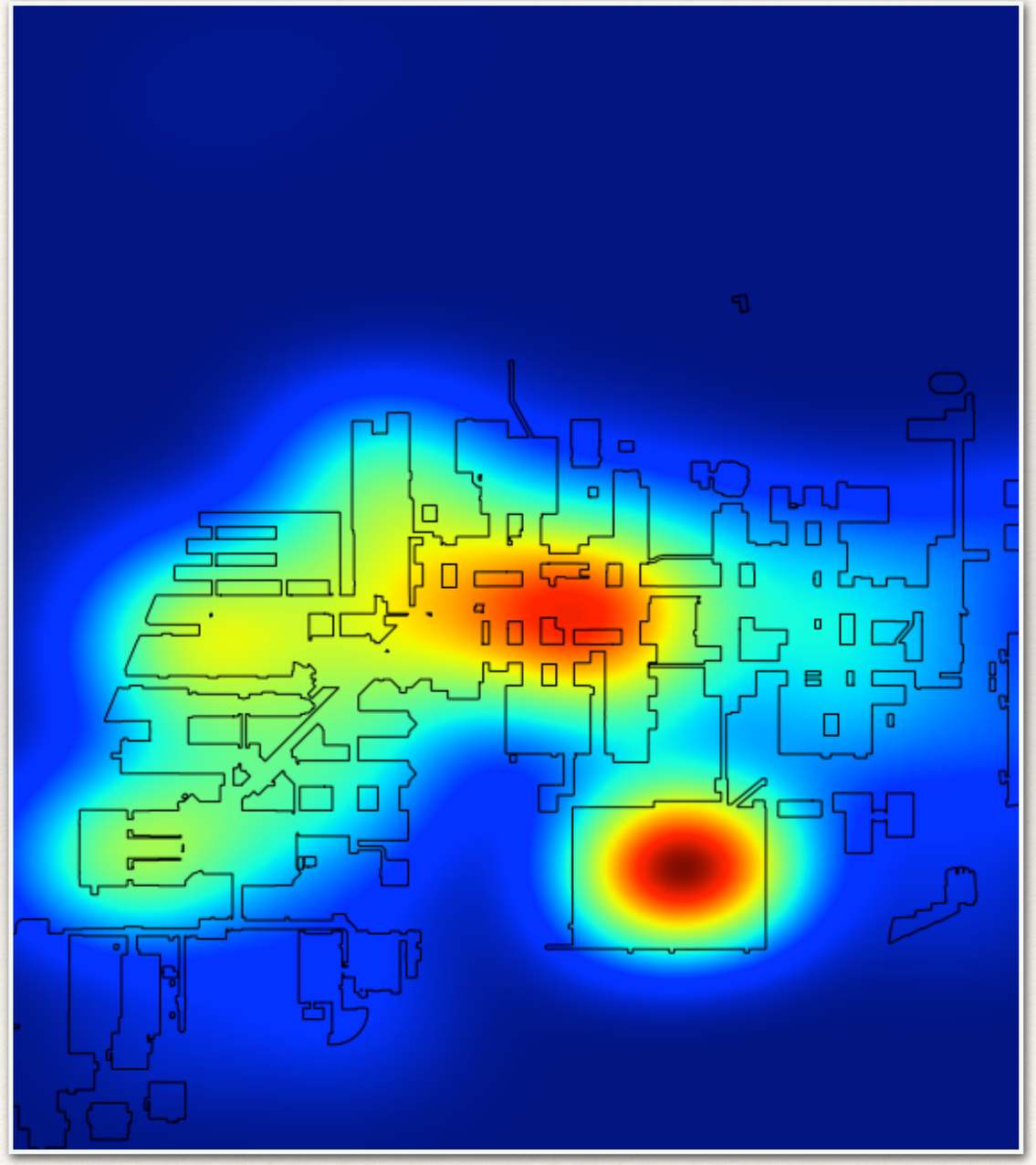
2. Données et modèles mathématiques

Données

- Données de carte
- Données de comptage
- Données de suivi

Données : carte

- Aire marchable
- Réseau piétonnier
  - Itinéraire (+ court chemin)
- Points d'intérêt
  - Type (restaurant, etc.)
  - Horaires
  - Attractivité (occupation)



Données : comptages

- Observation manuelles
- Compteurs mécaniques
- Faisceaux infrarouges
- Surveillance vidéo



Bauer, D., Brandle, N., Seer, S., Ray, M., and Kitazawa, K. (2009). "Measurement of Pedestrian Movements: A Comparative Study on Various Existing Systems" in Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications: Models, Data Collection and Applications (Emerald Group Publishing), 325 / Image : Turnstile, Roey Ahram, cc by-nc-nd

Données : Suivi

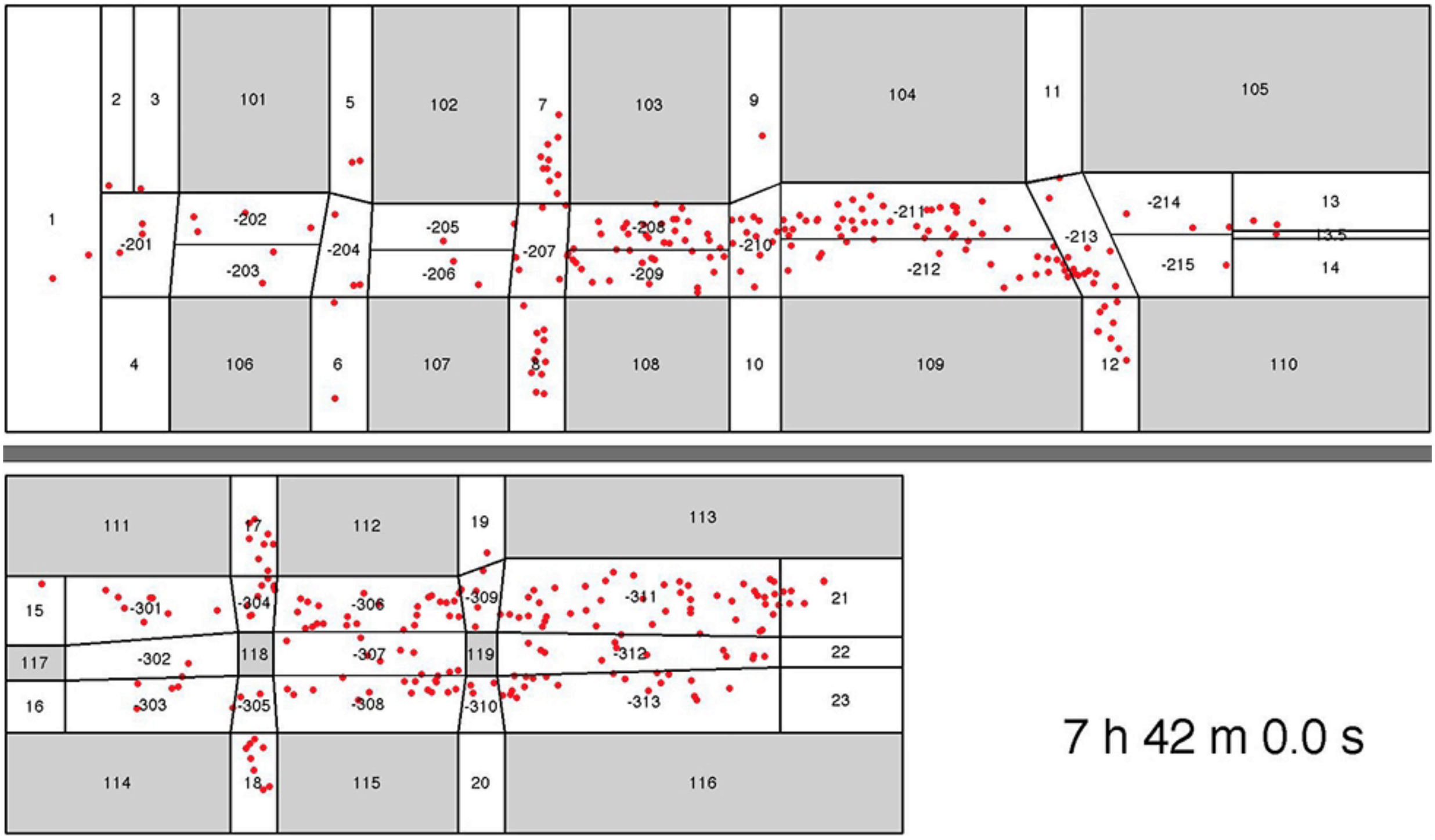
- Filatures
- Analyses vidéos
- Détecteurs de chaleur
- Lasers horizontaux
- Technologies de l'information (Bluetooth, WiFi, RFID)



Bauer, D., Brandle, N., Seer, S., Ray, M., and Kitazawa, K. (2009). "Measurement of Pedestrian Movements: A Comparative Study on Various Existing Systems" in Pedestrian Behavior: Models, Data Collection and Applications: Models, Data Collection and Applications (Emerald Group Publishing), 325

Visiosafe

- Spin-off de l'EPFL
- Suivi anonyme des piétons
- Capteurs de distance
- Suivi sur le long terme


1
2
3
101
5
102
7
103
9
104
11
105
-201
-202
-203
-204
-205
-206
-207
-208
-209
-210
-211
-212
-213
-214
-215
13
13.5
14
4
106
6
107
8
108
10
109
12
110
111
17
112
19
113
15
-301
-304
-306
-309
-311
21
117
-302
118
-307
119
-312
22
16
-303
-305
-308
-310
-313
23
114
18
115
20
116

7 h 42 m 0.0 s

Traces WiFi EPFL

- Données de triangulation à partir des antennes
- Adresses MAC anonymisées, associées à une catégorie
- Technologie bon marché
- Suivi à large échelle (campus) et sur le long terme

Danalet, Antonin. (2015). A Bayesian Approach to Detect Pedestrian Destination-Sequences from WiFi Signatures: Data (Transp. Res. Part C, 2014). Zenodo. doi:10.5281/zenodo.15798


Auditoires
2012-05-24 08:12:14.000

2.2 Modèles mathématiques

Modèles mathématiques

- Stratégique : choix d'activités et de destinations
- Tactique : flux et matrices origines-destinations
- Opérationnel : densité et vitesse

Choix des piétons

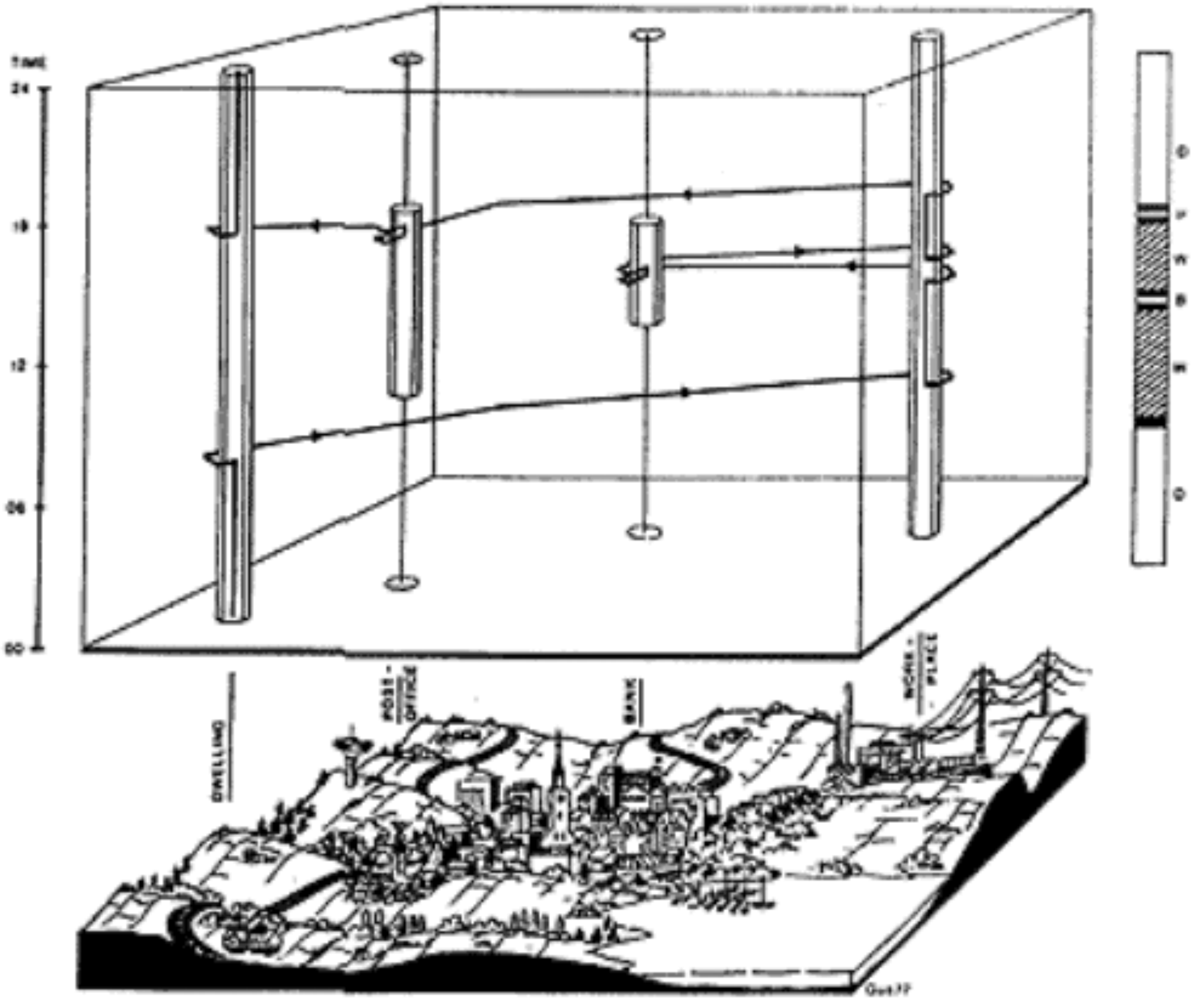
1. **Choix d'activité**
2. **Choix de destination**
3. Choix modal
    1. Choix de mode de transport
    2. Choix escaliers / ascenseur / escalators
4. Choix d'itinéraire
5. Choix du prochain pas (direction, vitesse, interactions)

