



université
PARIS
DIDEROT
PARIS 7



ThéMA
UMR 6049 Théoriser & Modéliser pour Aménager

UBFC
UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTÉ

Lire les lignes de la Ville

Parcours de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

*Travail réalisé au sein de l'équipe **MorphoCity**, dirigée par **Stéphane Douady** et **Philippe Bonnin***

Claire Lagesse

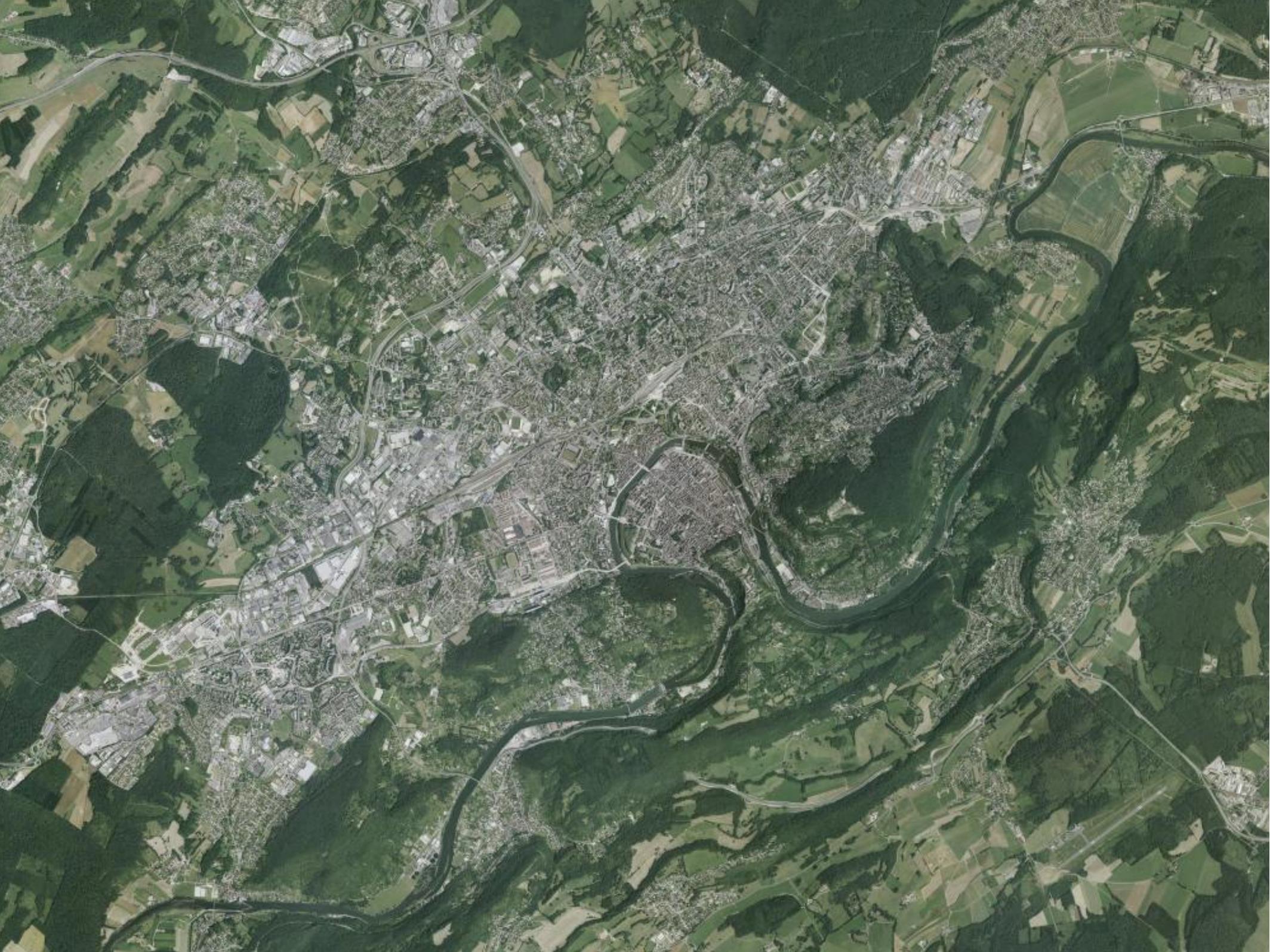
ThéMA UMR 6049, CNRS

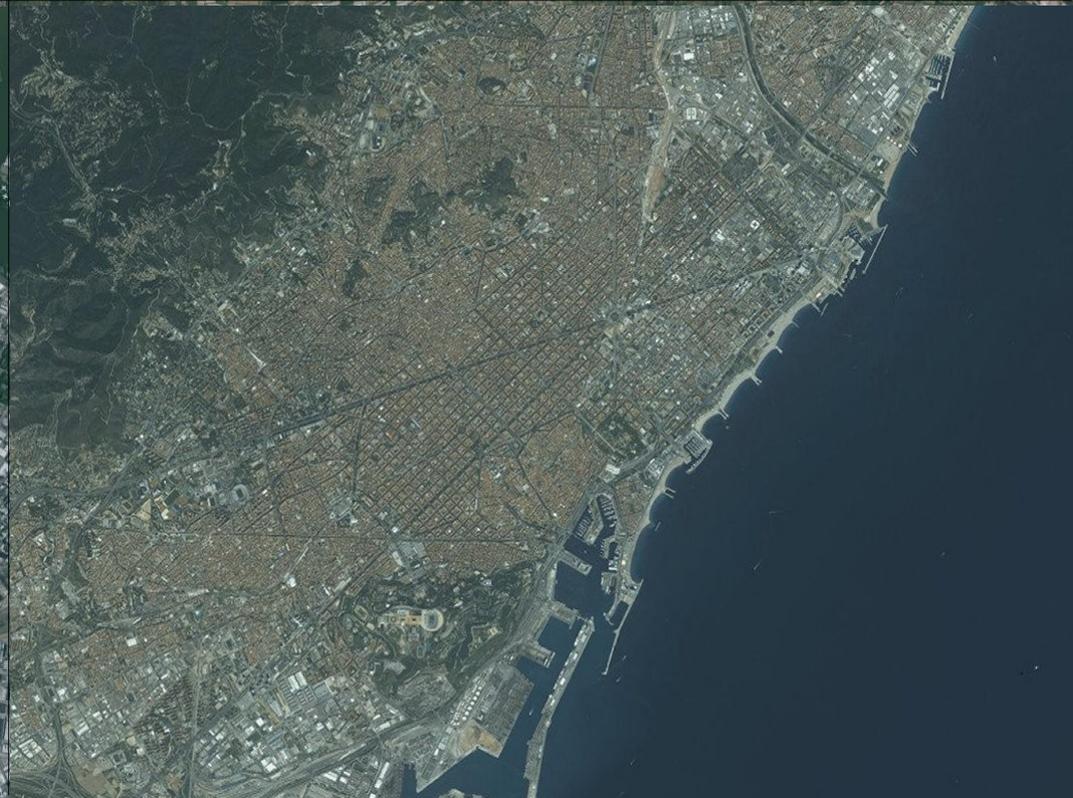
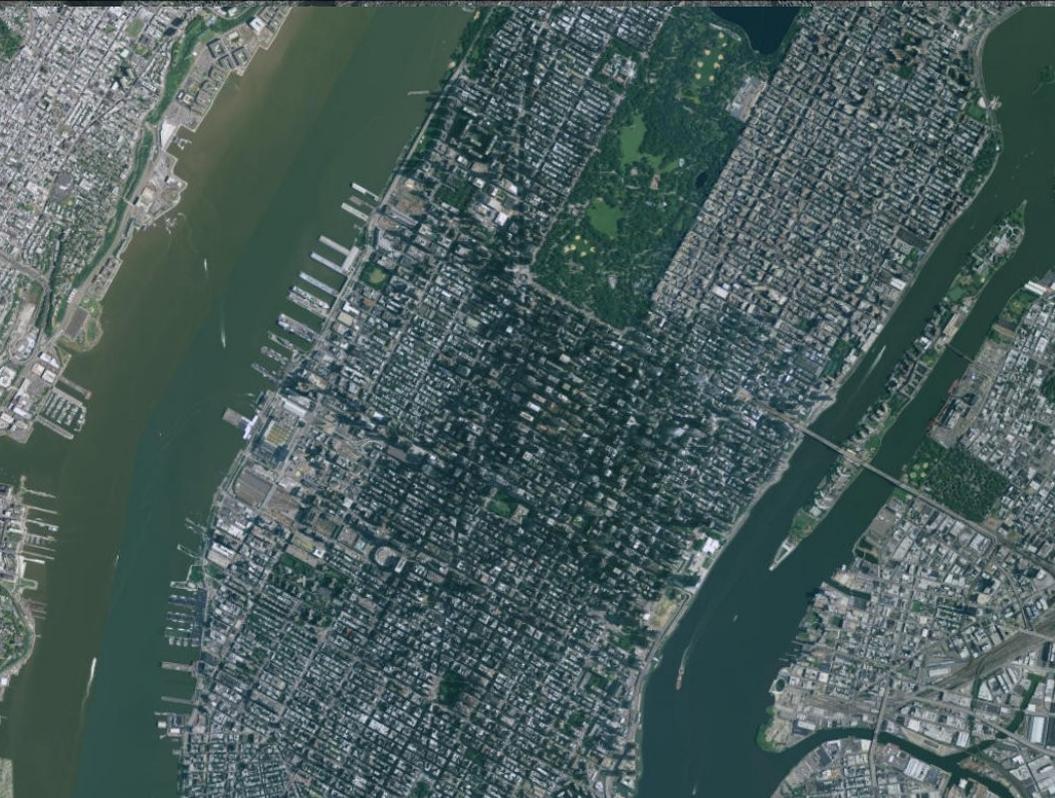
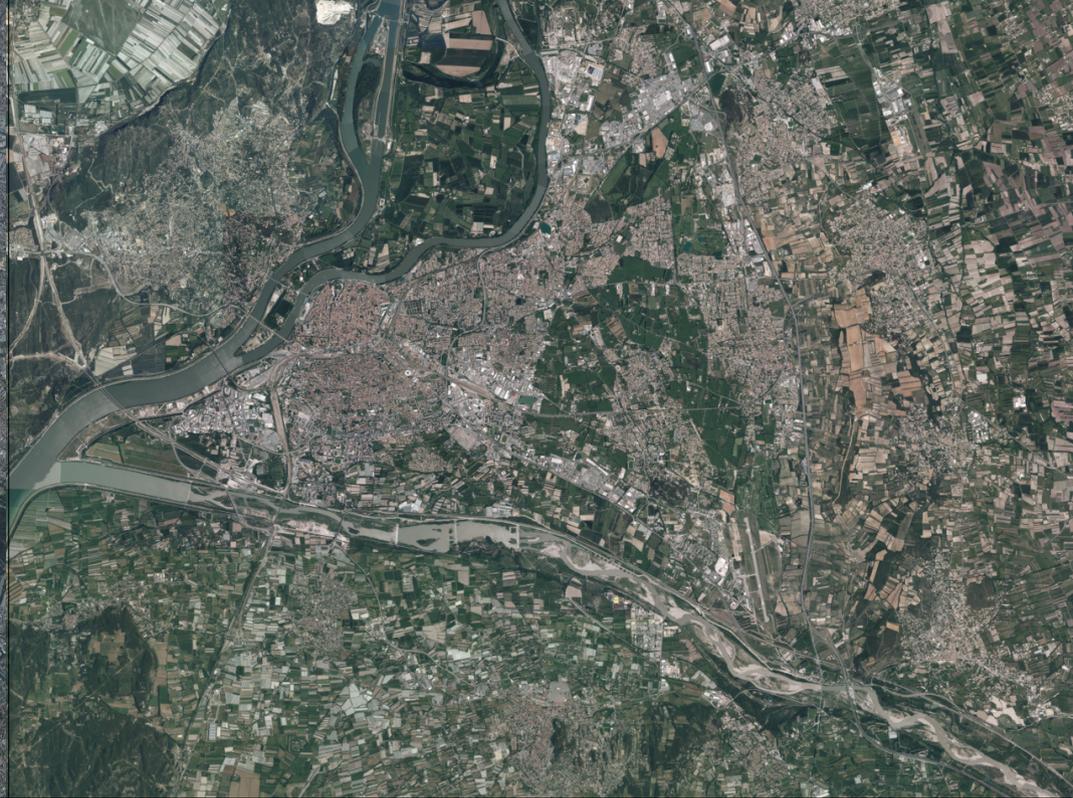
Université de Bourgogne – Franche-Comté