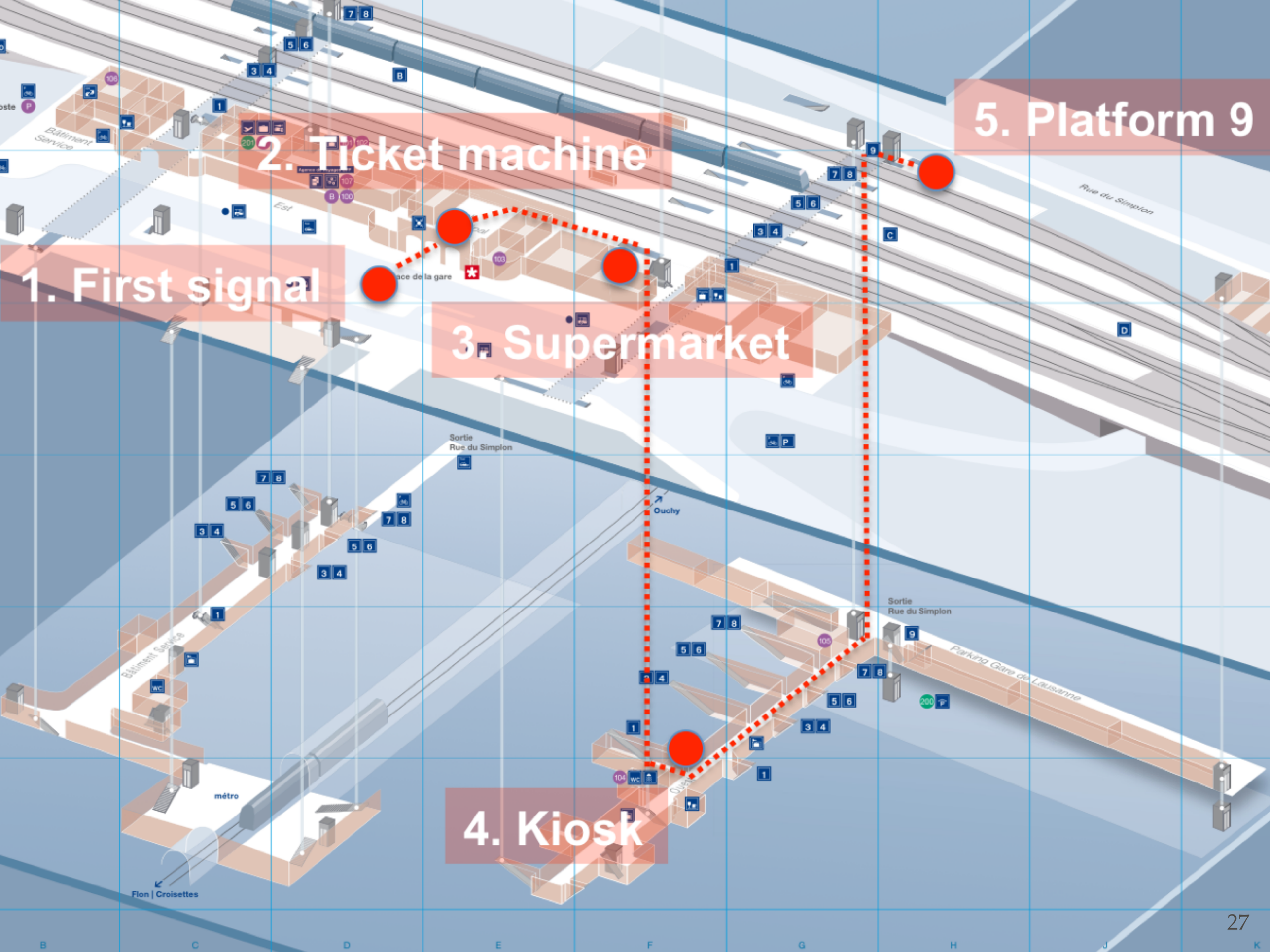
Bierlaire, M., and Robin, T. (2009). Pedestrians Choices. In H. Timmermans (ed)
Pedestrian Behavior. Models, Data Collection and Applications (ISBN: 978-1-84855-750-5) pp.1-26. Emerald Group Publishing Limited.

2.2.1 Stratégique

Choix d'activité des piétons

- La demande de mobilité est dérivée du choix d'activité
- Vrai pour les villes et pour les infrastructures piétonnes
- "RailCity" CFF


TIME
24
18
12
06
00
POST-OFFICE
BANK
MORE-PLACE


1. First signal
2. Ticket machine
3. Supermarket
4. Kiosk
5. Platform 9
Sortie
Rue du Simplon
Ouchy
Sortie
Rue du Simplon
Parking Gare de Lausanne
métro
Flon | Croisettes
Bâtiment Service
Est
B
C
D
E
F
G
H
J
K

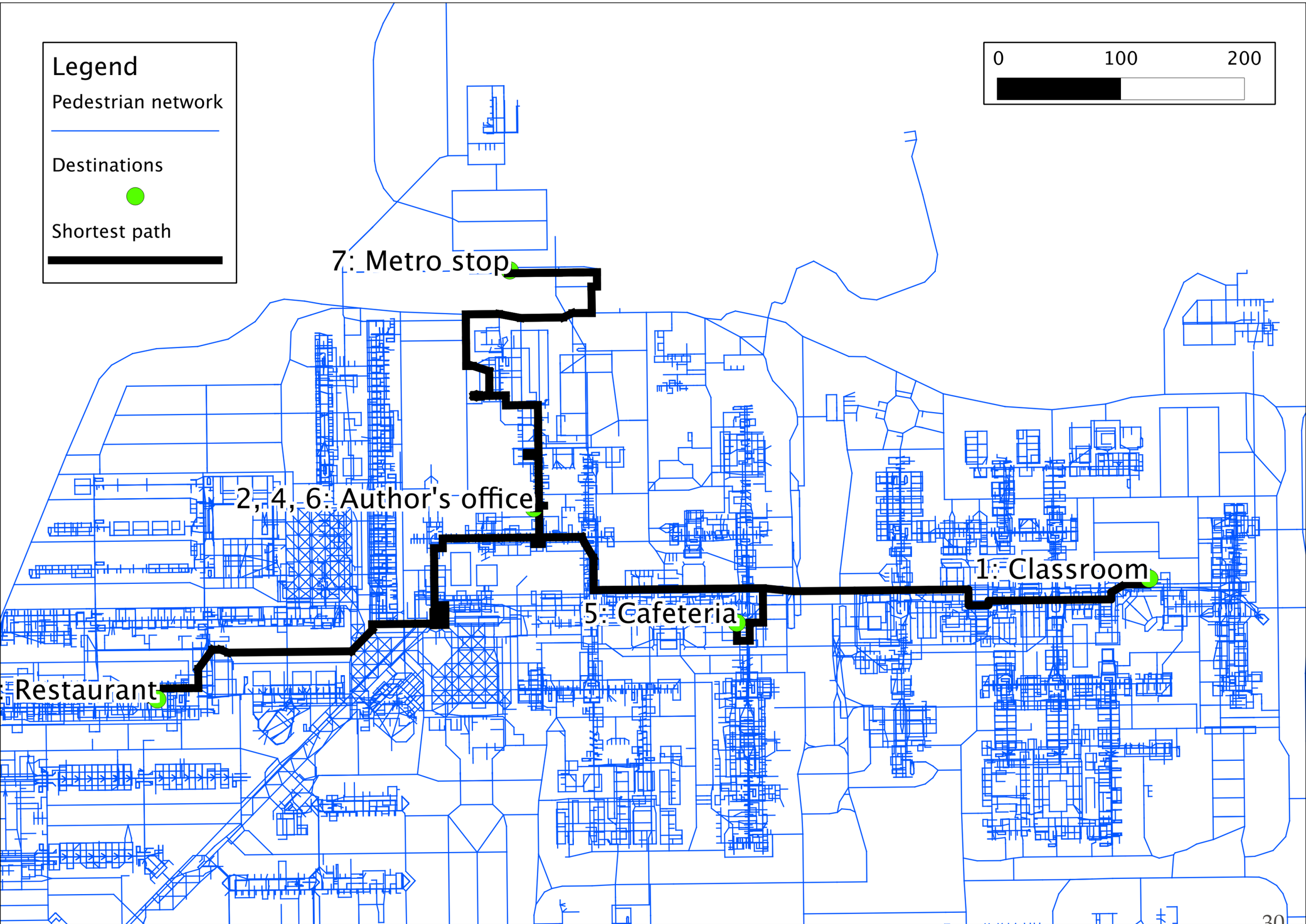
Etapes

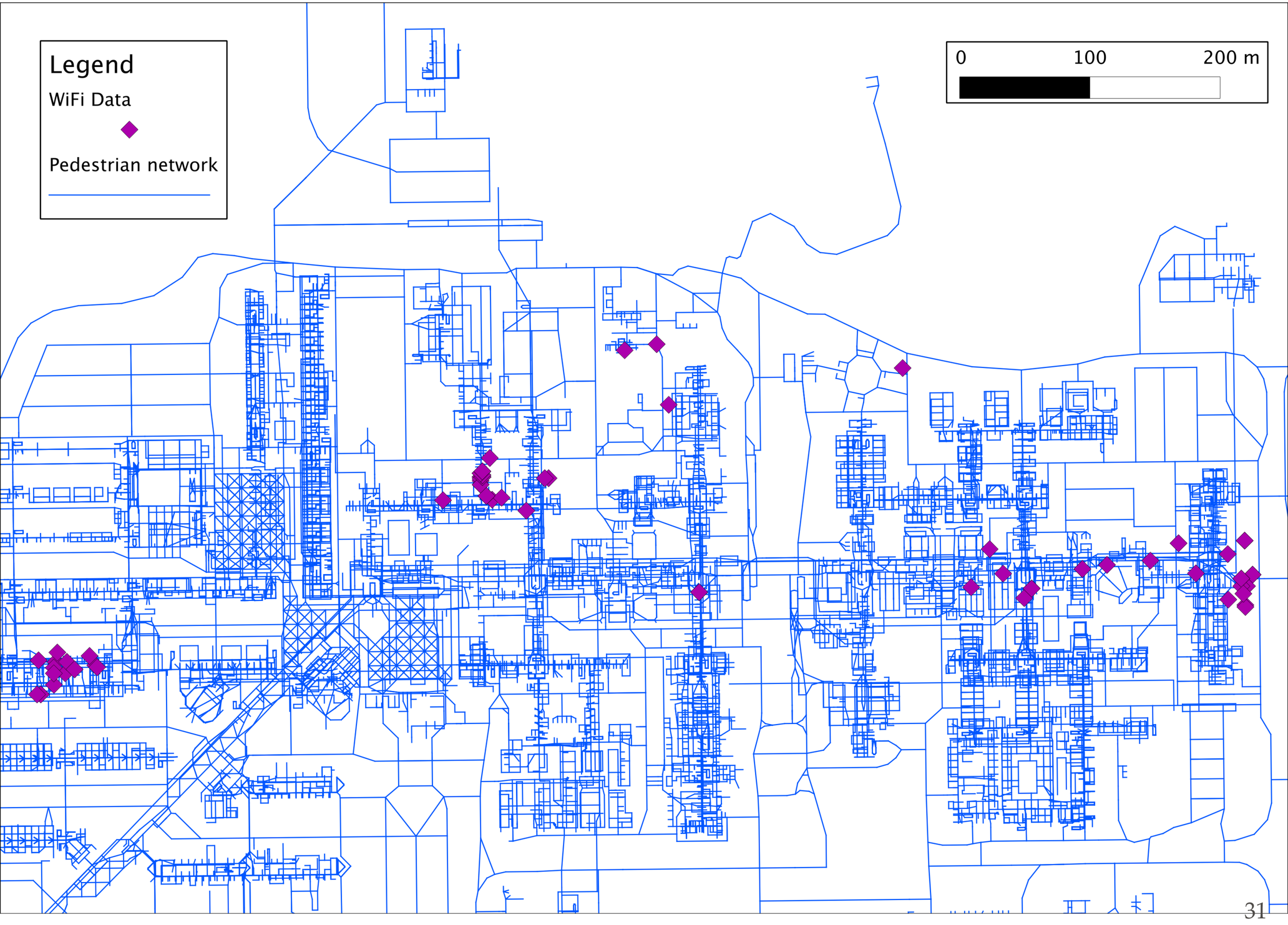
- Détecter les épisodes d'activité à partir des traces WiFi
- Modéliser le choix d'activité
- Modéliser le choix de destination

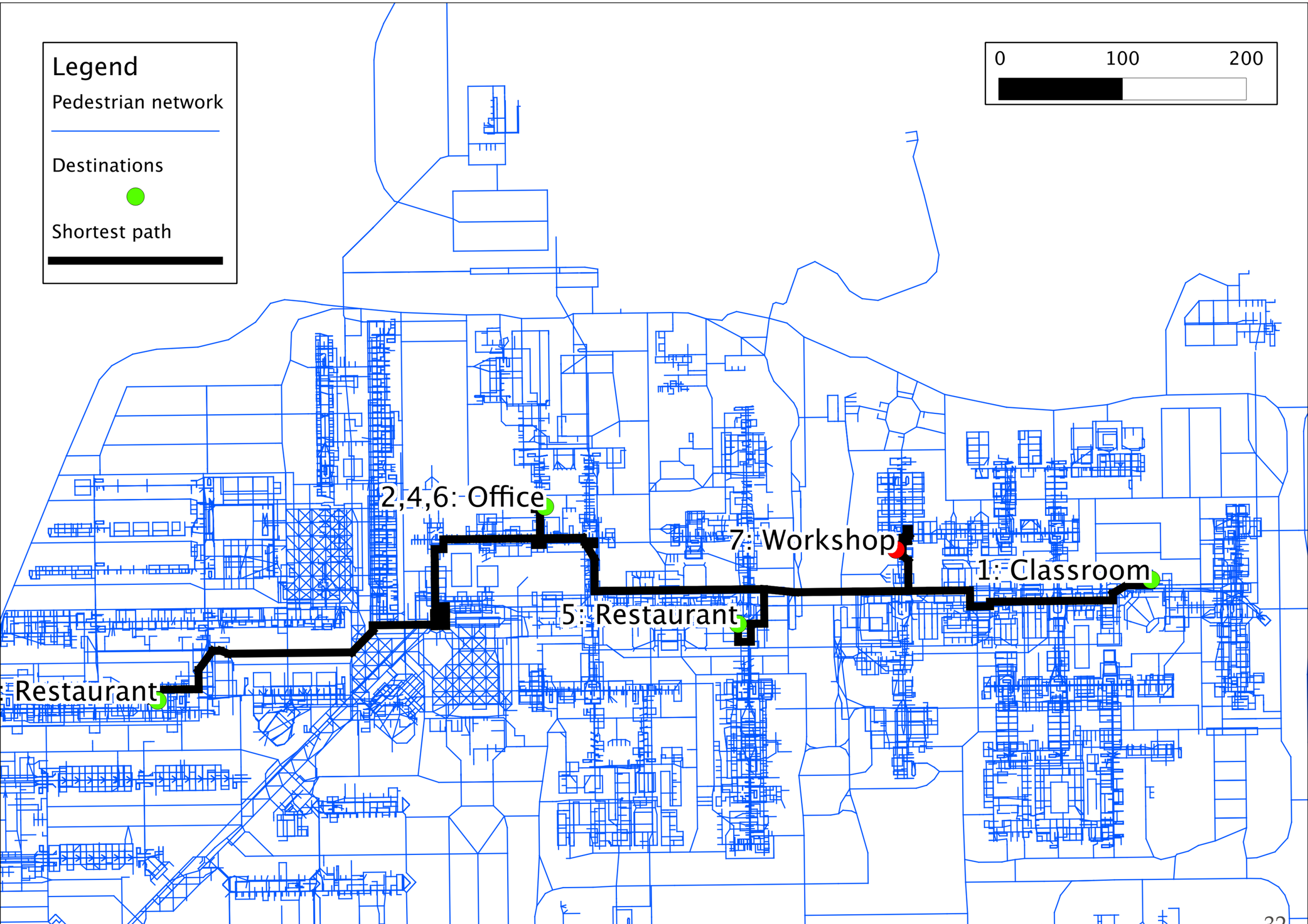
Détection

- Triangulation WiFi à partir des antenntes
  - Pas d'épisodes d'activité définis temporellement
  - Pas de sémantique : type d'activité
- Méthodologie
  - Générer des séquences d'épisodes d'activité
  - Associer une probabilité à chaque séquence

Danalet, A., Farooq, B., and Bierlaire, M. (2014). A Bayesian Approach to Detect Pedestrian Destination-Sequences from WiFi Signatures, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 44:146 - 170. doi:10.1016/j.trc.2014.03.015


Legend
Pedestrian network
Destinations
Shortest path
0
100
200
7: Metro stop
2, 4, 6: Author's office
5: Cafeteria
1: Classroom
Restaurant


Legend
WiFi Data
Pedestrian network
0
100
200 m

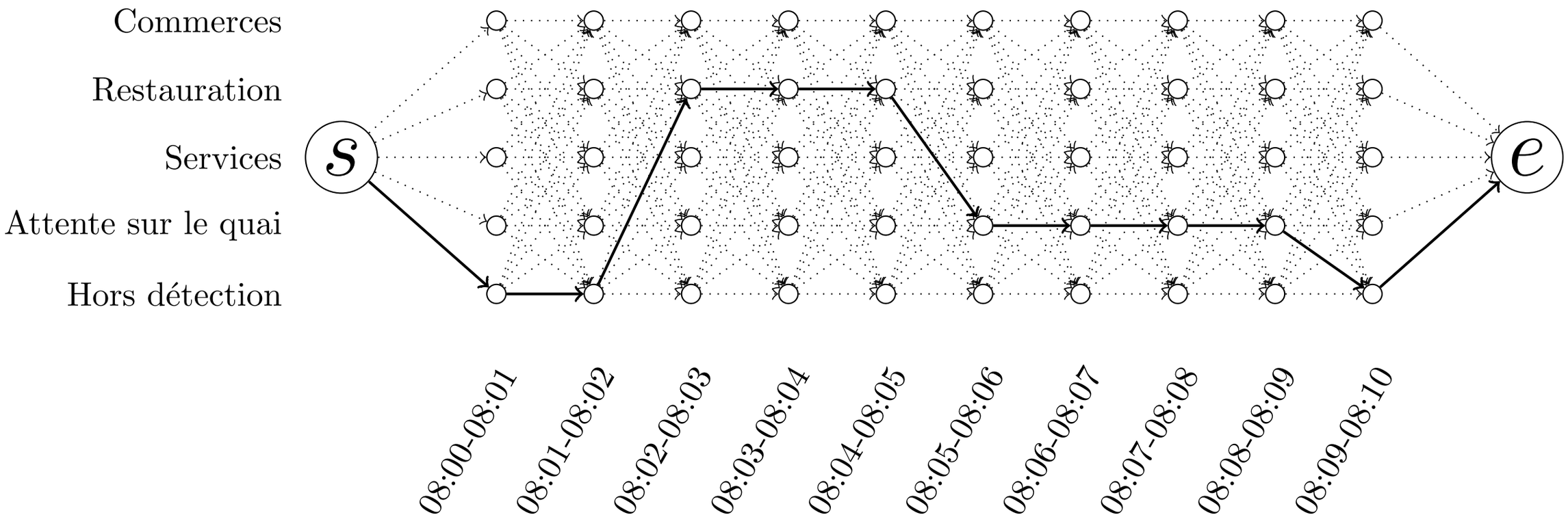

Legend
Pedestrian network
Destinations
Shortest path
0
100
200
2,4,6: Office
7: Workshop
1: Classroom
5: Restaurant
Restaurant

Deux choix consécutifs

- Choix séquentiel
  - Choix d'activité
  - Choix de destination
- Motivation
  - Comportemental : 1. manger, 2. quel restaurant ?
  - Mathématique : ensemble de choix plus petit

Choix d'activité

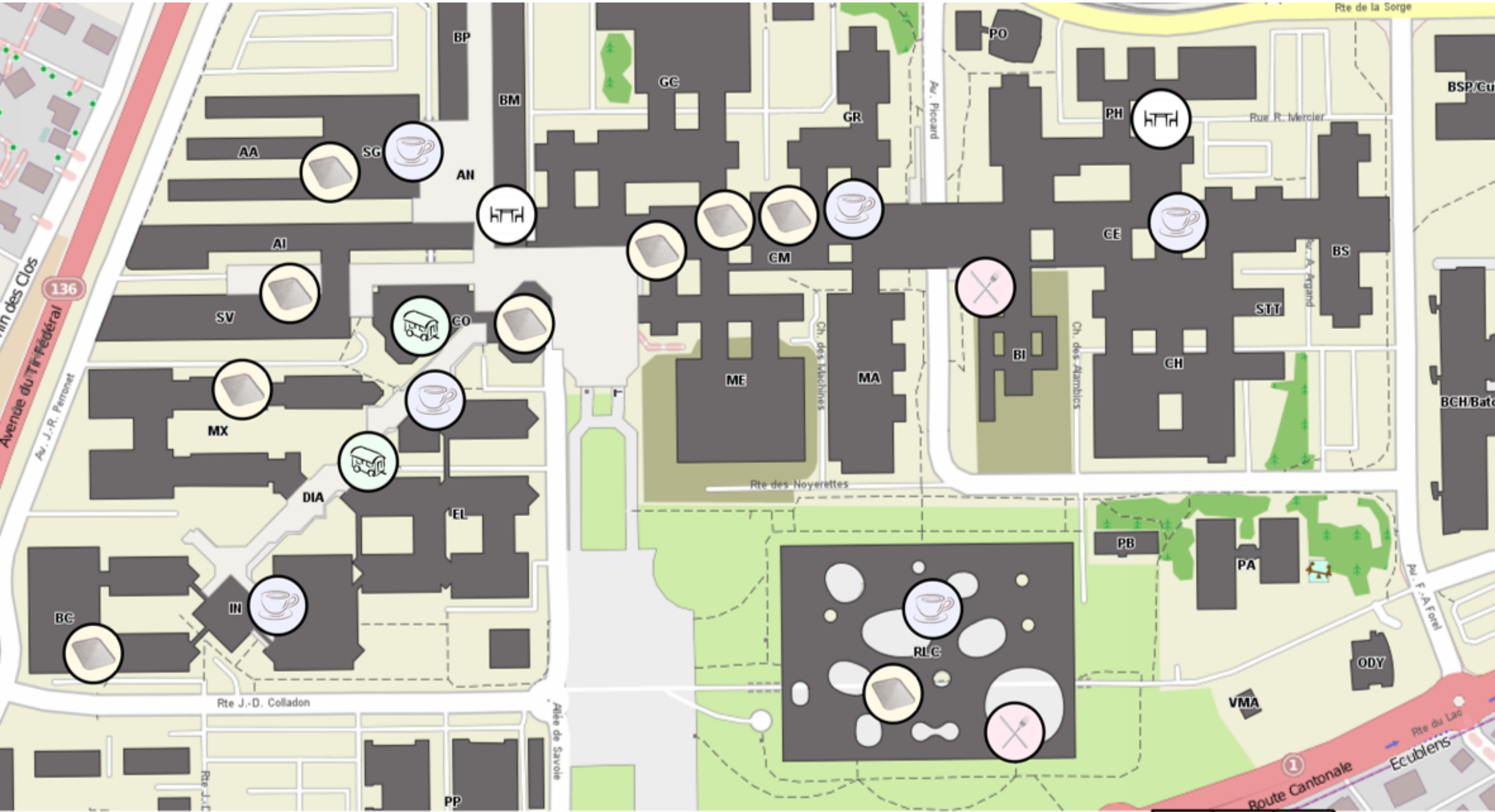
- Choix du type d'activité
- Choix de l'heure de début de l'activité
- Choix de la durée


Commerces
Restauration
Services
Attente sur le quai
Hors détection
s
e
08:00-08:01
08:01-08:02
08:02-08:03
08:03-08:04
08:04-08:05
08:05-08:06
08:06-08:07
08:07-08:08
08:08-08:09
08:09-08:10

Sur le campus

- Satiété
- Retard aux cours
- Plus de 4 visites dans un restaurant
- Schéma “bureau - resto - bureau” (midi, employés)
- Etre à la bibliothèque l’après-midi (étudiants)
- Activité principale : labo (employés)
- …

Danalet, A., and Bierlaire, M. (2014). A path choice approach to activity modeling with a pedestrian case study. Proceedings of the 14th Swiss Transport Research Conference (STRC) May 14-16, 2014.