claire.lagesse@univ-fcomte.fr

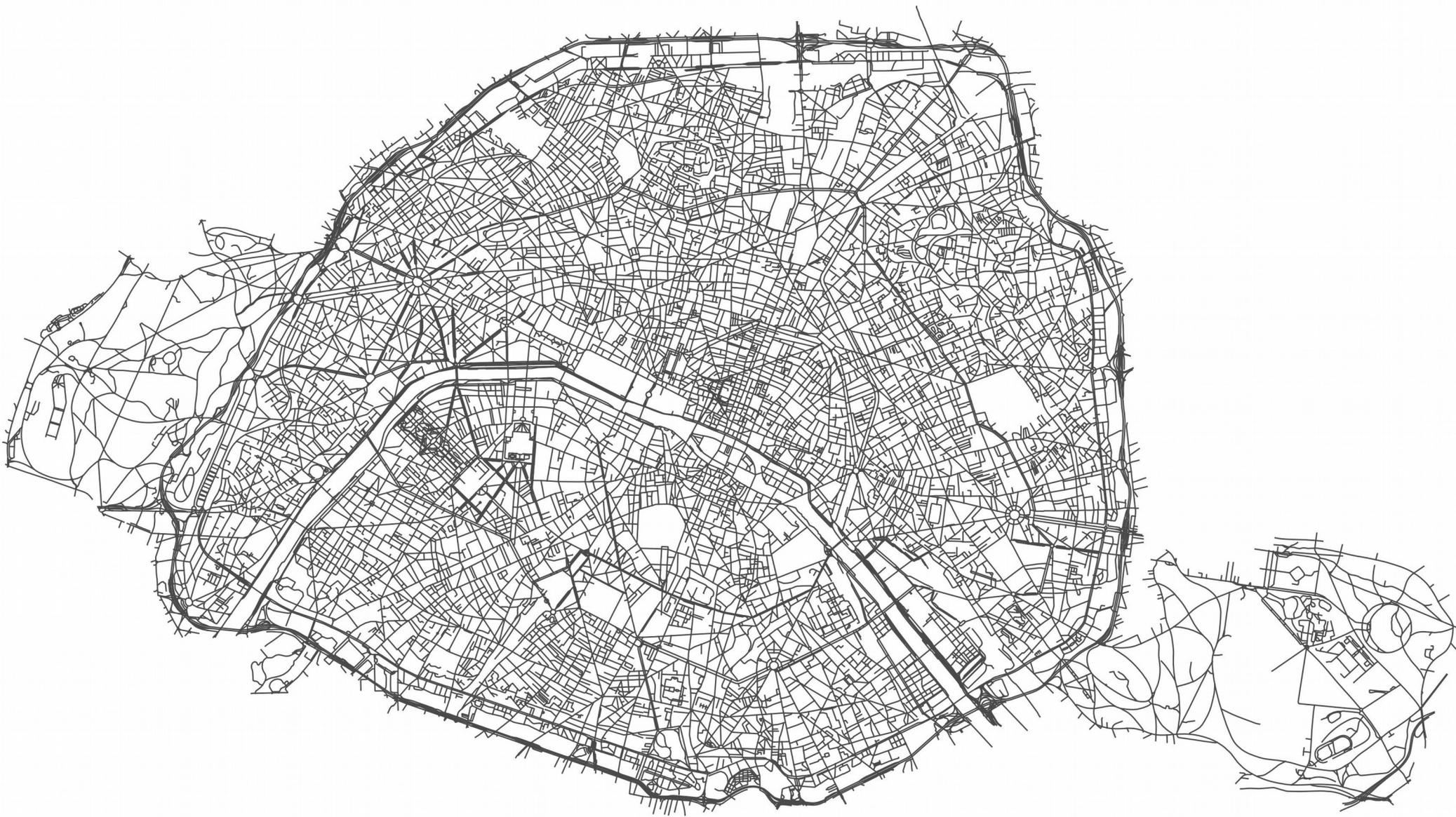
Rencontres TheoQuant
mai 2017



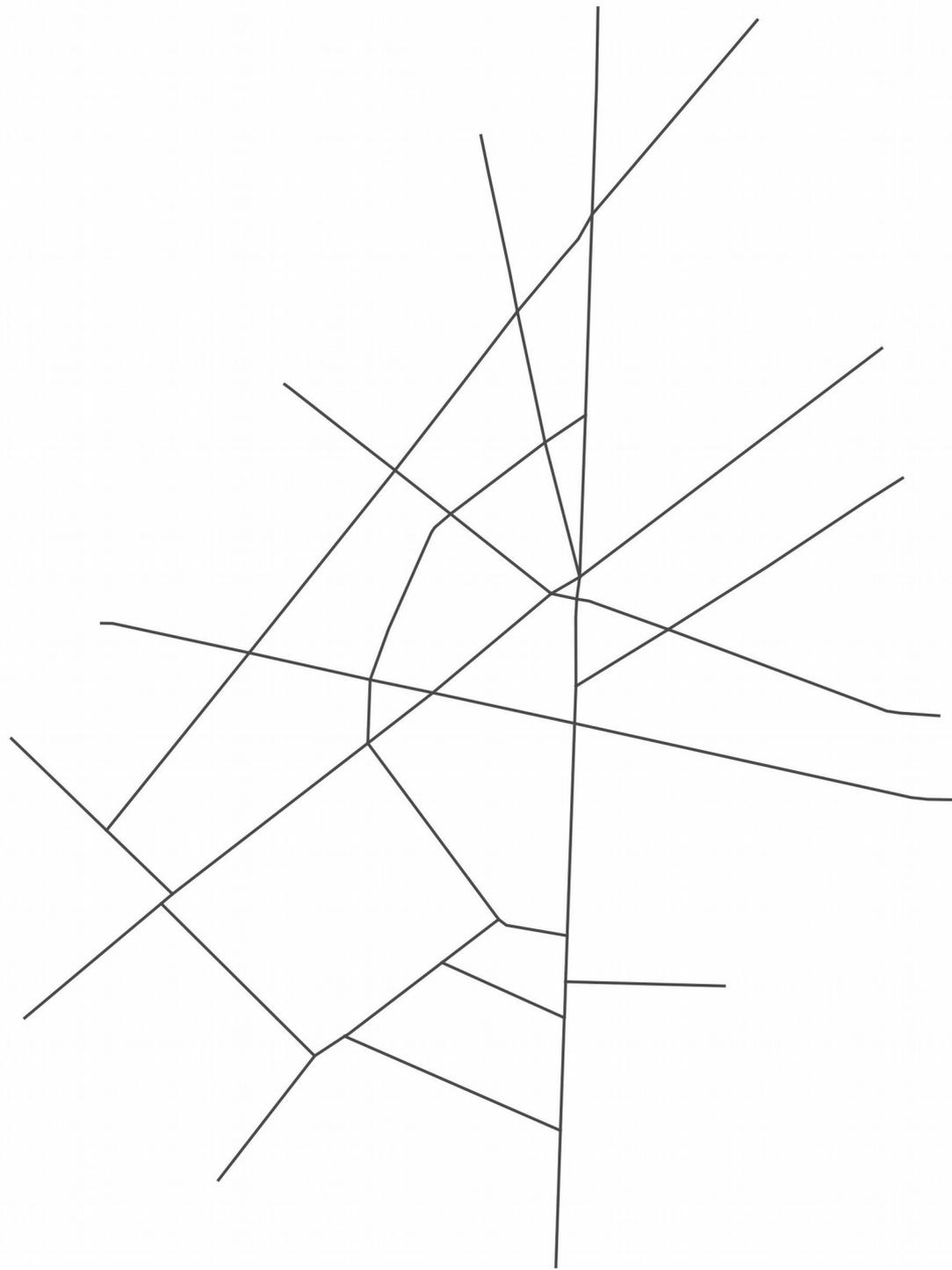




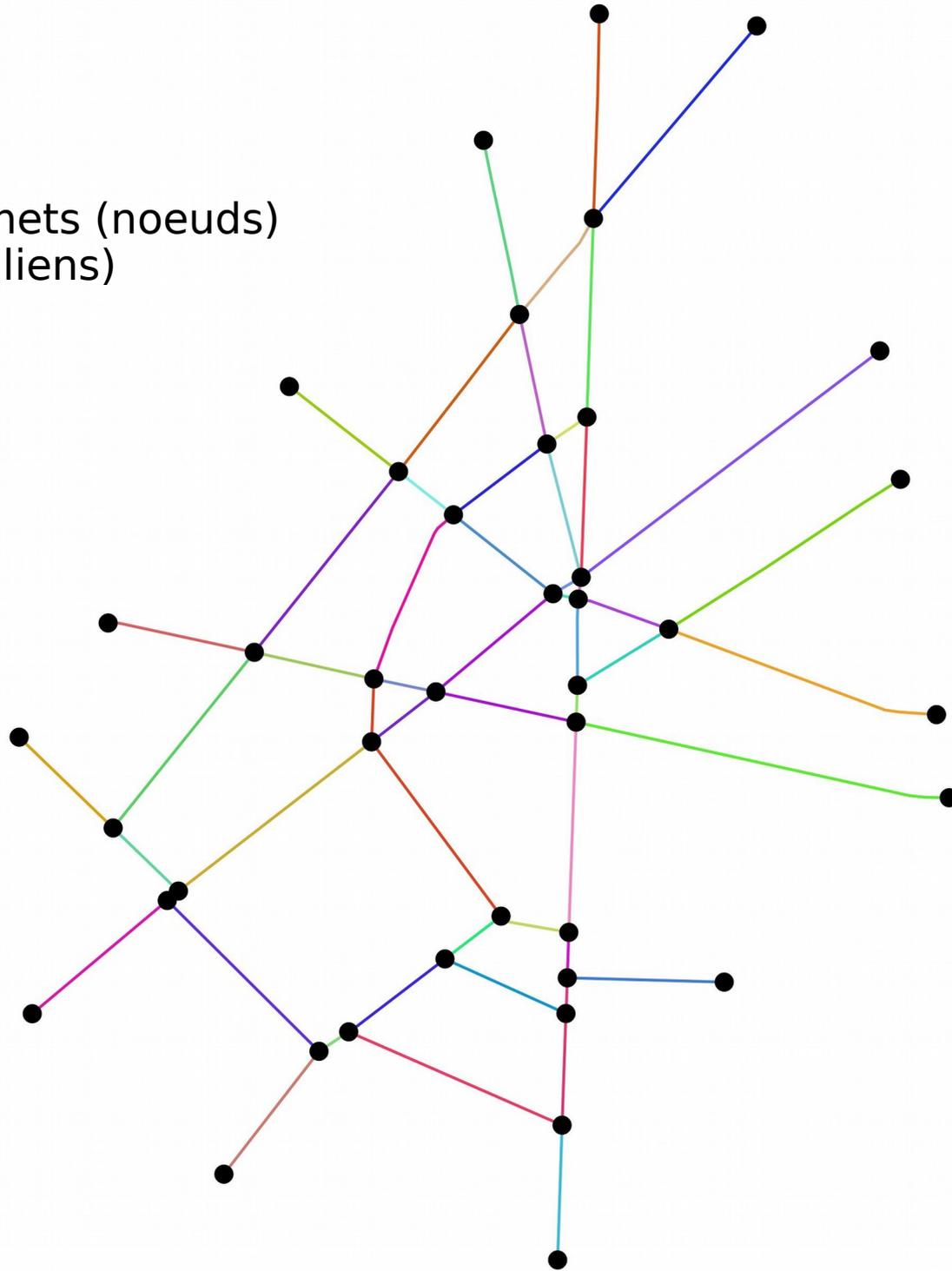




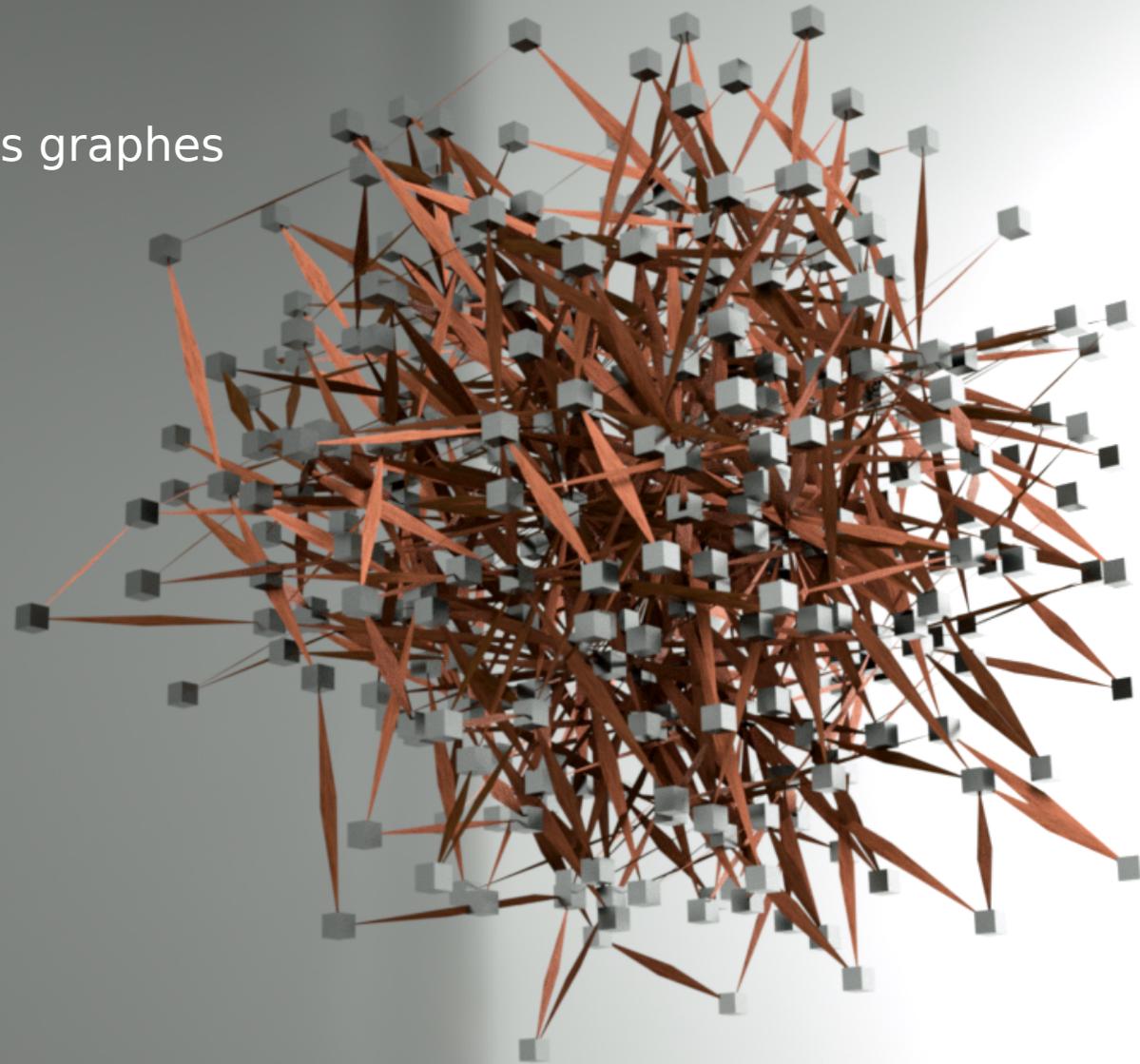




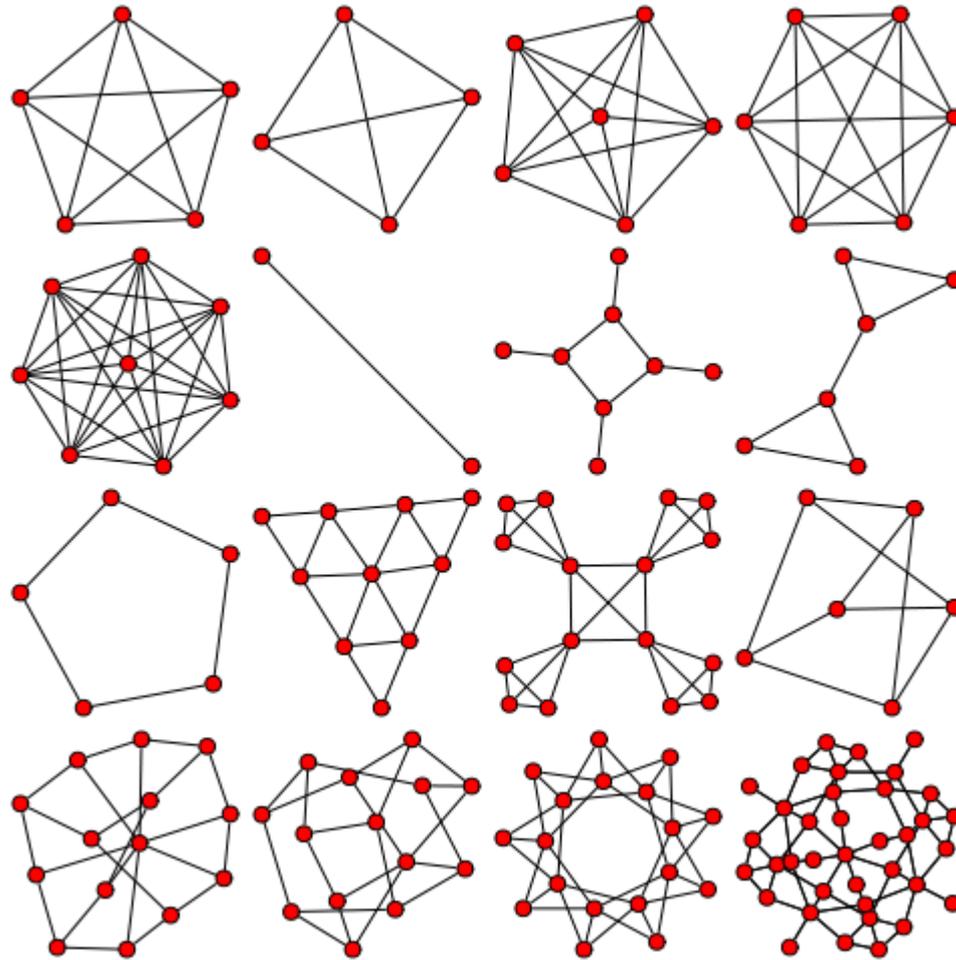
● Sommets (noeuds)
— Arcs (liens)