Rte de la Sorge
BP
BM
GC
GR
PO
PH
Rue R. Mercier
Av. Piccard
BSP/Cu
AA
SG
AN
AI
SV
CO
CM
GE
BS
STT
CH
BI
ME
MA
Ch. des Machines
Ch. des Alambics
Av. A. Agrand
MX
DIA
EL
BCH/Bat
Rte des Noyerettes
PB
PA
IN
BG
RLC
ODY
VMA
F.-A Forel
Rte J.-D. Colladon
Allée de Savoie
PP
Rte du Lac
Ecublens
Route Cantonale
Avenue du Tir-Fédéral
Ch. des Clos
Av. J.-R. Perronet
136
1
Scale 1:5000
0 50 100 150
Self-services
Cafeterias
Restaurants
Other
Caravans

Choix de restaurant (parmi 21)

- Capacité du restaurant
- Distance pour atteindre le restaurant
- Evaluation du restaurant
- Prix
- Bière l'après-midi

2.2.2 Tactique

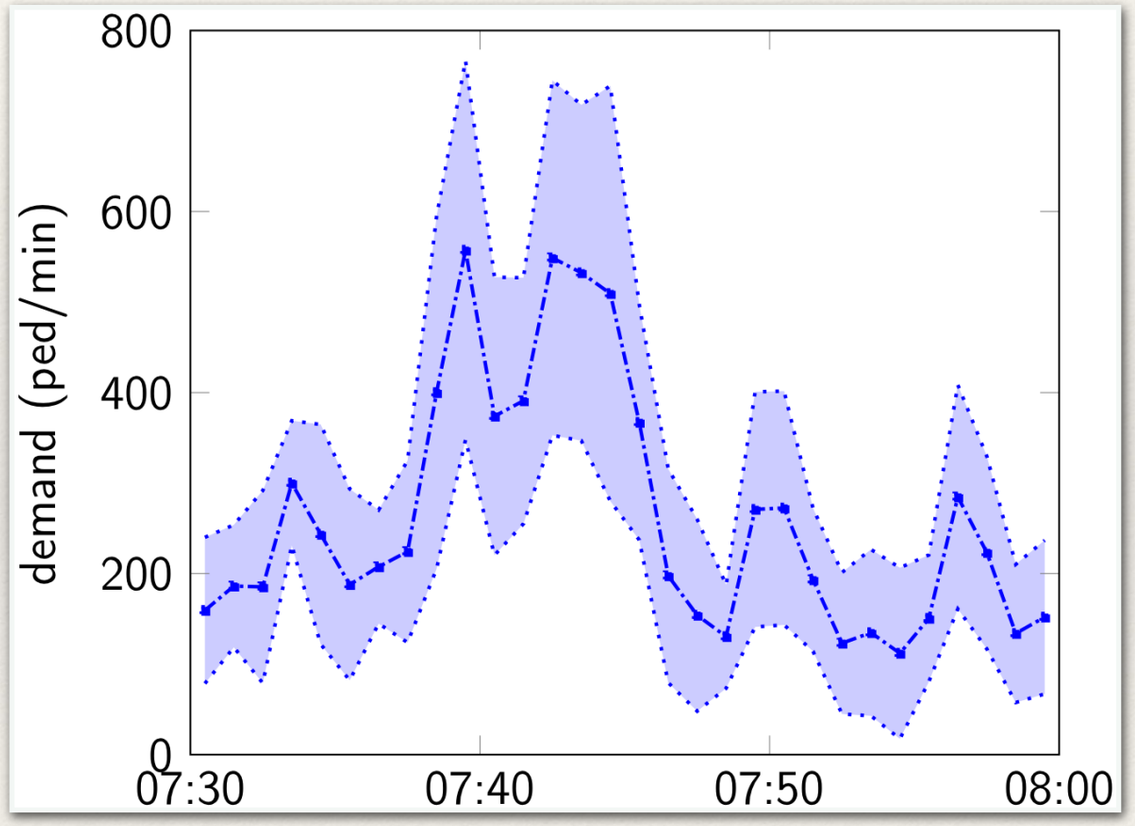
Matrice origine-destination

- Estimation de la demande basée sur
  - Horaires de train
  - Comptage piétons
  - Données historiques (données de vente, enquête déplacements)
  - Trajectoires (pour la validation)

Gare de Lausanne : demande totale

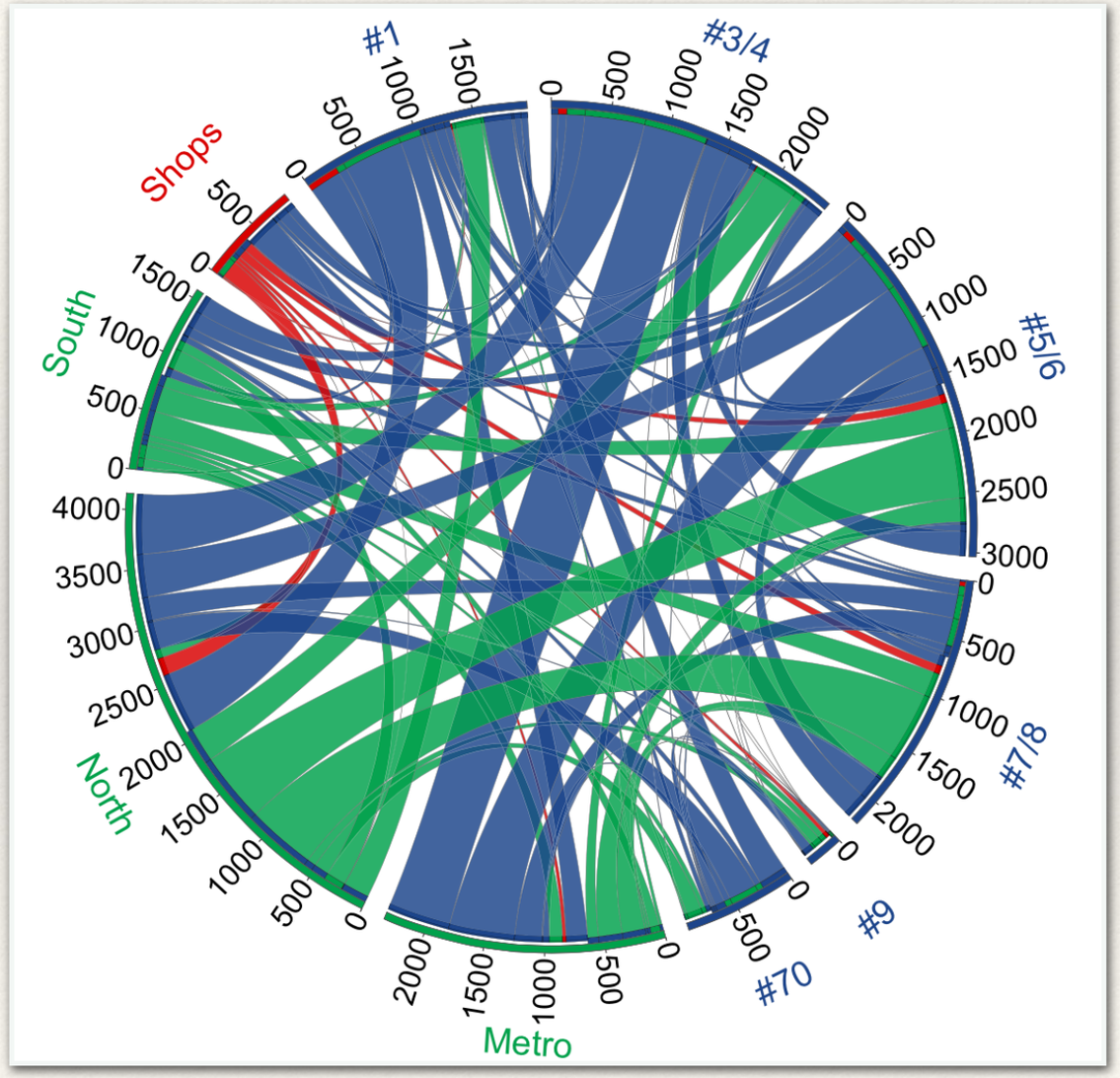
- Représentation : nombre de passagers au total

- Heure de pointe, matin
  - pic de demande (7:30-8:00)
  - 25 trains (arrivées et départs)



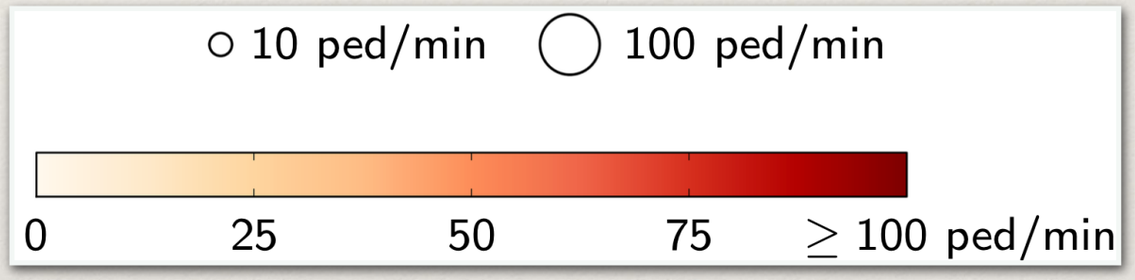
Gare de Lausanne : OD

- Représentation :
  origine et destination
- Moyenne sur 30 minutes
- Origine des flux
  - quais
  - ville / métro / bus
  - magasins

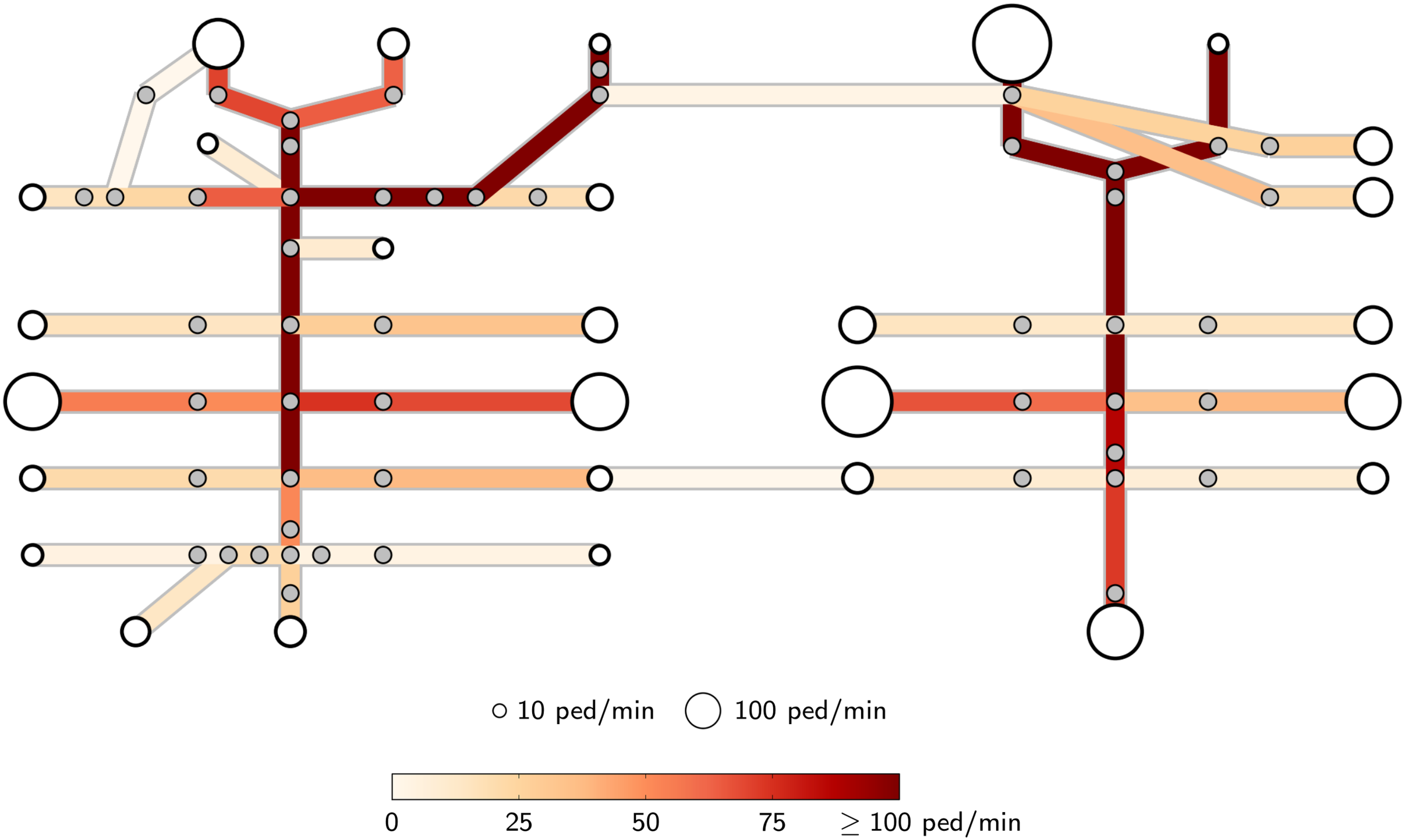


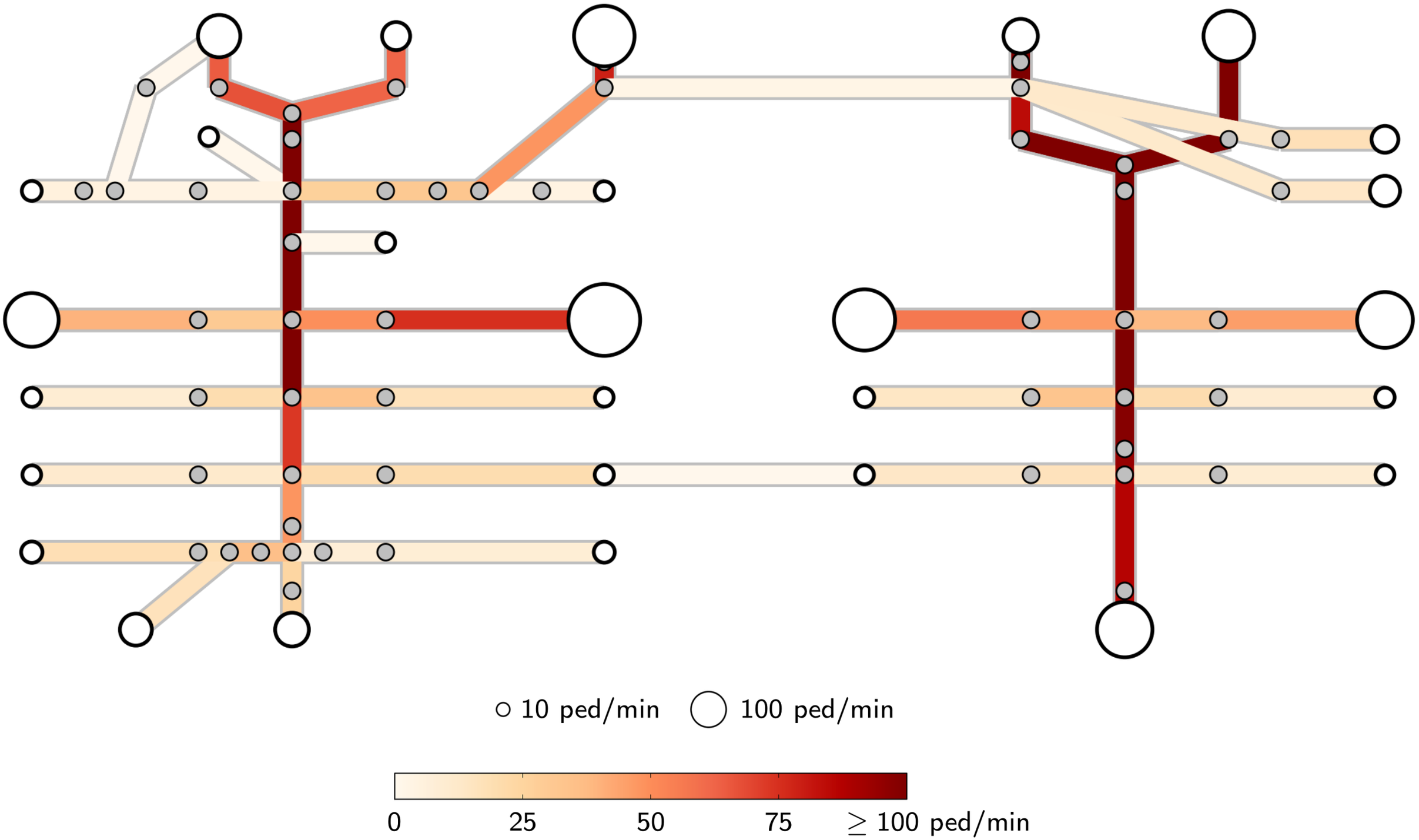
Carte des flux en gare de Lausanne

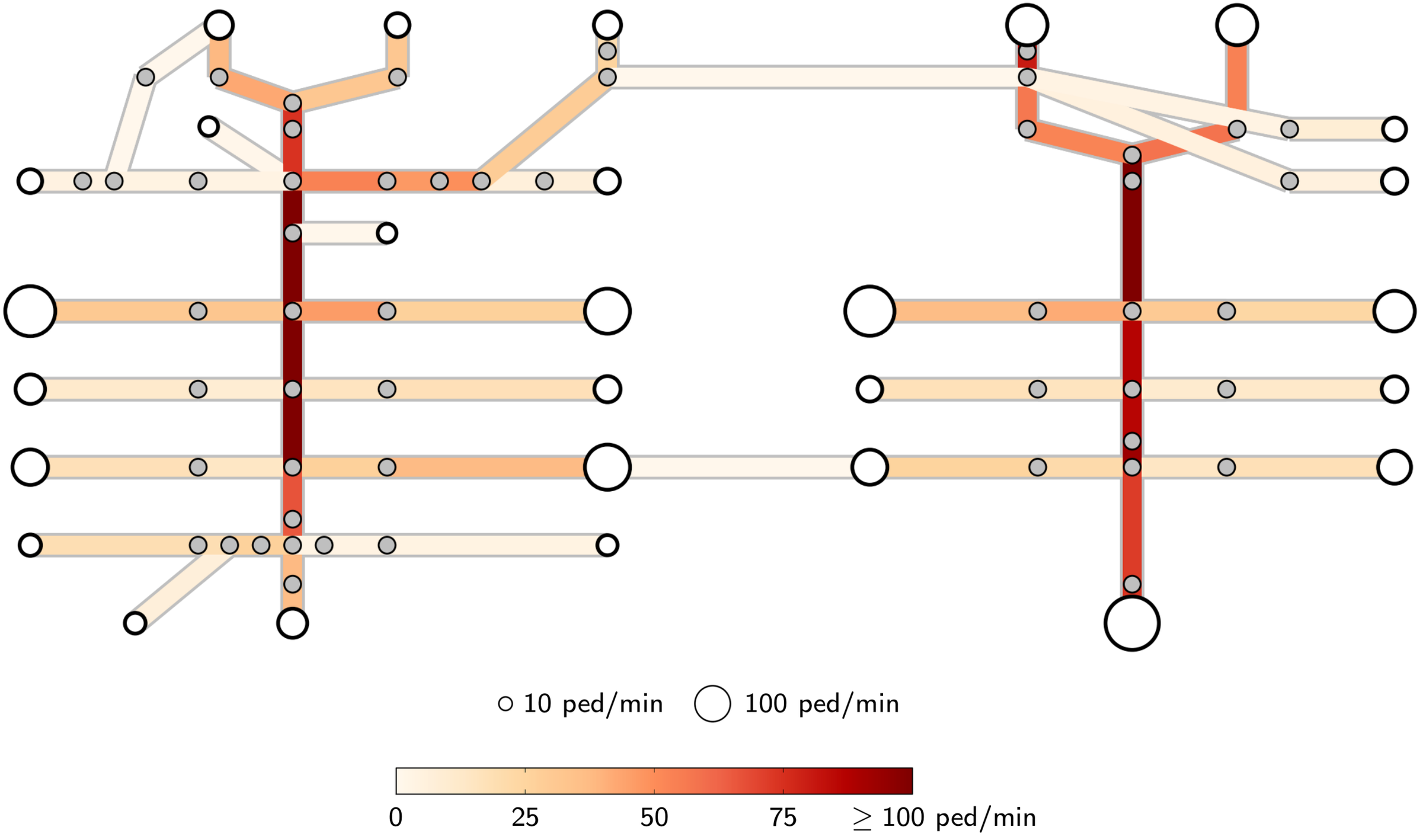
- Représentation :
  flux dans le réseau
- Par minute



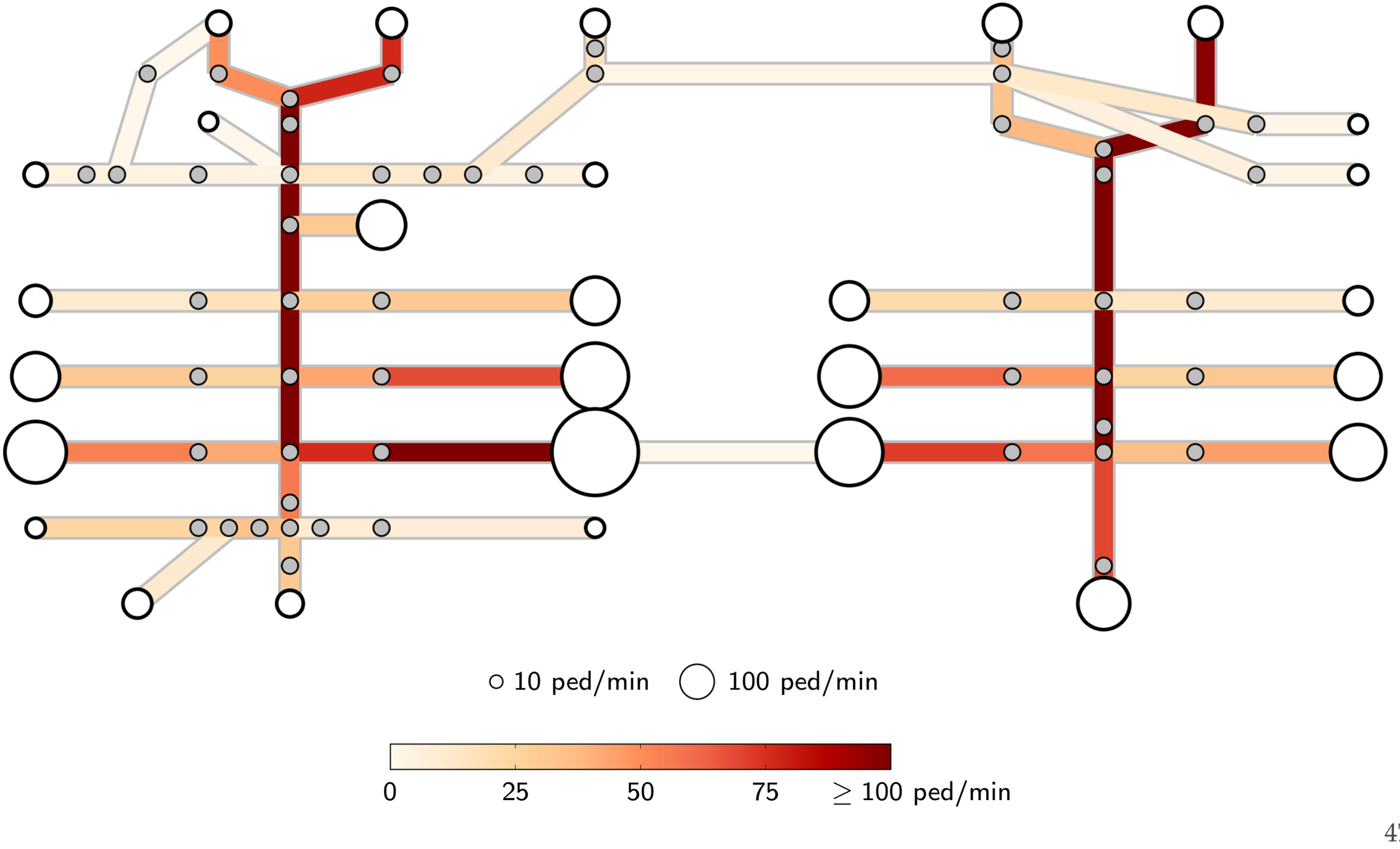
7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48