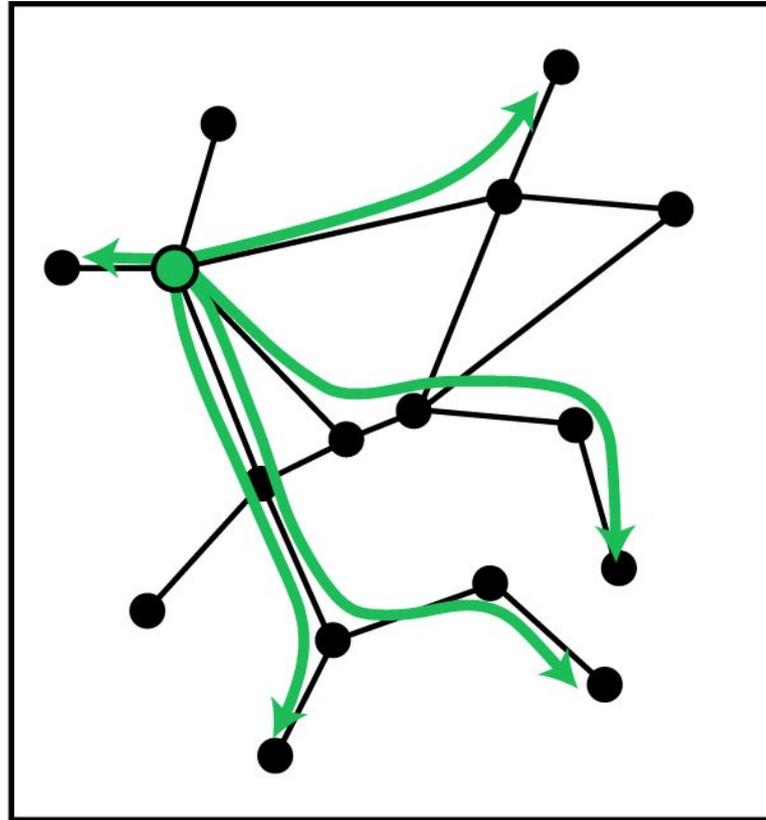
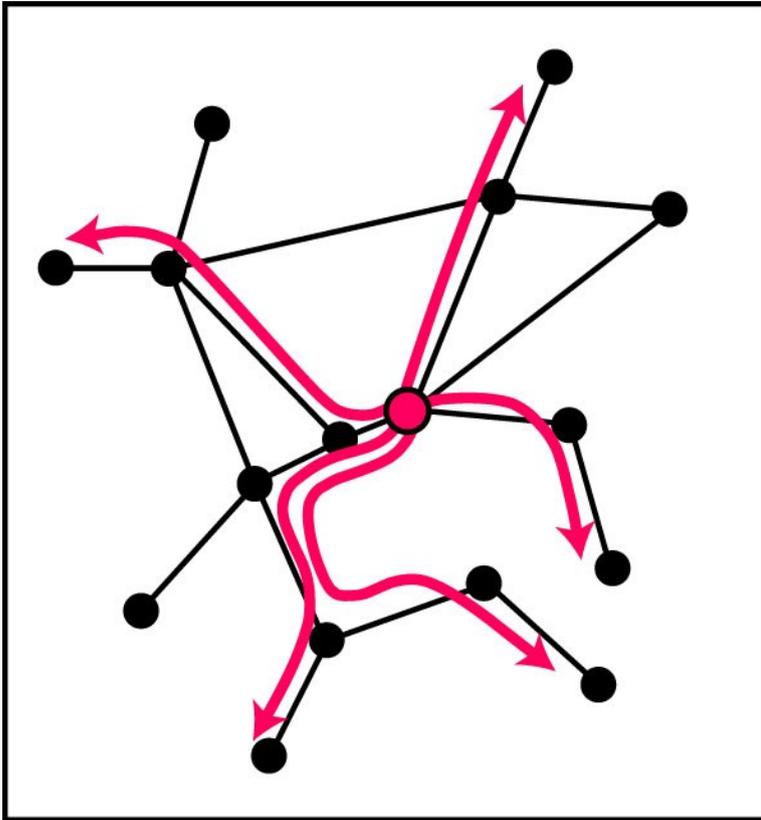


■ L'univers de la théorie des graphes



Newman, Mark. **Networks: an introduction**. Oxford university press, 2010.

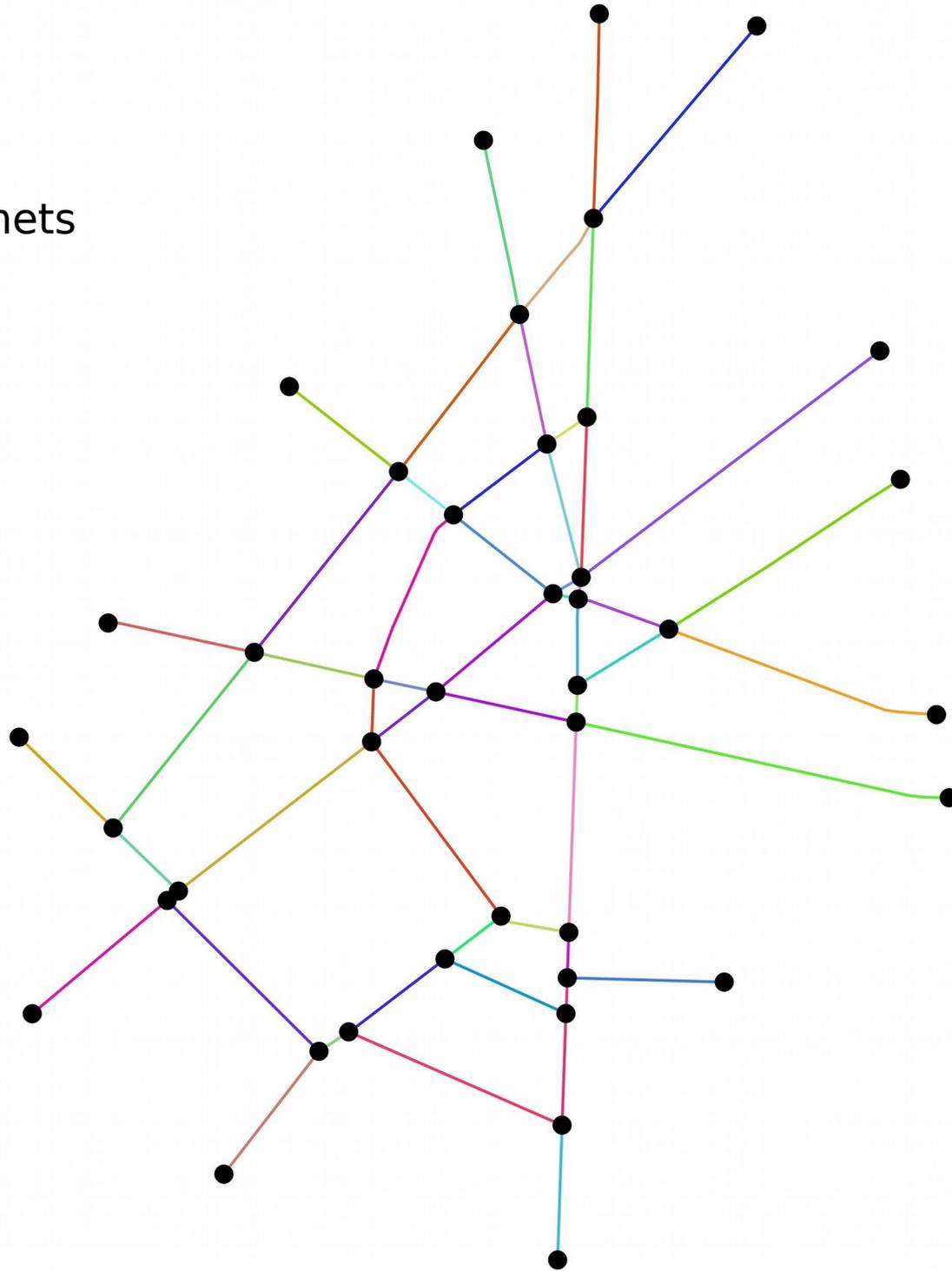




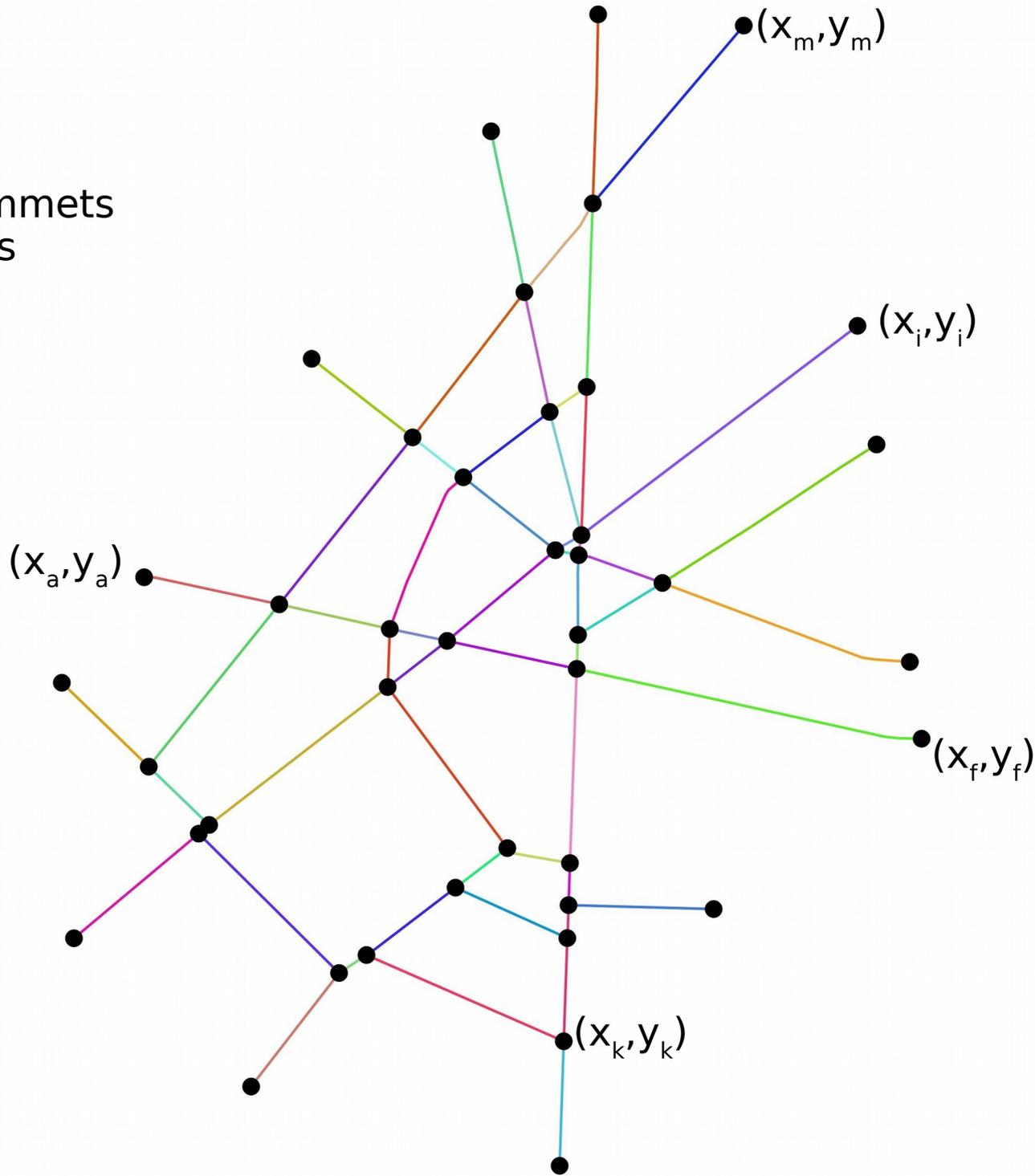
Jean-François Gleyze, « Effets spatiaux et effets réseau dans l'évaluation d'indicateurs sur les nœuds d'un réseau d'infrastructure », *Cybergeog* : European Journal of Geography



● sommets
— arcs



● sommets
— arcs







L'Histoire racontée par le réseau des rues

Lecture de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

- I
■ Choix d'un **réseau complexe** pour lire la ville
 - Décomposition structurelle
 - Caractérisation classique d'un graphe spatial

- II
■ **Construction d'un objet** de lecture : *la voie*
 - Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale
 - La voie, élément de lecture urbain

- III
■ La **ville** au cours du **temps**
 - Lecture du **temps** à travers les **lignes**
 - Lecture des **lignes** à travers le **temps**

Ouverture

L'Histoire racontée par le réseau des rues

Lecture de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

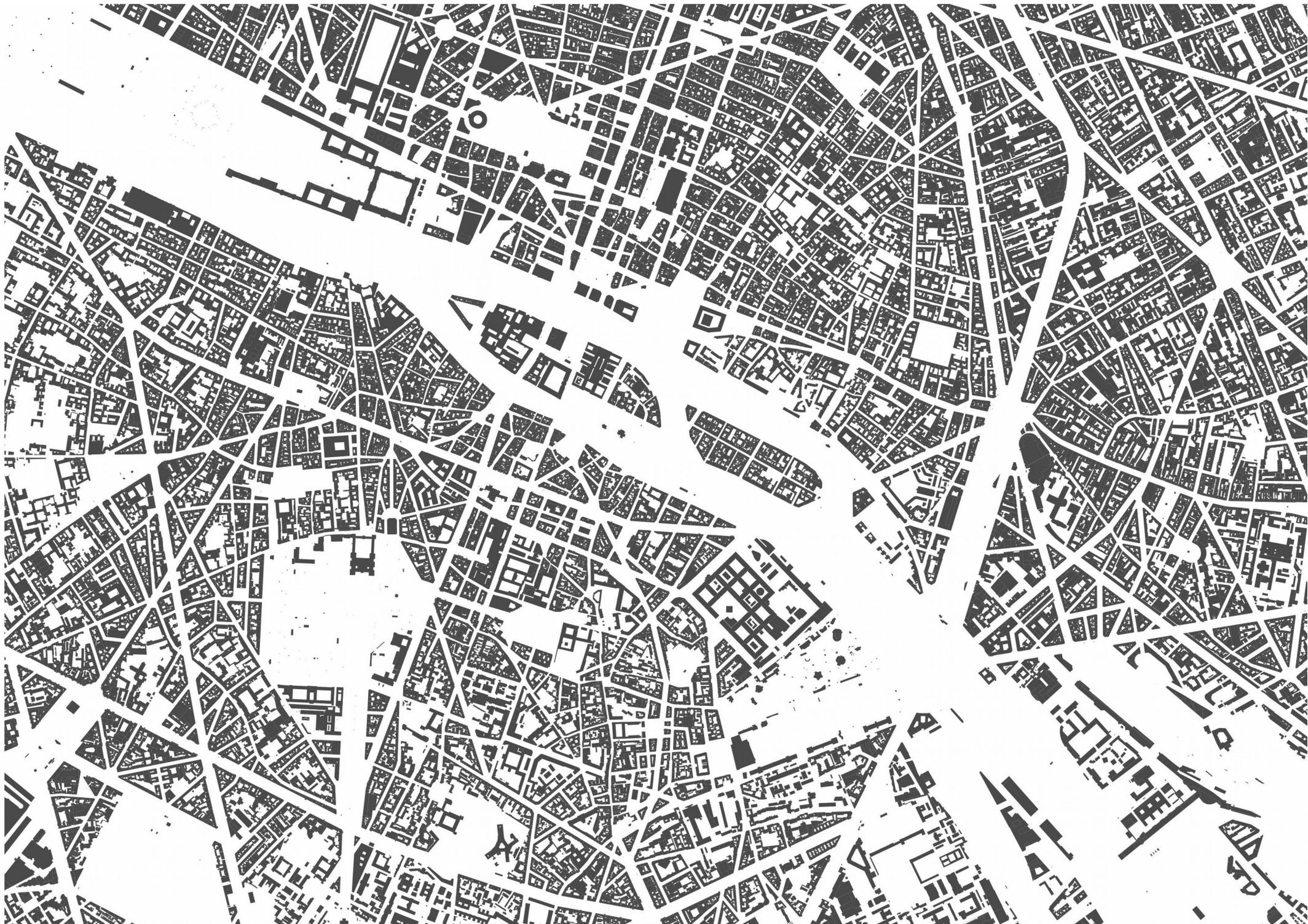
- I ■ Choix d'un **réseau complexe** pour lire la ville
 - Décomposition structurelle
 - Caractérisation classique d'un graphe spatial
- II ■ Construction d'un objet de lecture : *la voie*
 - Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale
 - La voie, élément de lecture urbain
- III ■ La ville au cours du temps
 - Lecture du temps à travers les lignes
 - Lecture des lignes à travers le temps

Ouverture

Choix d'un réseau complexe pour lire la ville



Choix d'un réseau complexe pour lire la ville



Choix d'un réseau complexe pour lire la ville



Choix d'un réseau complexe pour lire la ville

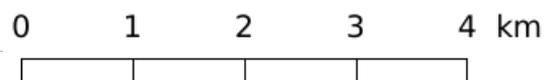


Choix d'un réseau complexe pour lire la ville





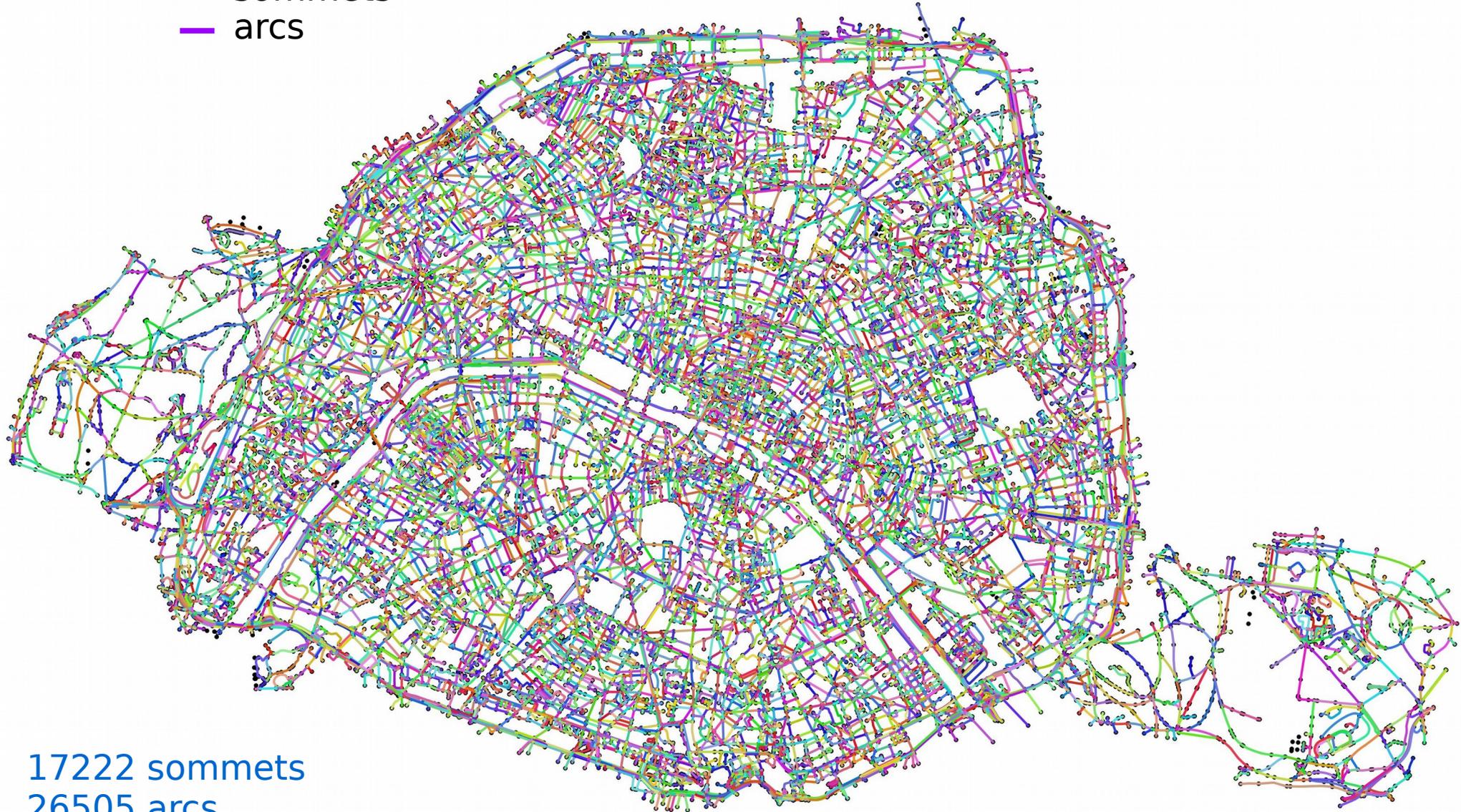
Paris



Choix d'un réseau complexe pour lire la ville

Décomposition structurelle

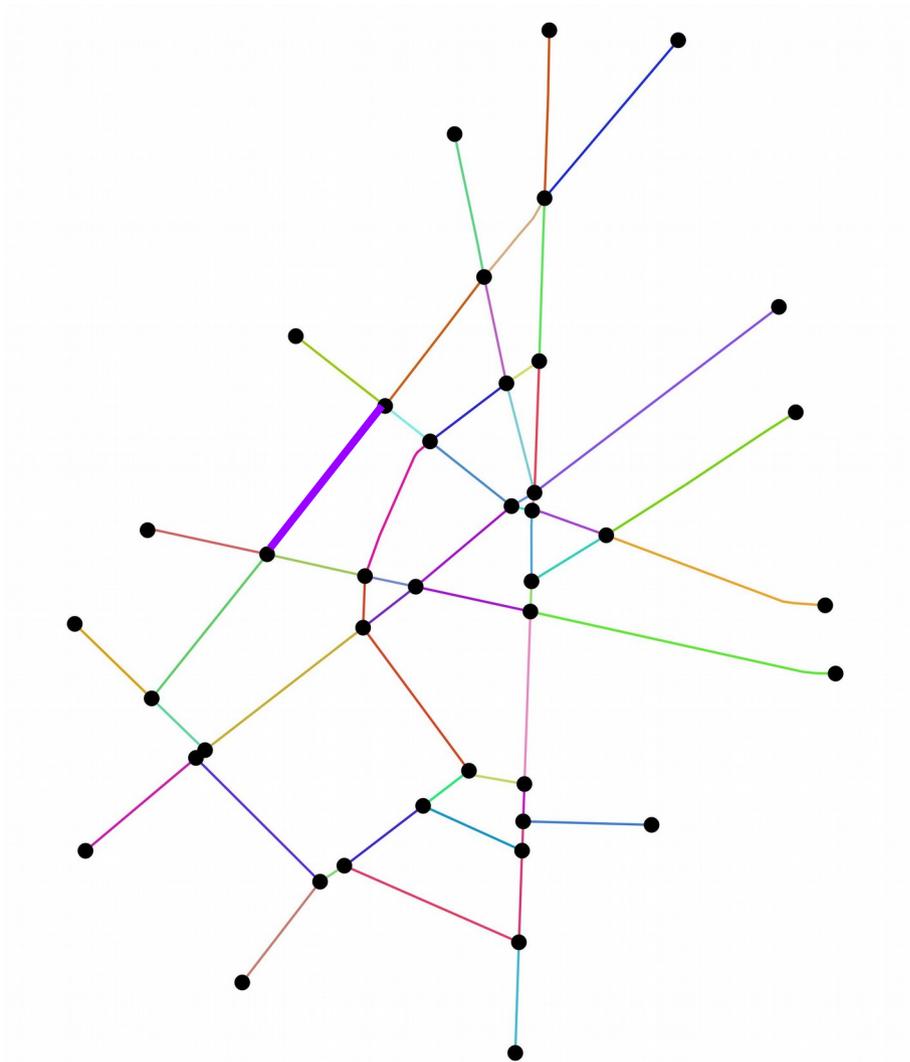
- sommets
- arcs



17222 sommets
26505 arcs

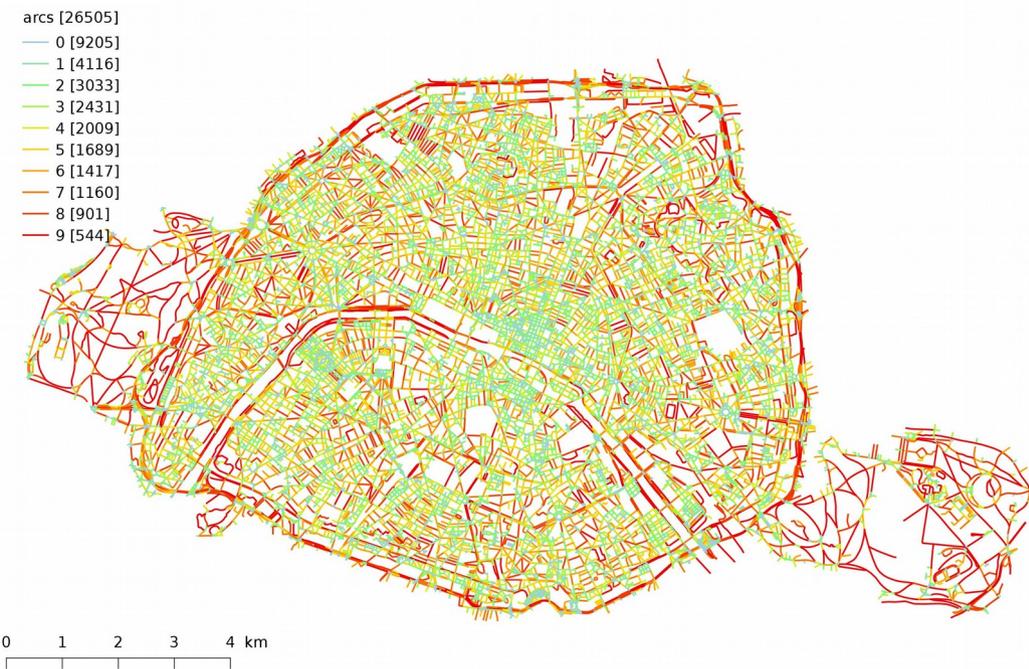
Les **indicateurs classiques** de la théorie des graphes

- Longueur
- Degré
-
-



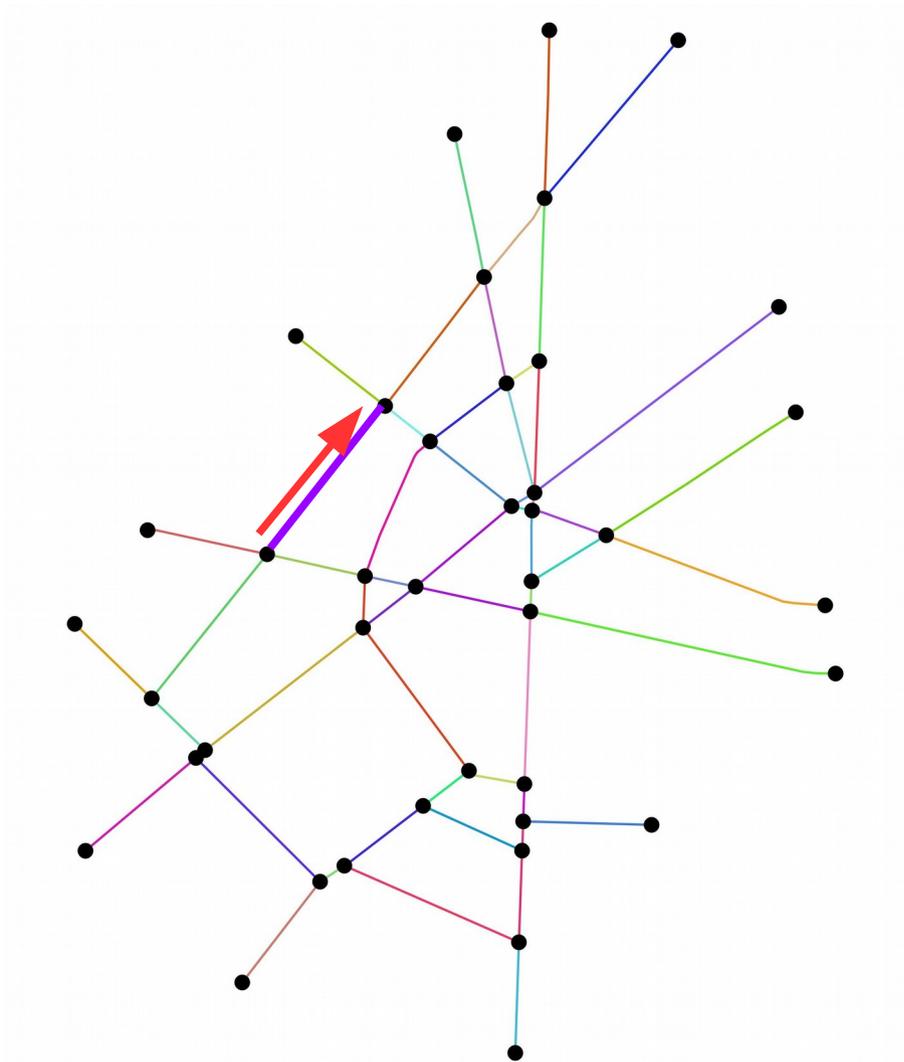
Longueur

Degré



Les indicateurs classiques de la théorie des graphes

- Longueur
- Degré
- Betweenness centrality
-

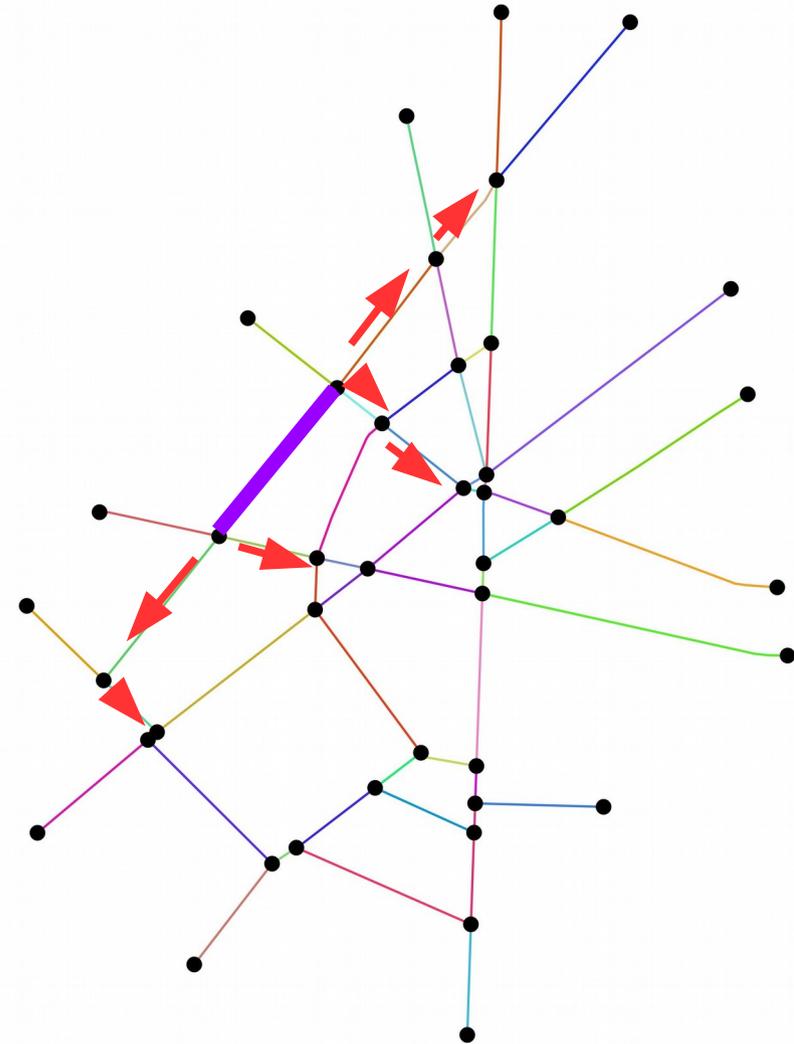


$$betweenness(a_{ref}) = \sum_{a_1 \neq a_2 \neq a_{ref} \in G} \frac{\sigma_{a_1 a_2}(a_{ref})}{\sigma_{a_1 a_2}}$$