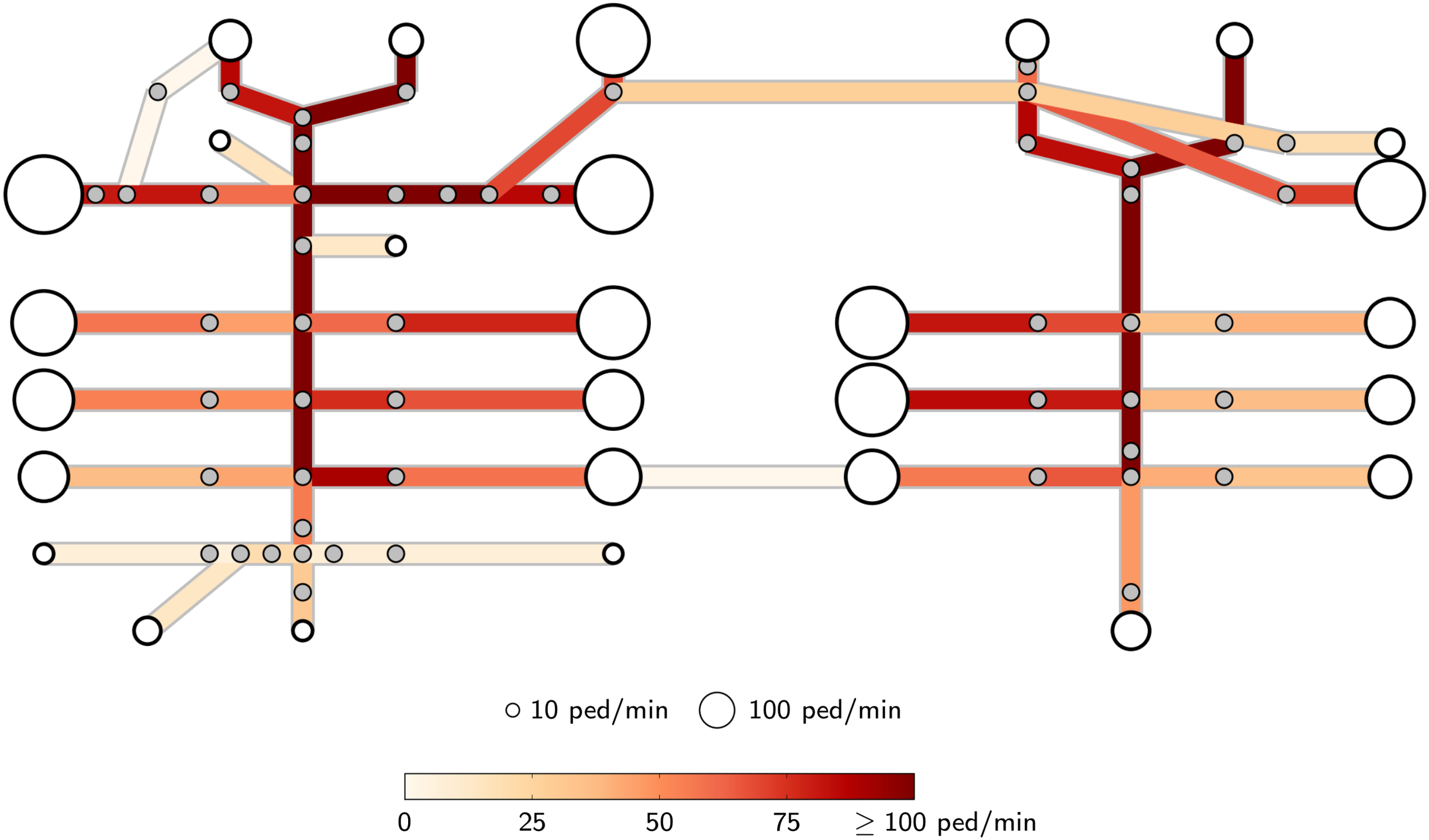

10 ped/min
100 ped/min
0
25
50
75
≥ 100 ped/min


10 ped/min
100 ped/min
0
25
50
75
≥ 100 ped/min

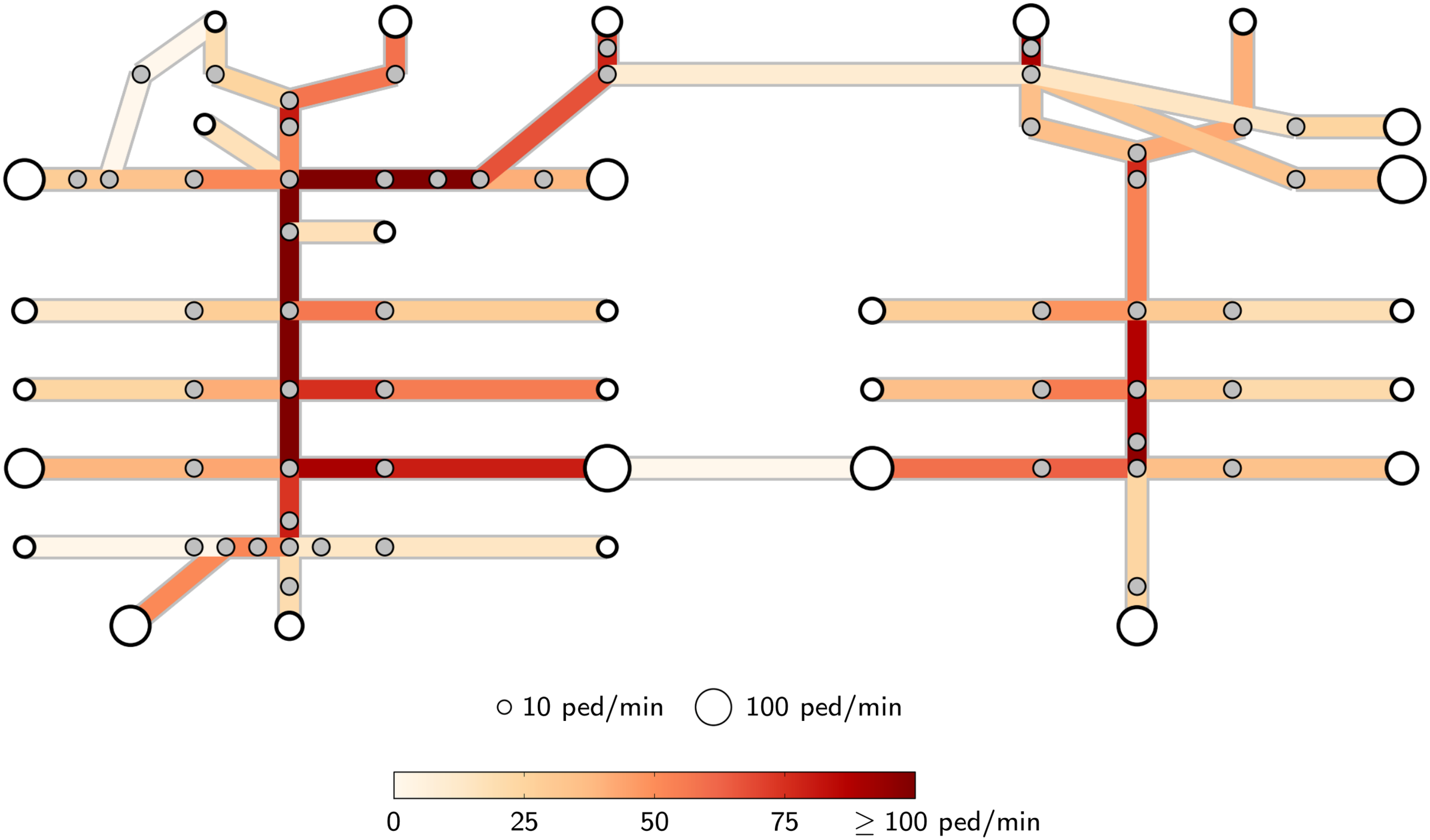
7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48



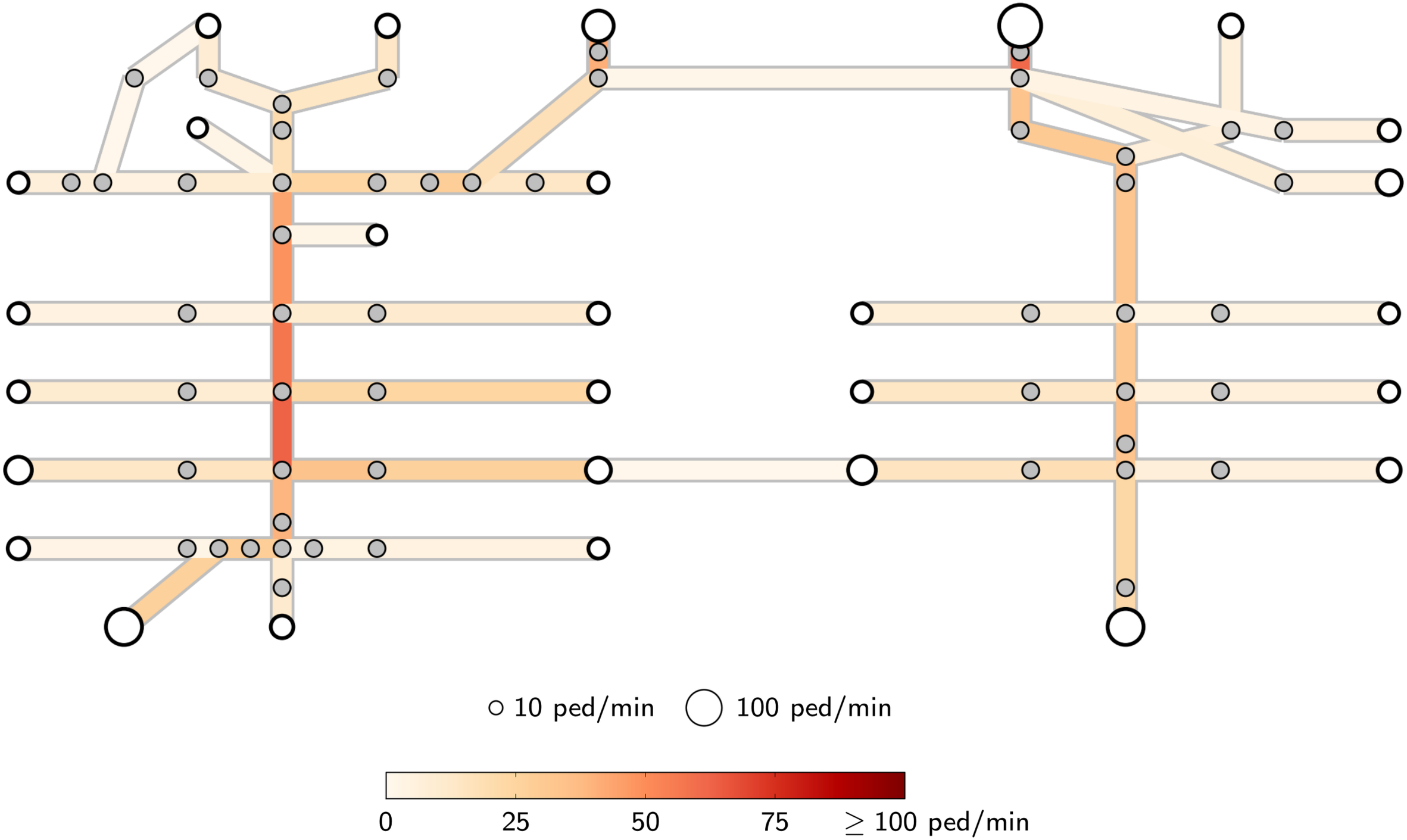
7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48