Les indicateurs classiques de la théorie des graphes

- Longueur
- Degré
- Betweenness centrality
- Closeness centrality

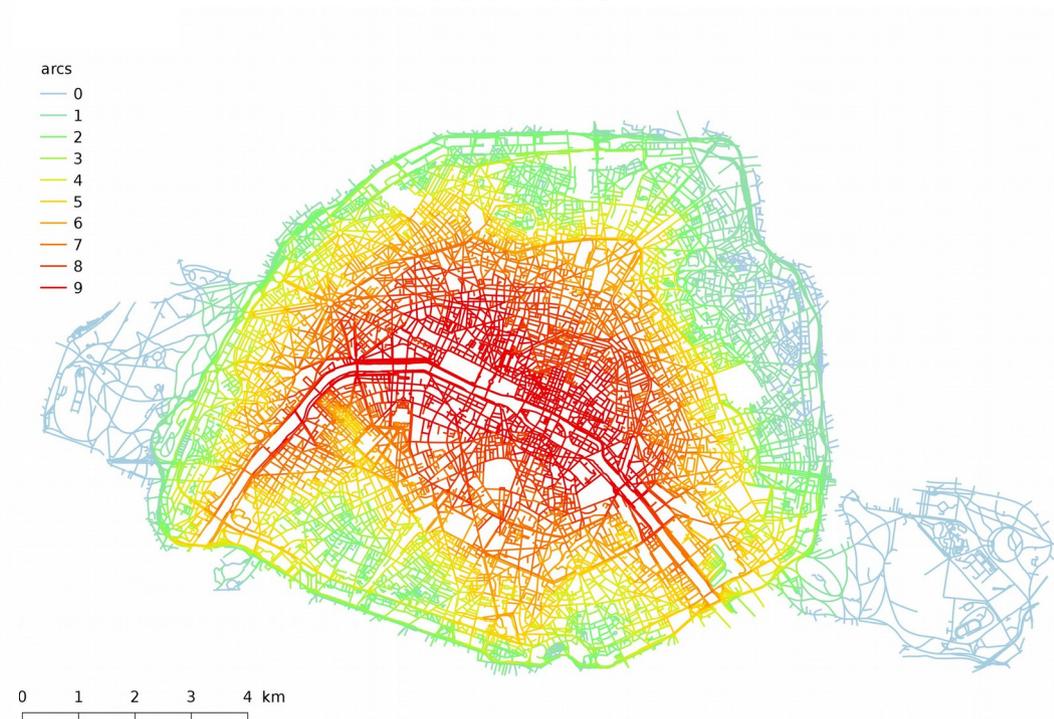
$$closeness(a_{ref}) = \frac{1}{\sum_{a \in G} d_{simple}(a, a_{ref})}$$



Betweenness



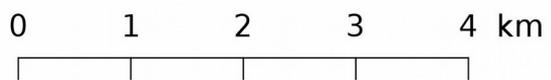
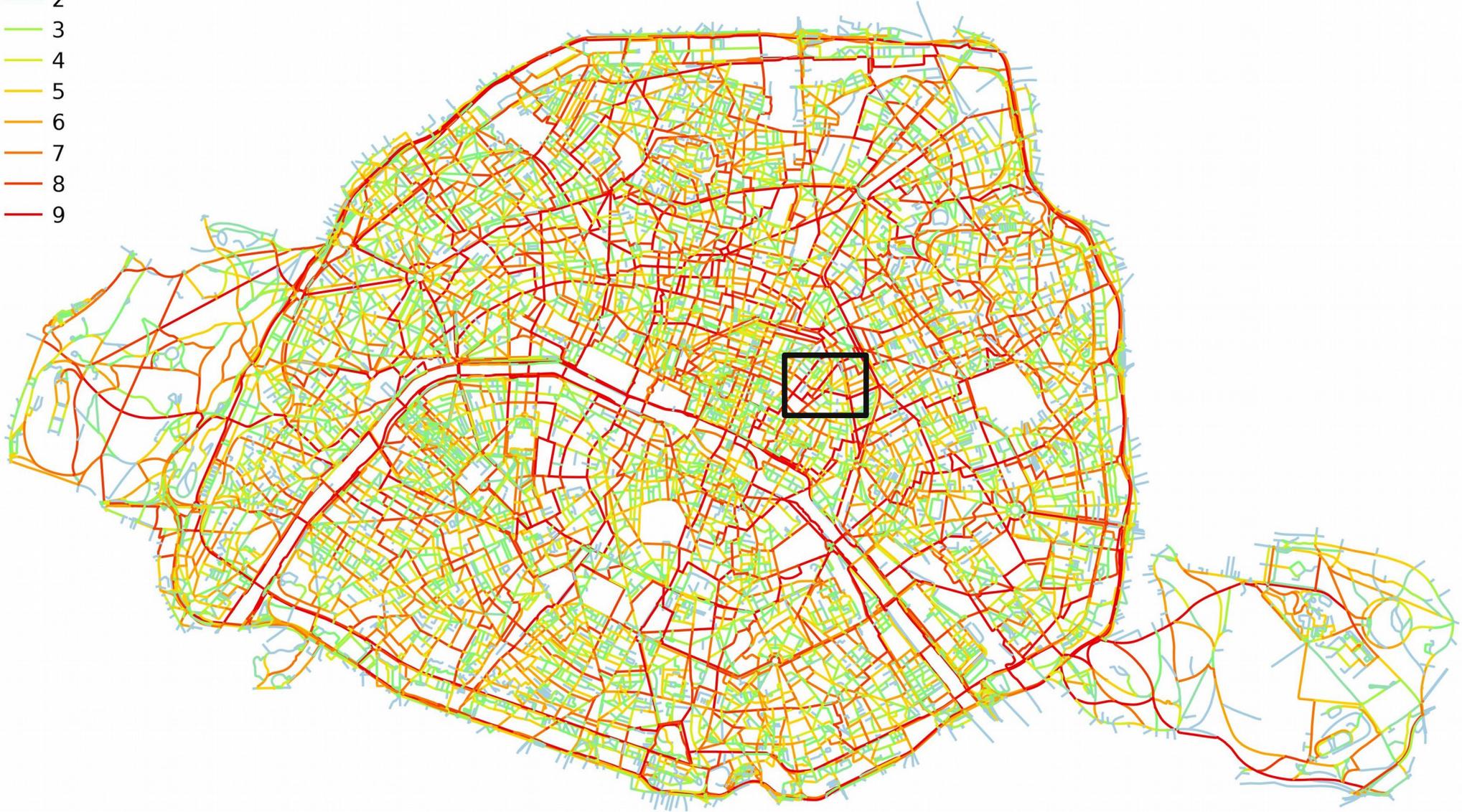
Closeness



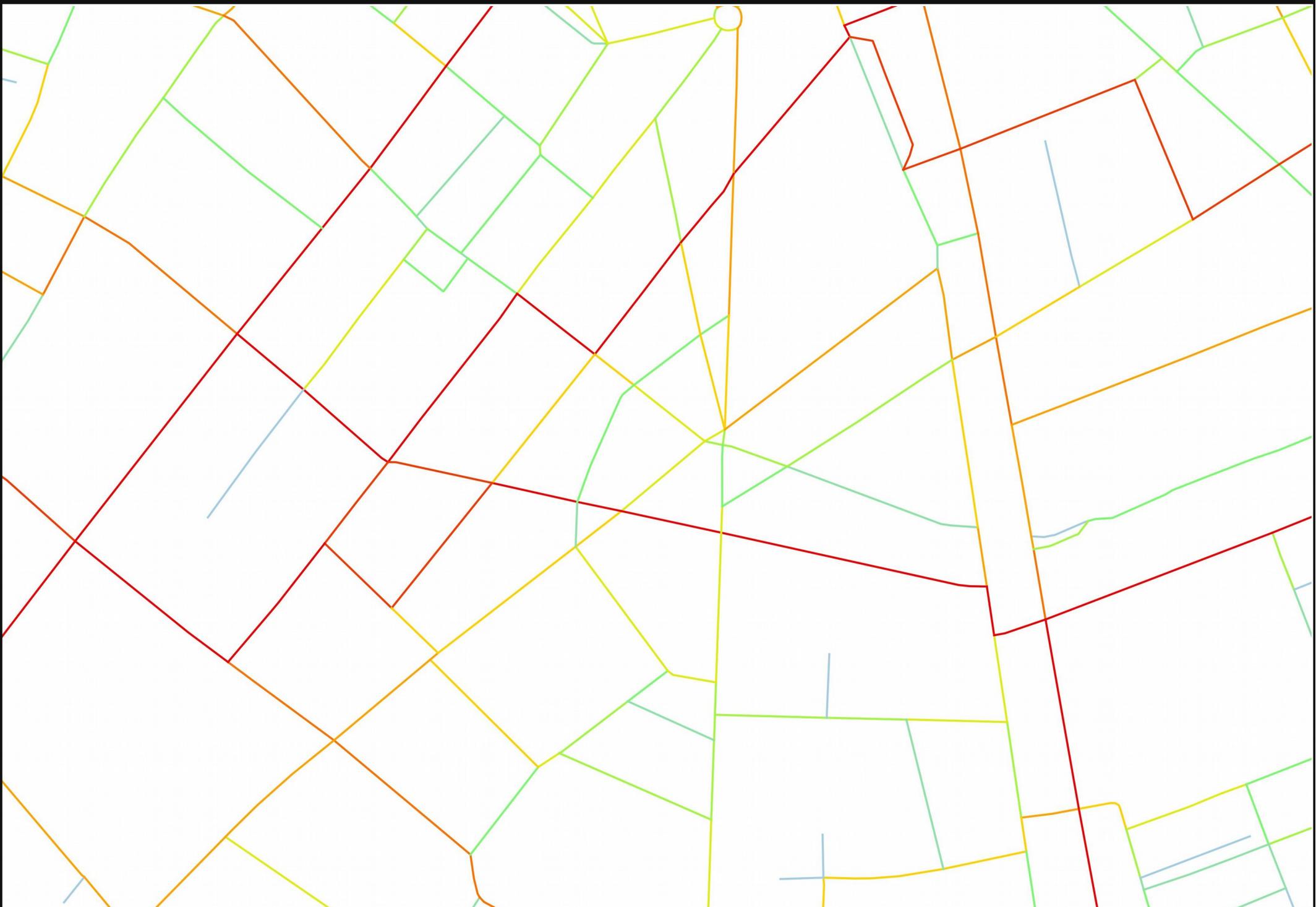
A complex network in a complex system

Classical characterization of a spatial graph

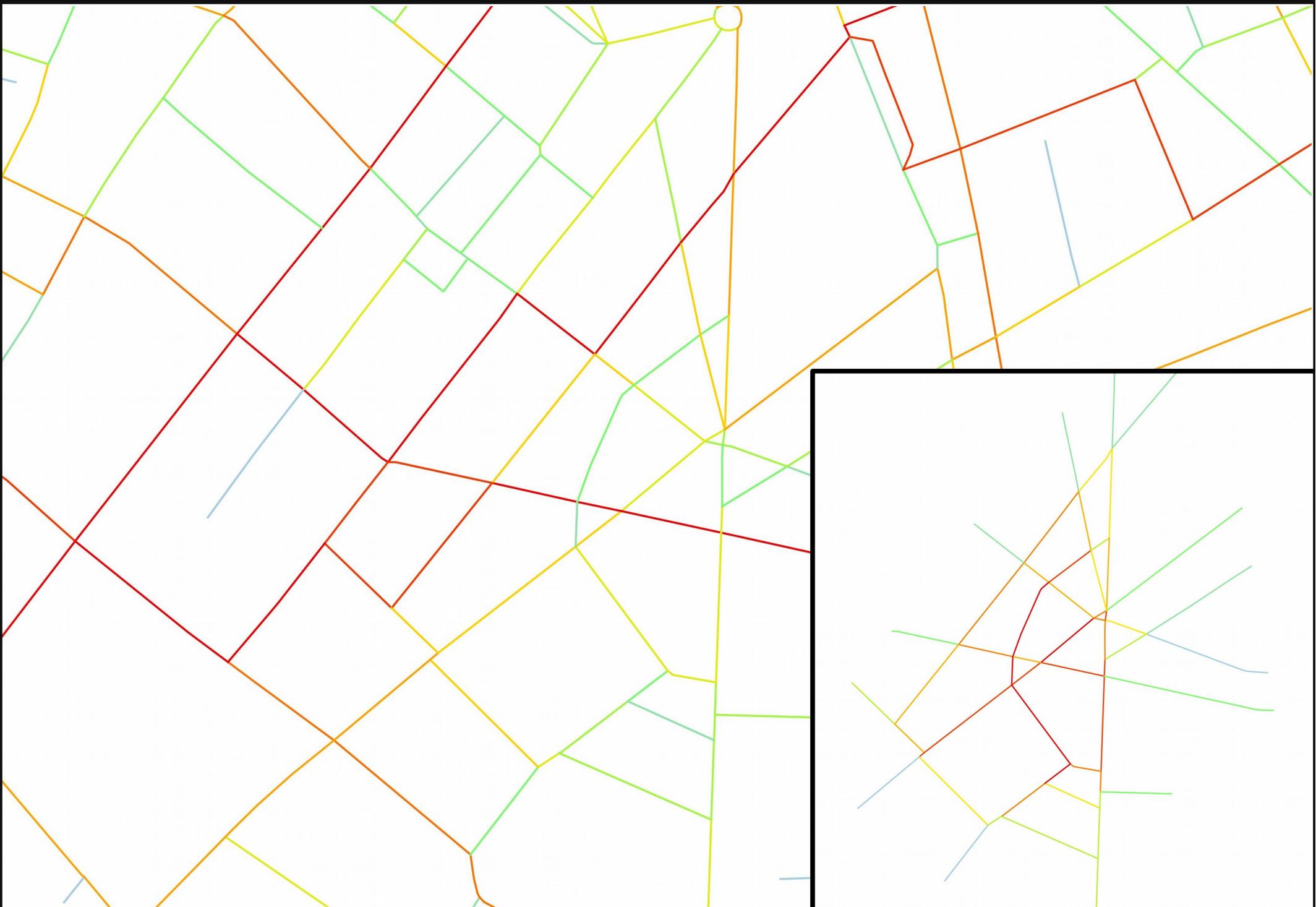
arcs



A complex network in a complex system
Classical characterization of a spatial graph



A complex network in a complex system
Classical characterization of a spatial graph



L'Histoire racontée par le réseau des rues

Lecture de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

- I ■ Choix d'un réseau complexe pour lire la ville
 - Décomposition structurelle
 - Caractérisation classique d'un graphe spatial
- II ■ **Construction d'un objet** de lecture : *la voie*
 - Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale
 - La voie, élément de lecture urbain
- III ■ La ville au cours du temps
 - Lecture du temps à travers les lignes
 - Lecture des lignes à travers le temps

Ouverture



Source : Google Street View

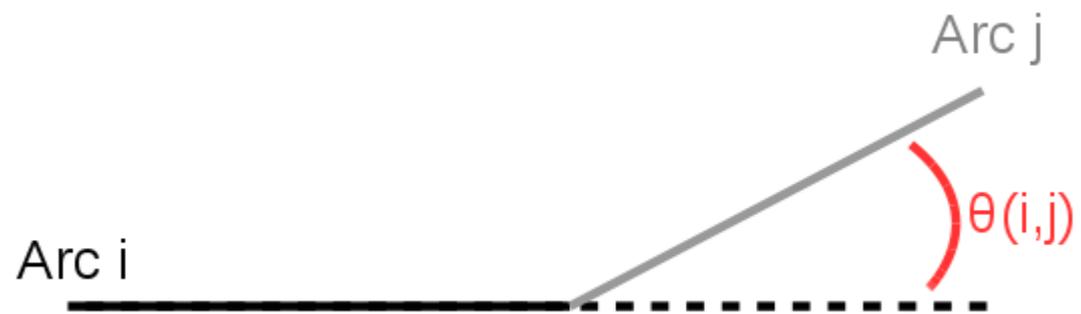
Construction d'un objet de lecture : *la voie*