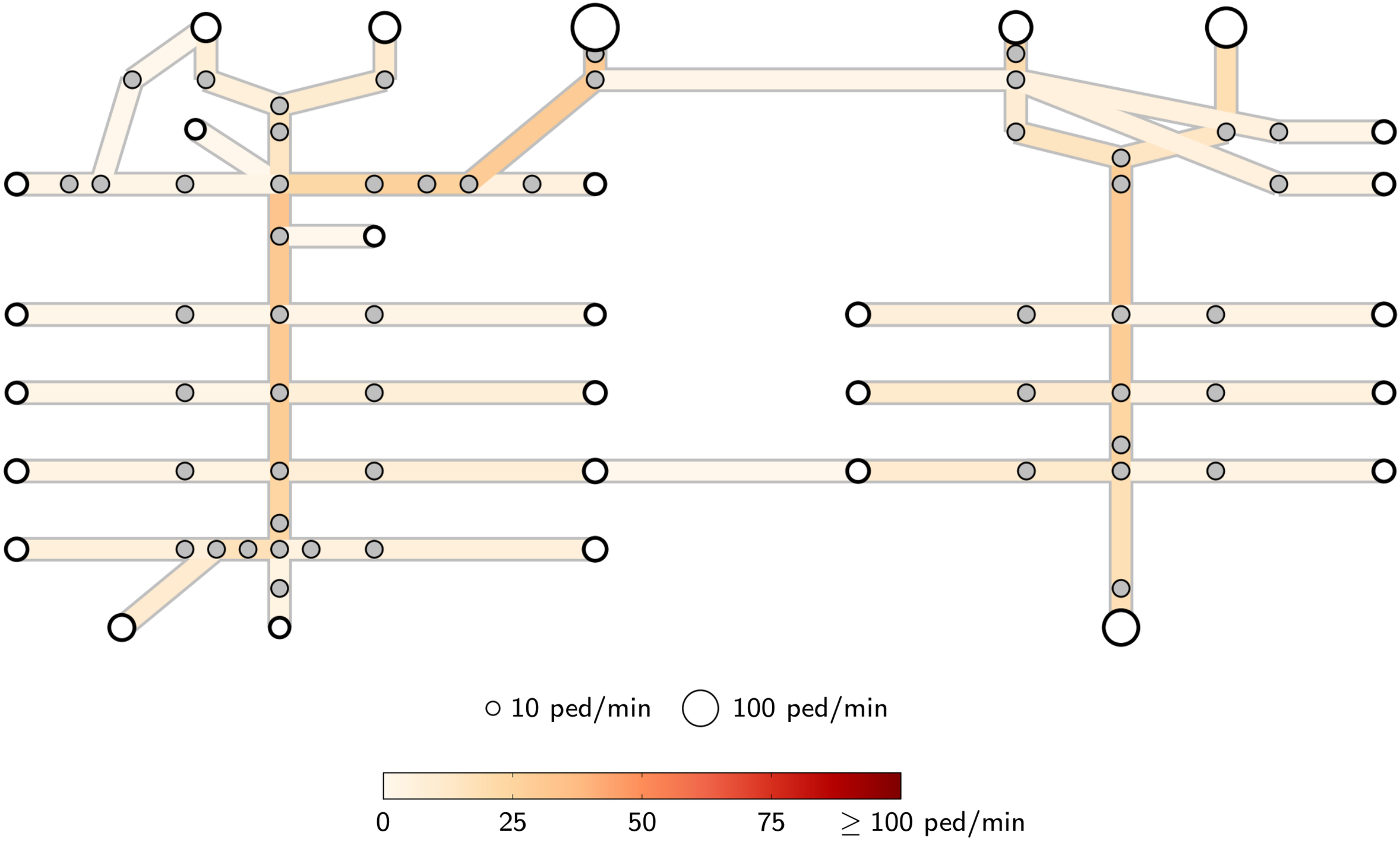
7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48



7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48

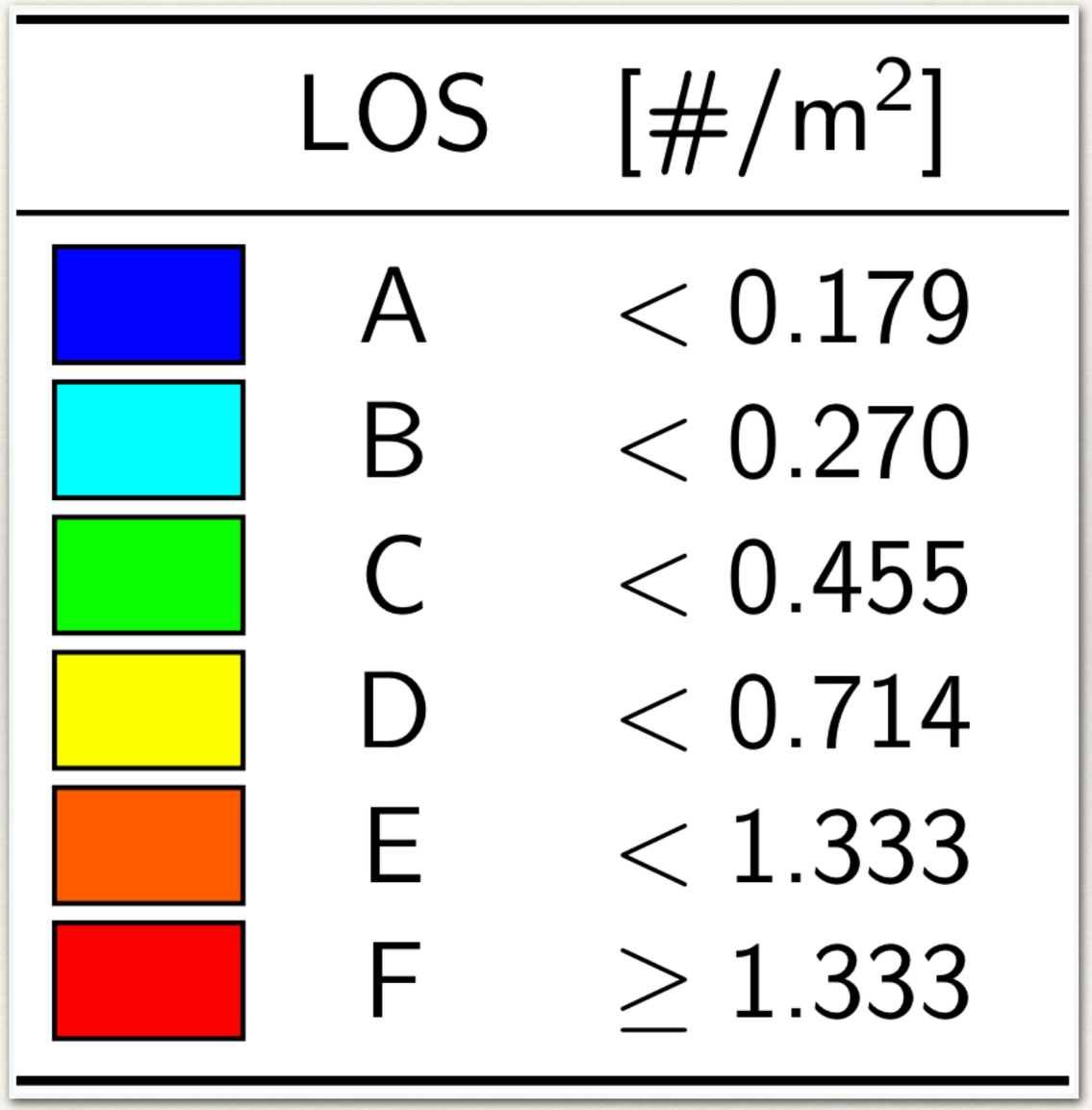


7:40 - 7:41 - 7h42 - 7h43 - 7h44 - 7h45 - 7h46 - 7h47 - 7h48

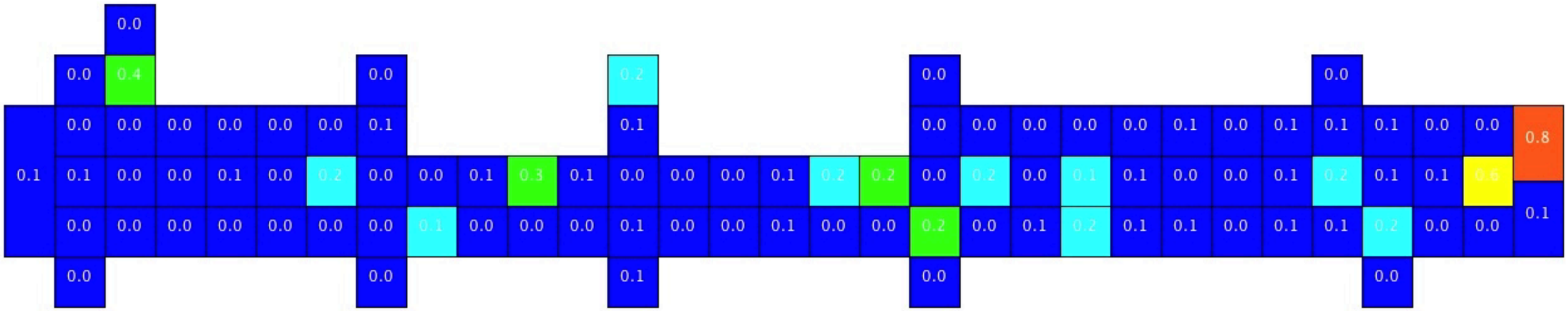


Gare de Lausanne : PI Ouest

- Représentation : discrétisation de l'espace
- Carte de densité simulée
- Prédiction :
  - temps de trajet
  - flux
  - densité
- Une minute



Hänseler, F.S., Bierlaire, M., Farooq, B., and Mühlematter, T. (2014). A macroscopic loading model for time-varying pedestrian flows in public walking areas, Transportation Research Part B: Methodological 69:60 -- 80. doi:10.1016/j.trb.2014.08.003