Source : Google Street View

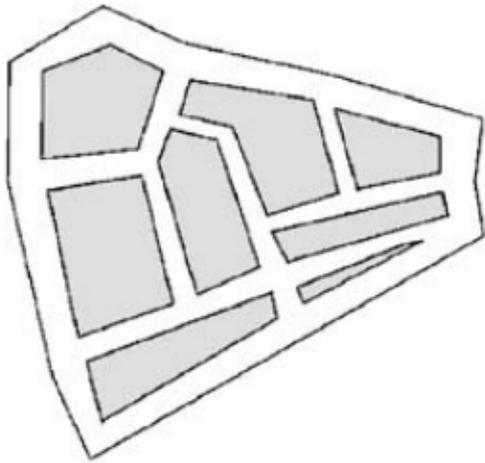


Source : Google Street View

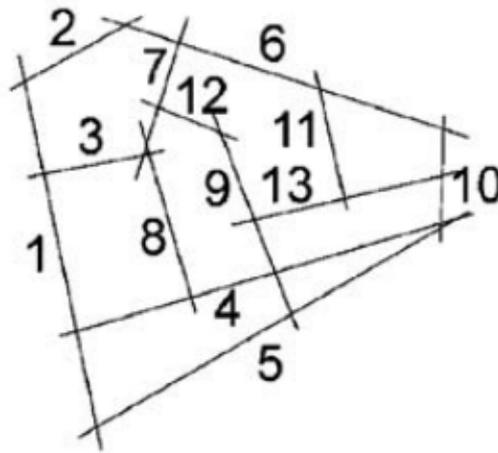


Syntaxe spatiale

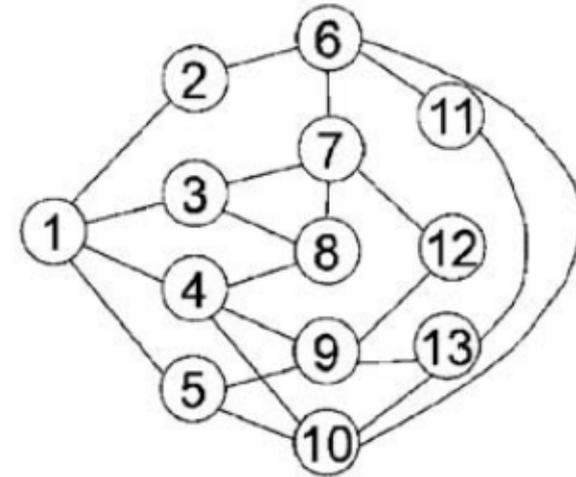
Bill Hillier



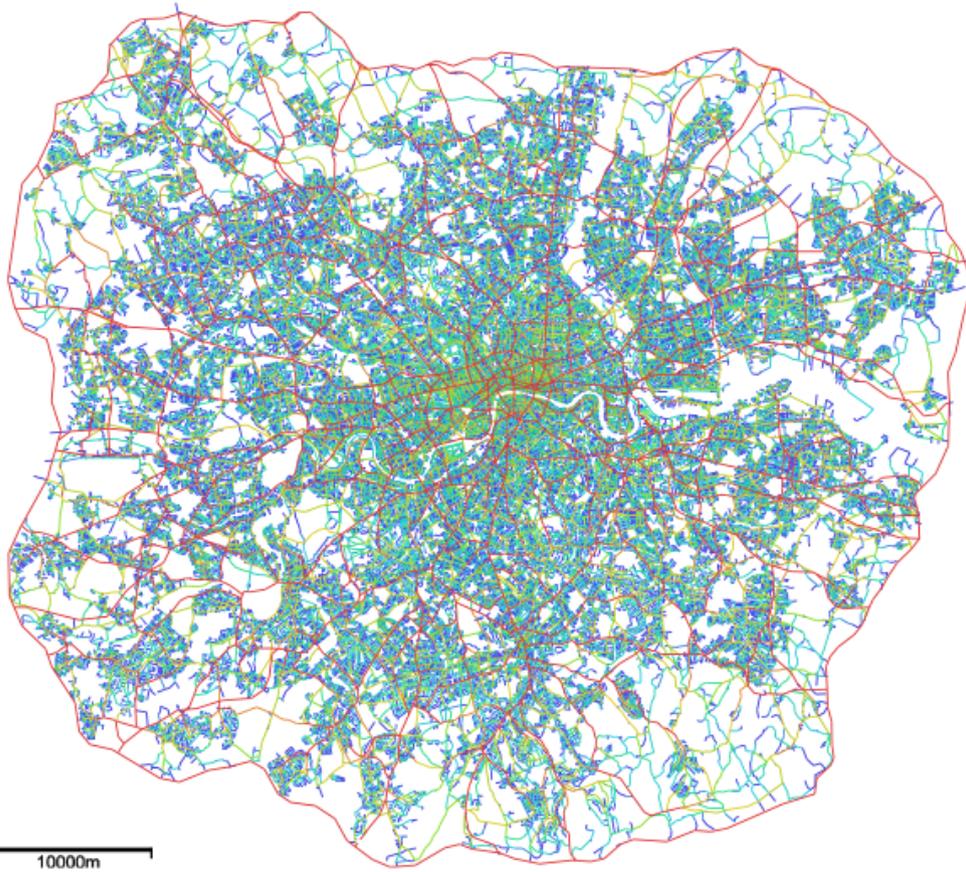
Carte viaire



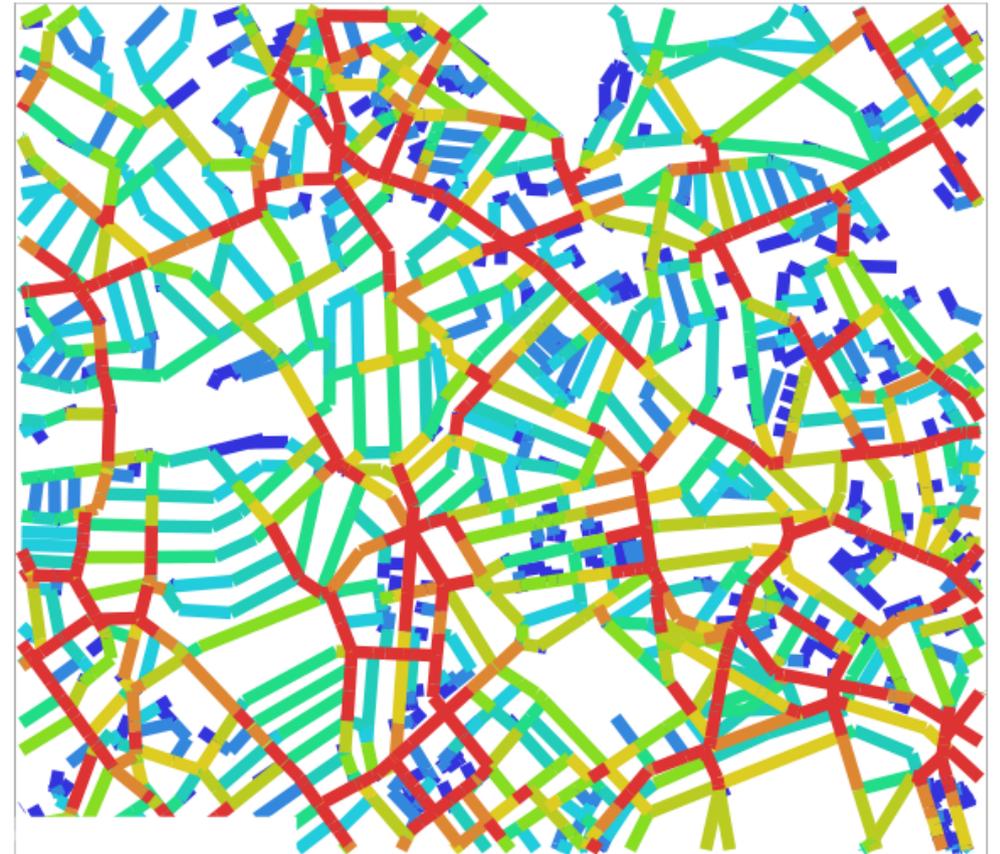
Carte axiale



Graphe dual