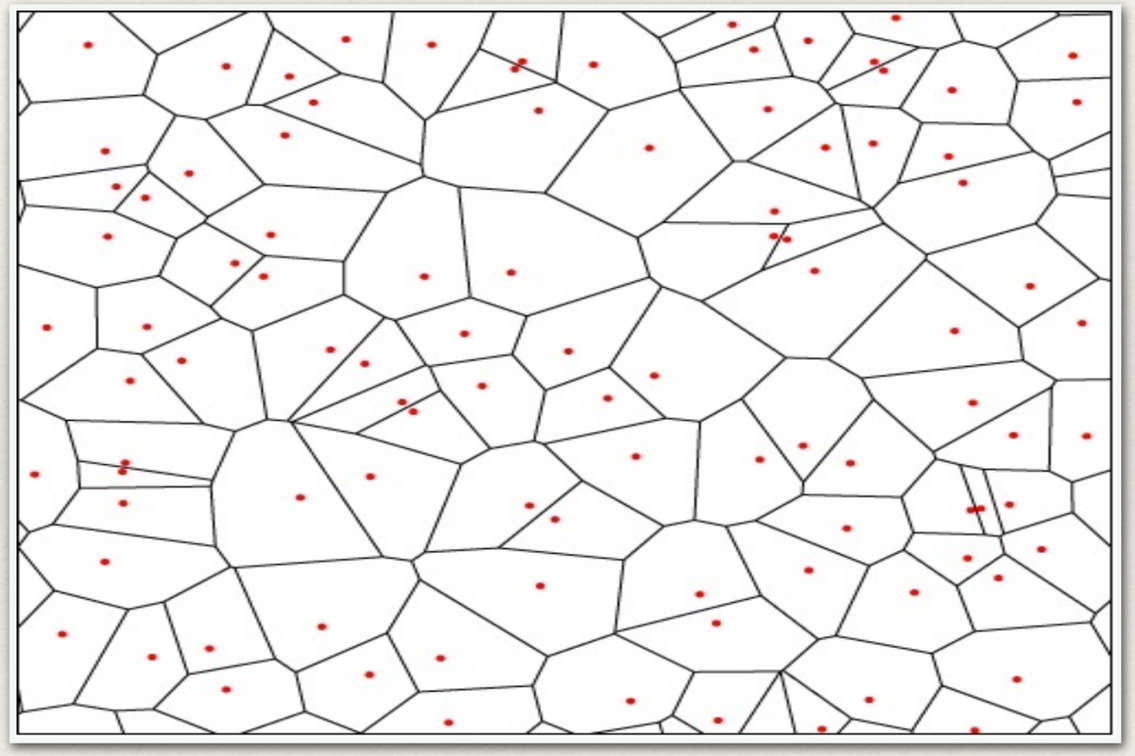


Animation: http://youtu.be/16_MkoF70Hc

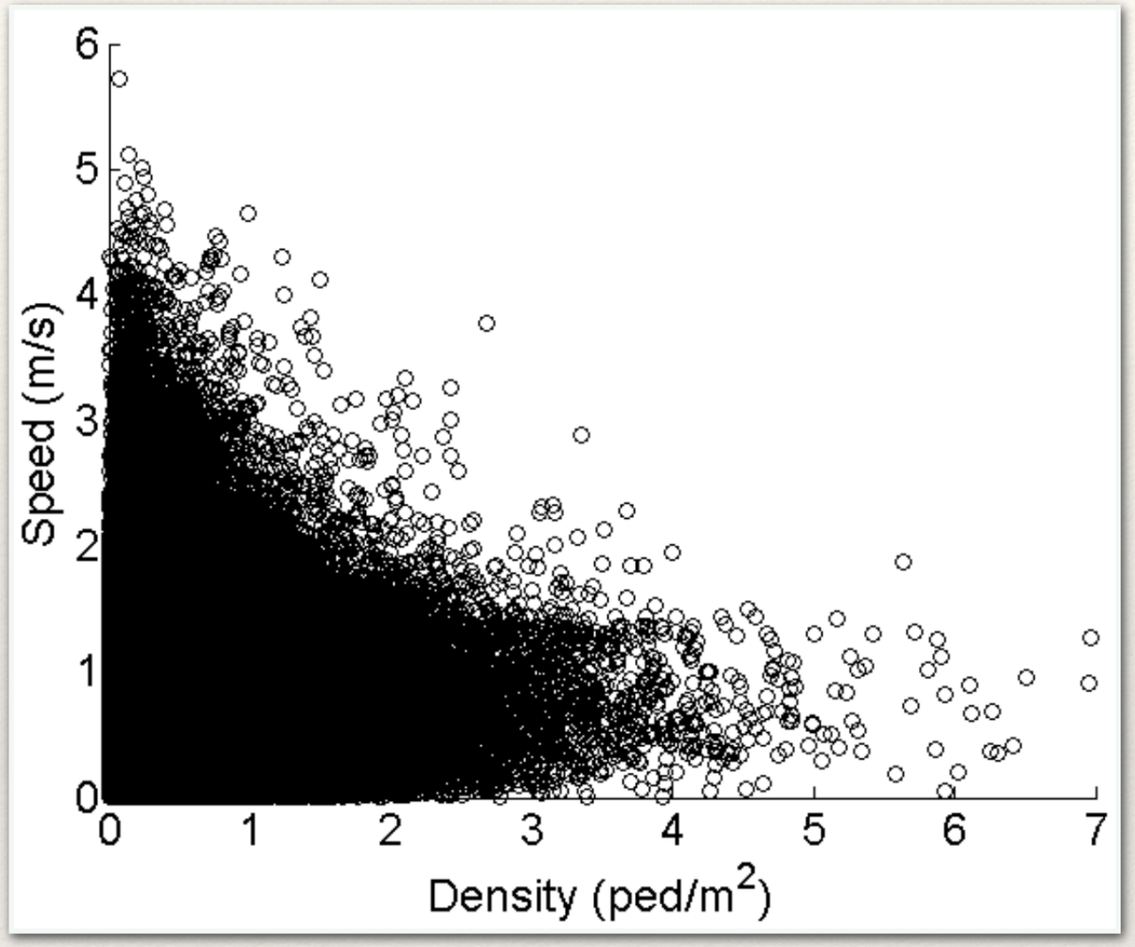
2.2.1 Opérationnel

Caractérisation du trafic

- “Mesurer” les trajectoires
  - Vitesse (m/s)
  - Densité (piétons/m²)
  - Flux (piétons/ms)
- Lien entre ces caractéristiques
  - Diagramme fondamental



Gare de Lausanne



Littérature

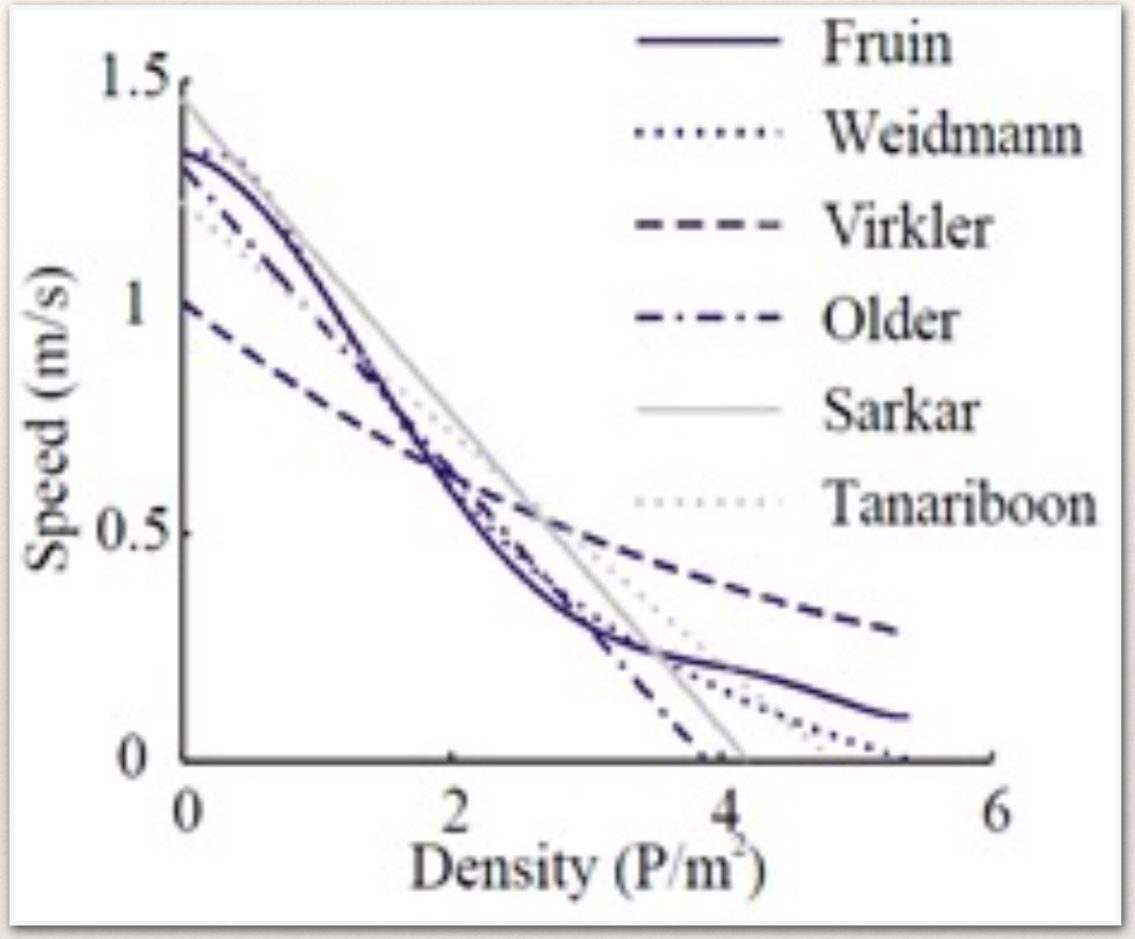
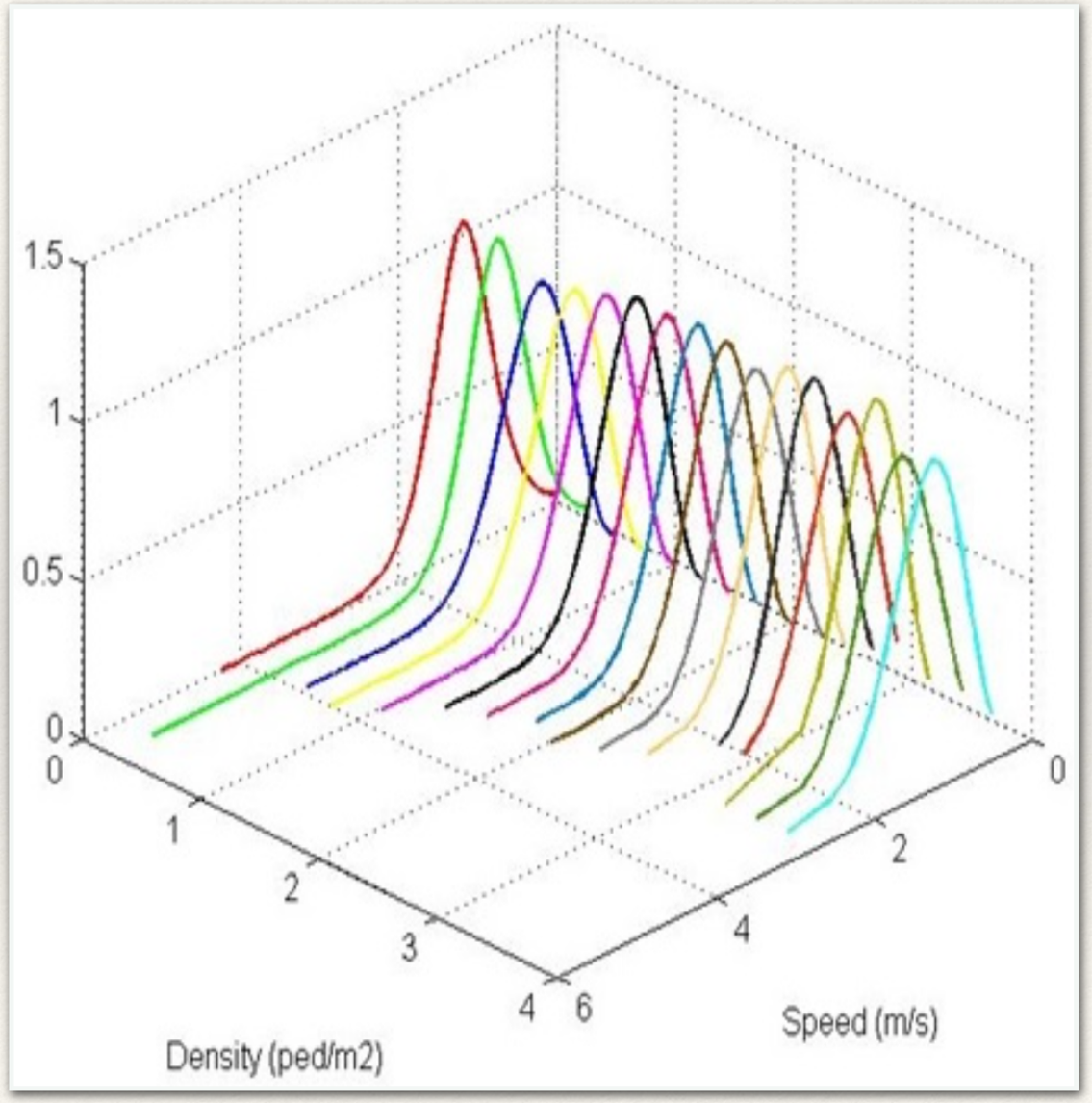


Diagramme fondamental mixte

- Vitesse : une variable aléatoire
- Différentes catégories de piétons, lents ou rapides
- Différentes distribution de vitesse par densité



En résumé

- Capacité de **collecter** des données
- Mesurer, **caractériser et modéliser** les flux
- Estimation des **matrices origine-destination**
- Modèles d'**affectation du traffic**
- Choix d'**activité** et de **destination**

Impact

- Pour les usagers :
  - Plus de confort
- Pour les opérateurs :
  - Dimensionnement des infrastructures
  - Localisation des points d’intérêt
  - Adapter l’offre

antonin.danalet@epfl.ch