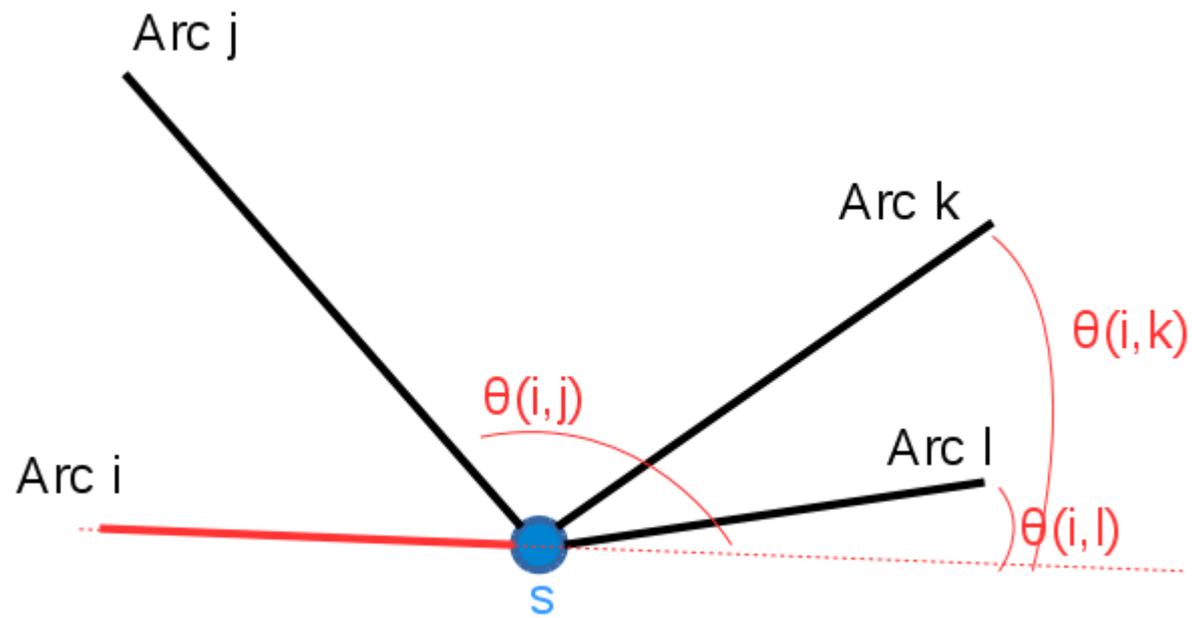


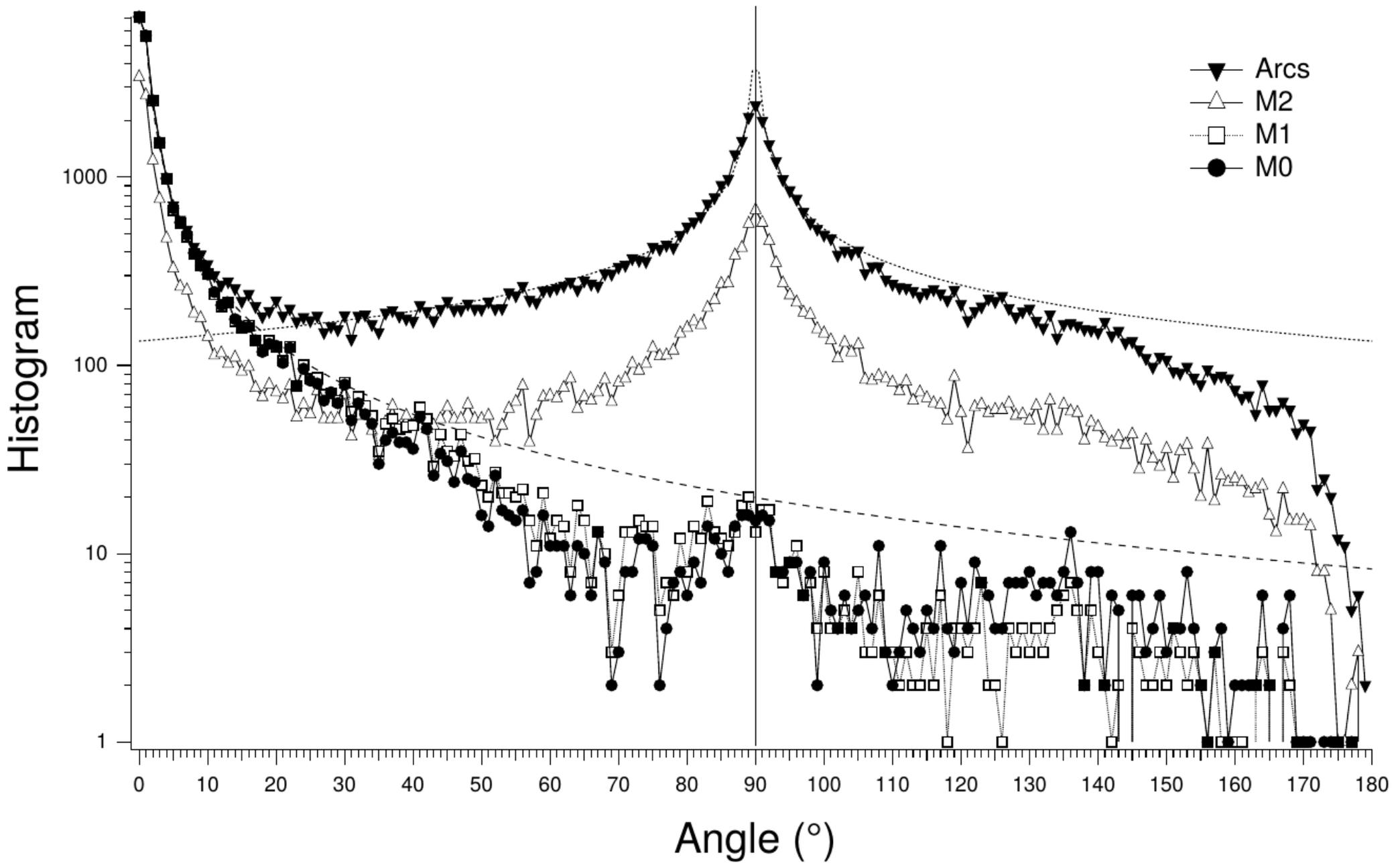
Londres

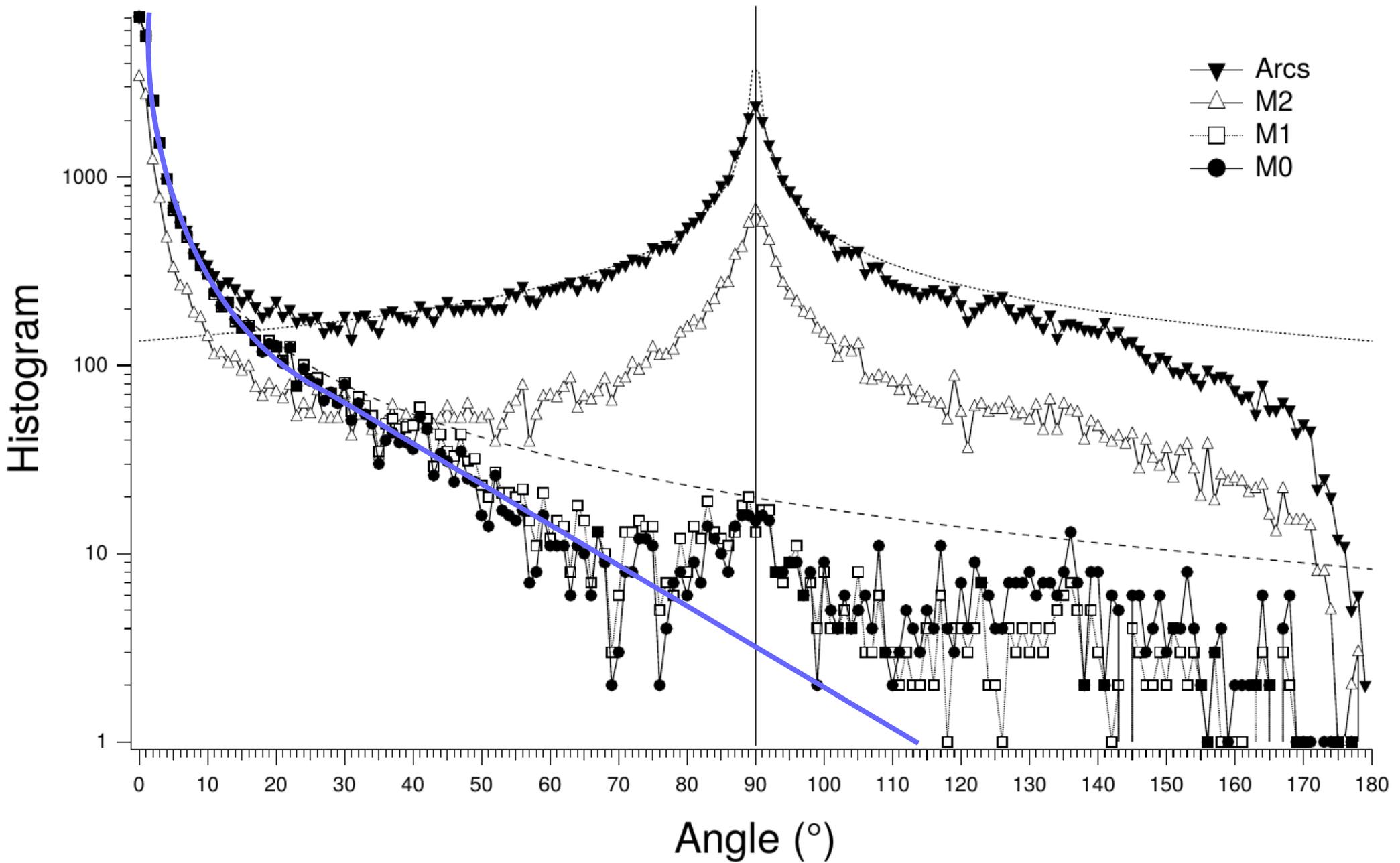


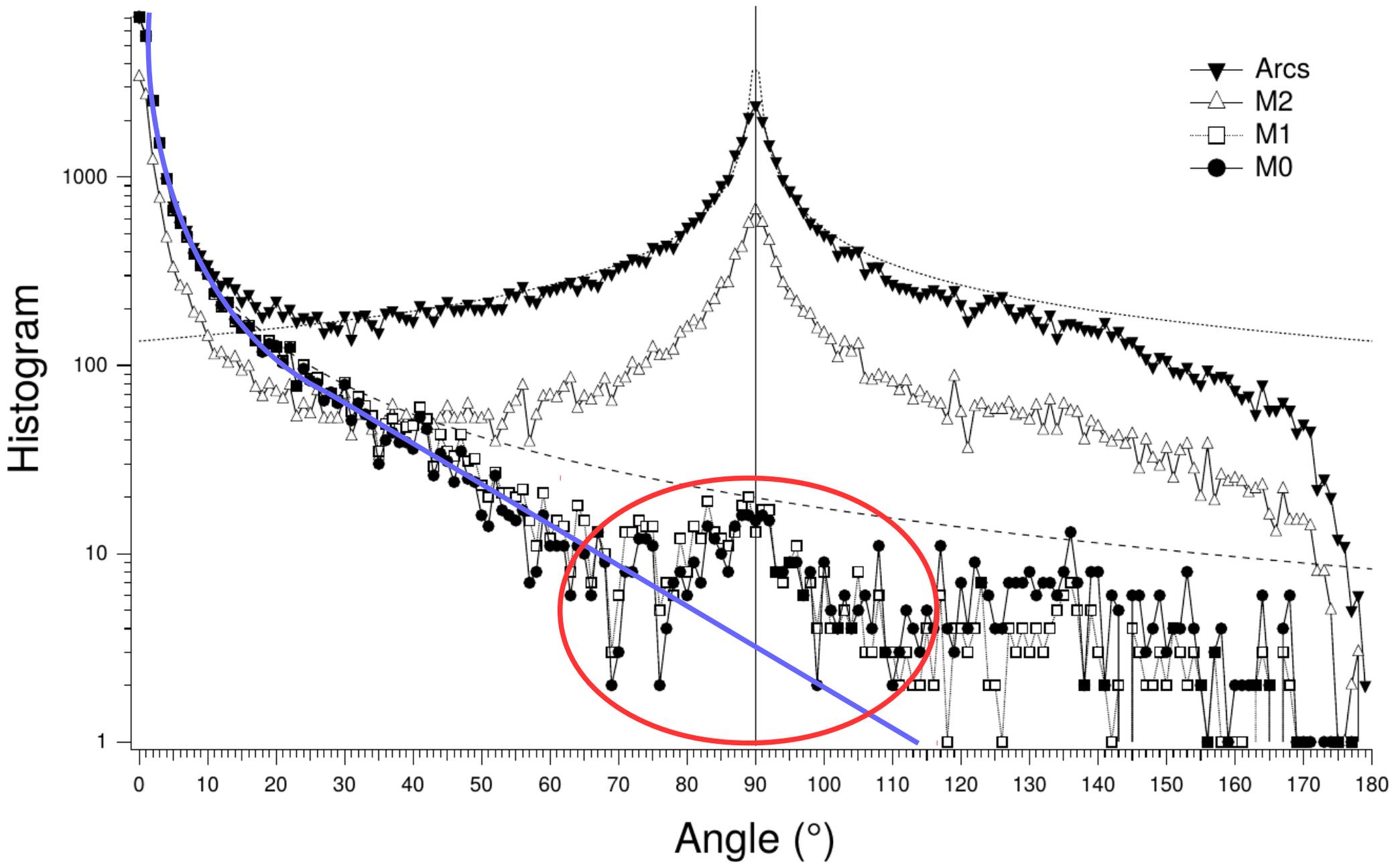
Bill Hillier
Space syntax as a theory
as well as a method

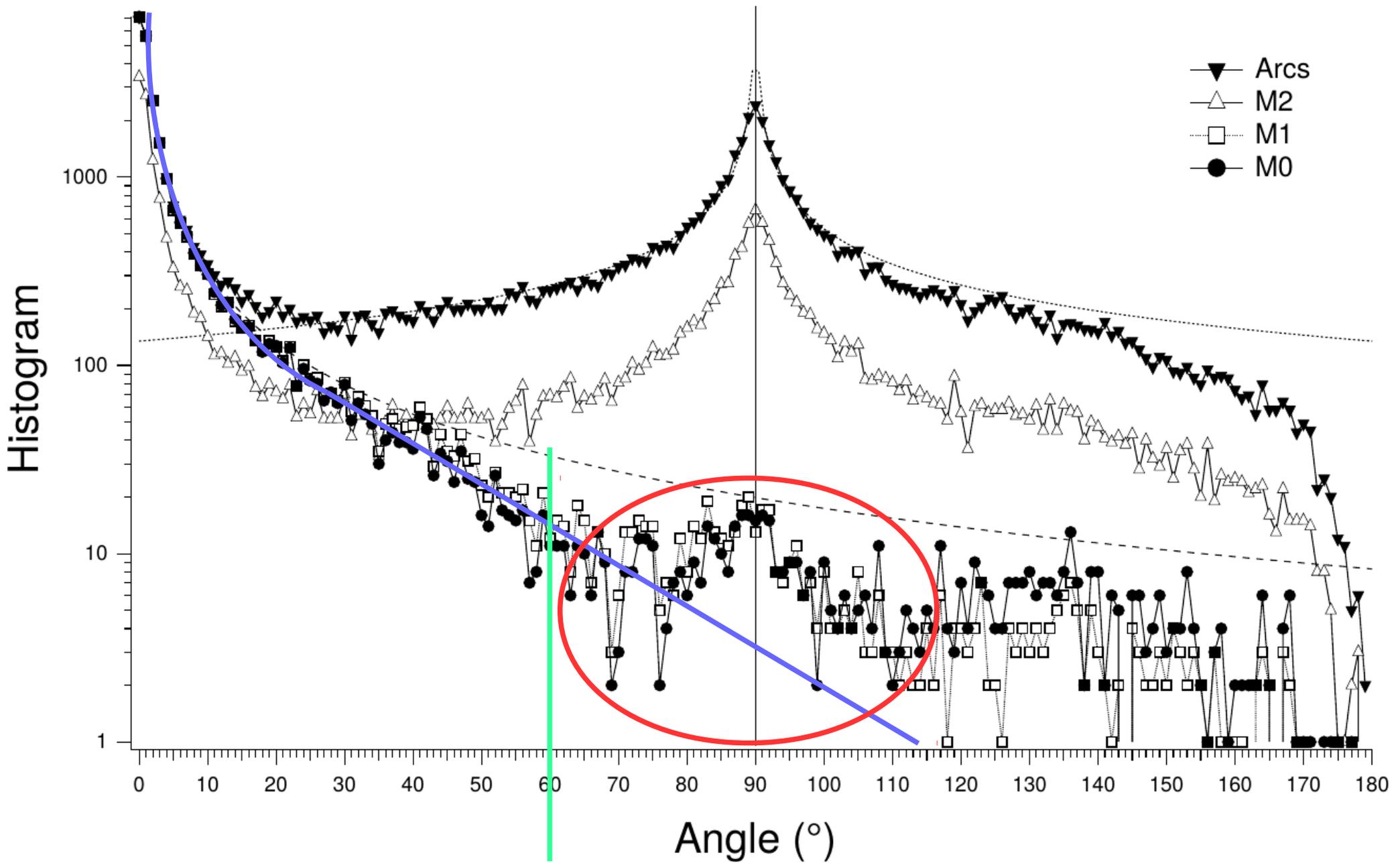
Hillier, B. and Vaughan, L. (2007). *The city as one thing*. Progress in Planning, 67(3) :205-230.

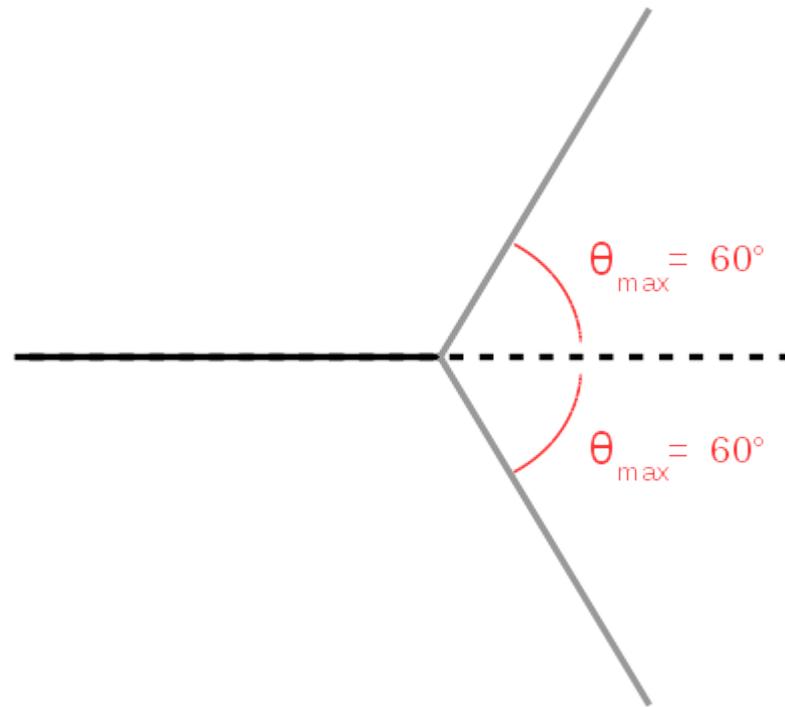


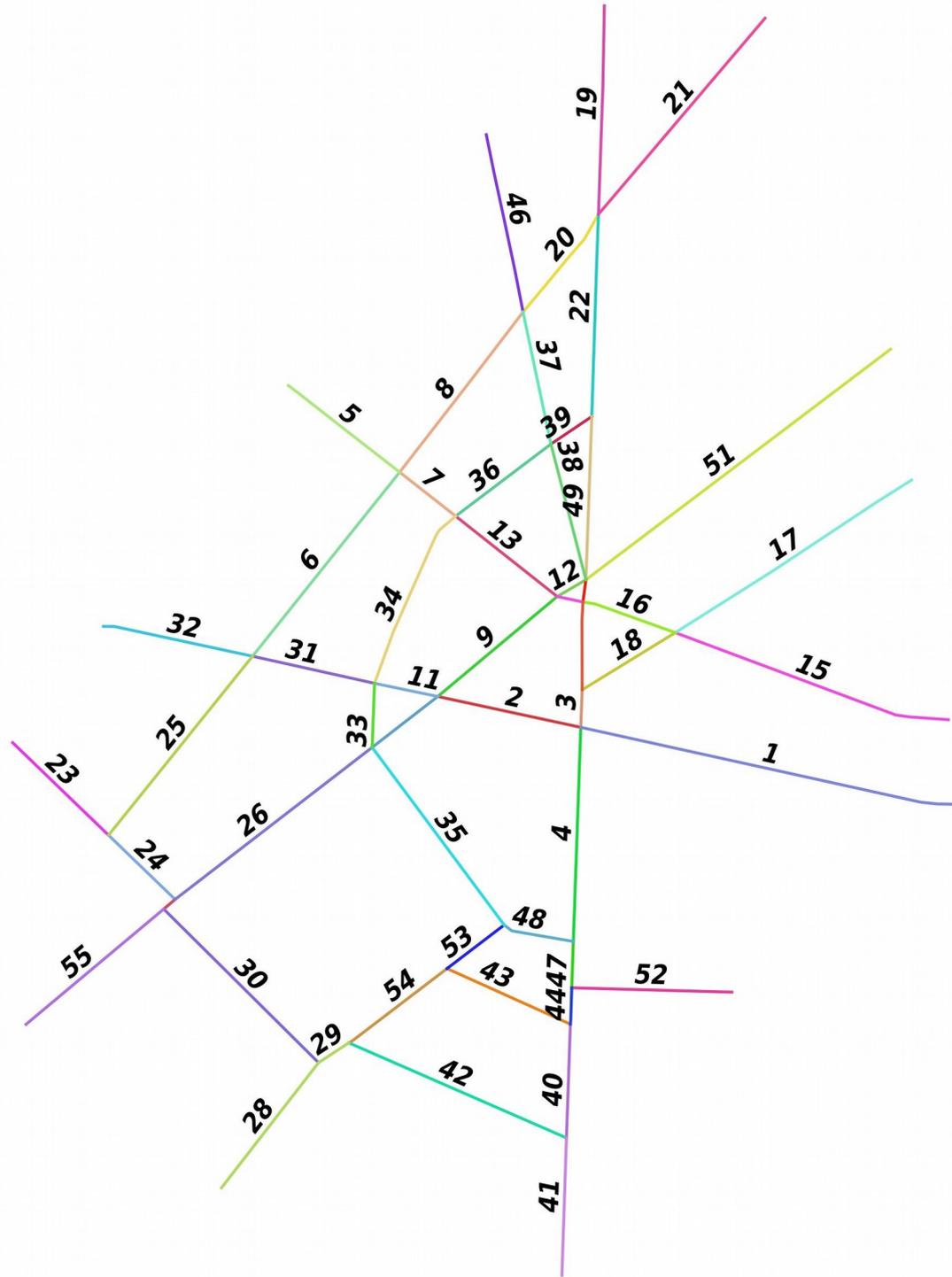










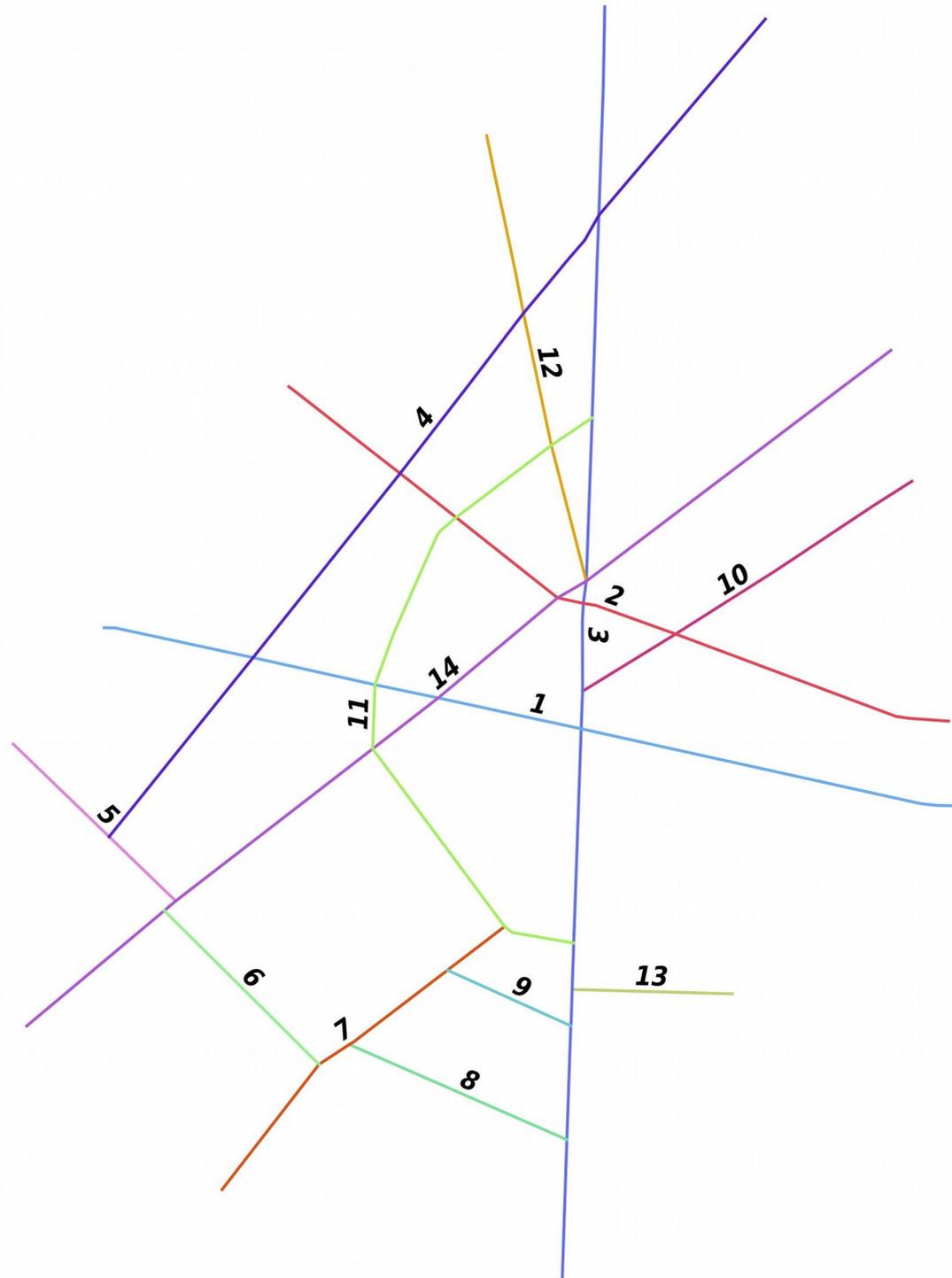


55 arcs

Construction d'un objet de lecture : *la voie*

voies

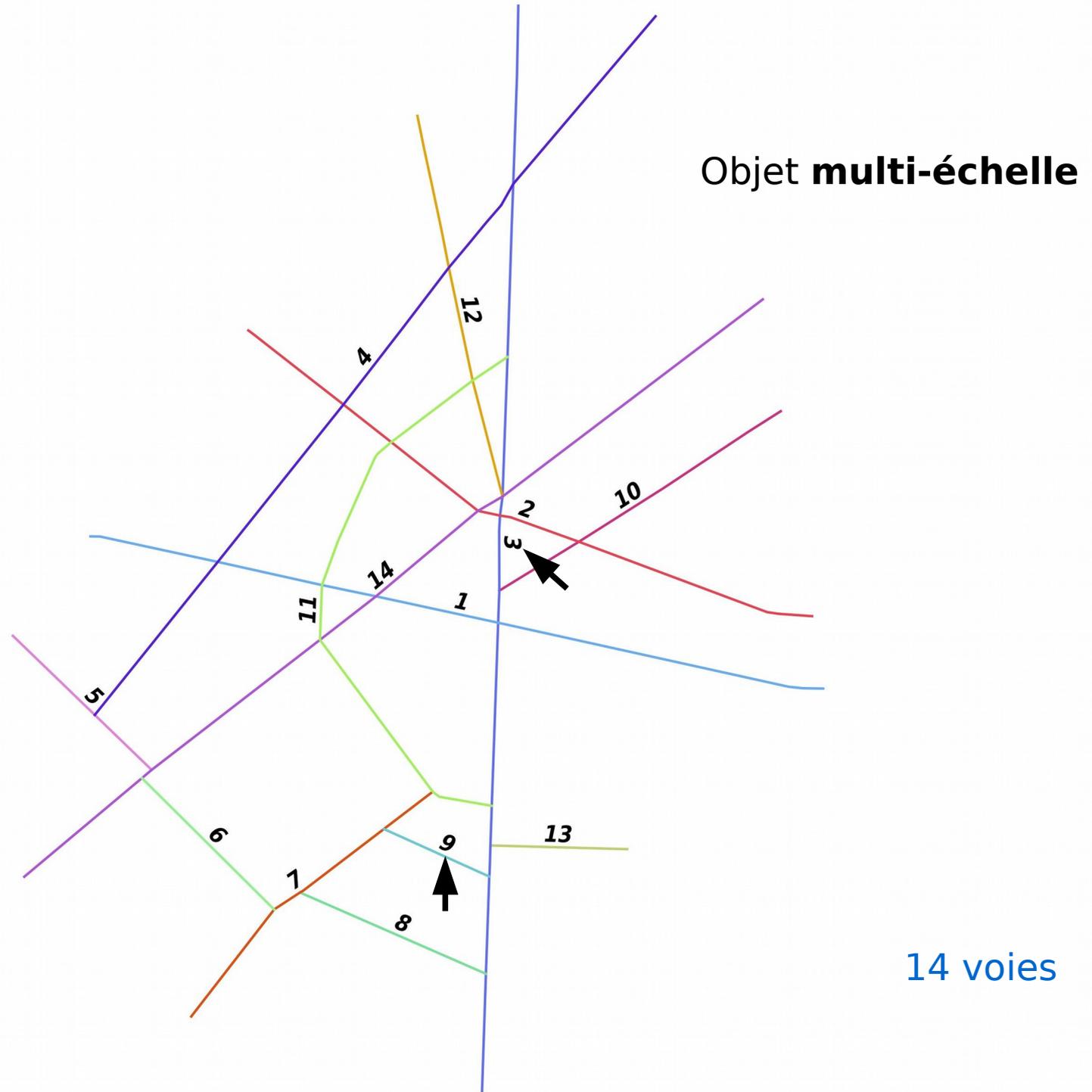
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14



14 voies

voies

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14



Construction d'un objet de lecture : *la voie*
Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

Degré

arcs [26505]

0 [4697]

1 [4387]

2 [4370]

3 [4143]

4 [4443]

5 [4465]

26505 arcs



0 1 2 3 4 km



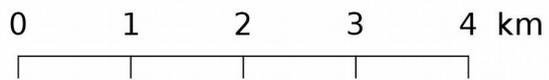
Construction d'un objet de lecture : *la voie* Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

Degré

voies [6893]

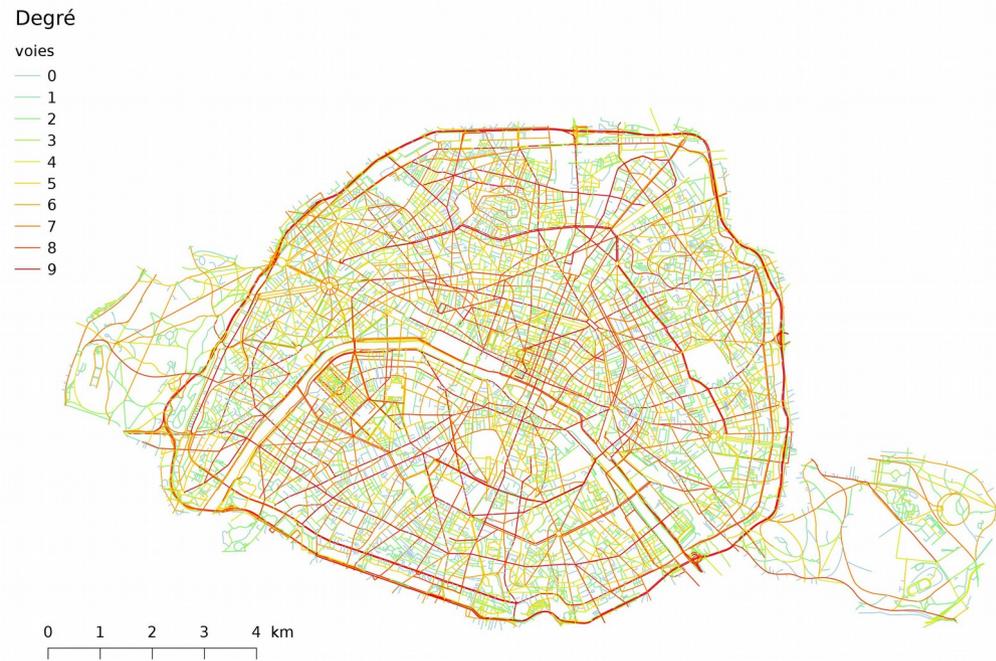
- 0 [2196]
- 1 [1601]
- 2 [1072]
- 3 [688]
- 4 [507]
- 5 [328]
- 6 [213]
- 7 [154]
- 8 [94]
- 9 [40]

6893 voies

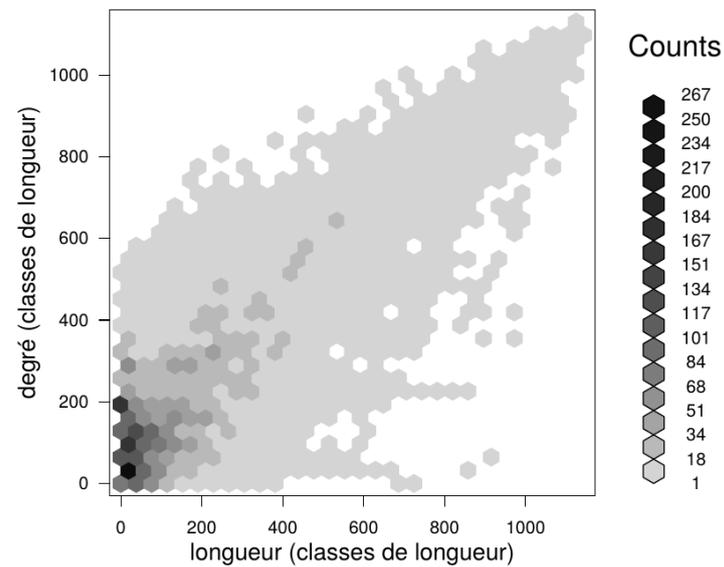


Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale



Paris (Voies) : Longueur & Degré

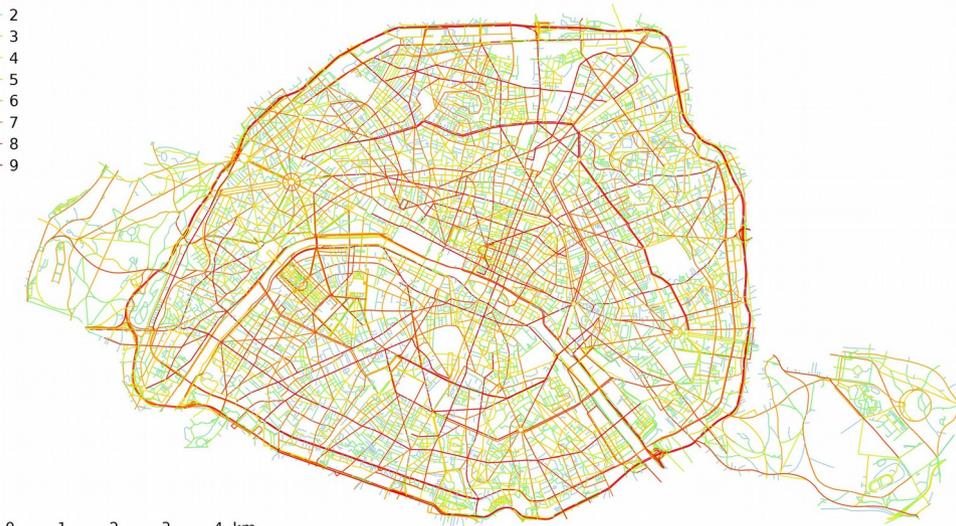


Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

Degré

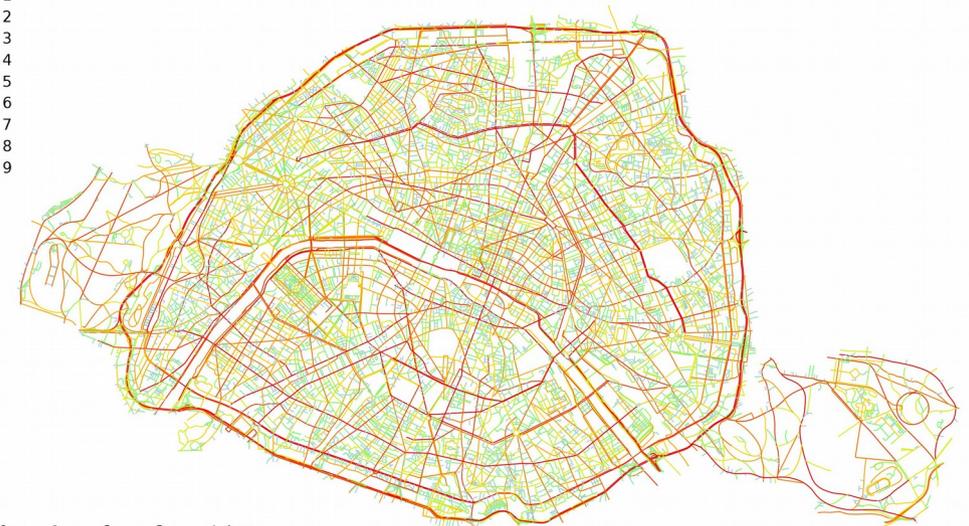
- voies
- 0
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7
 - 8
 - 9



0 1 2 3 4 km

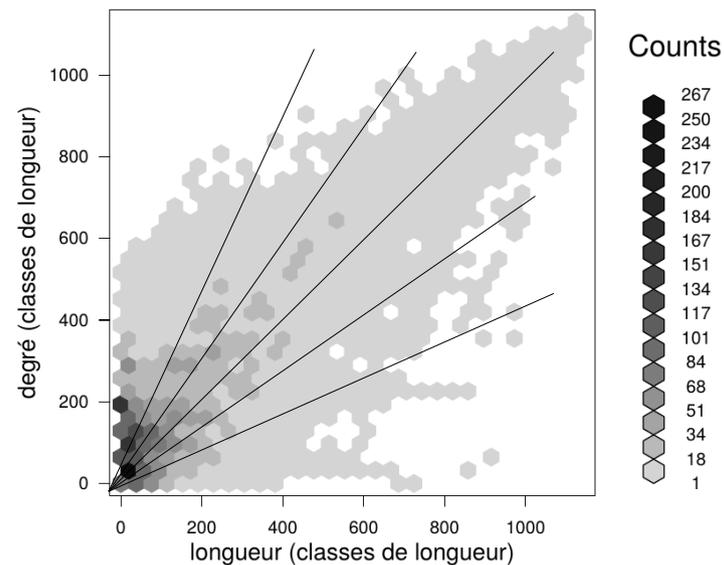
Longueur

- voies
- 0
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7
 - 8
 - 9



0 1 2 3 4 km

Paris (Voies) : Longueur & Degré



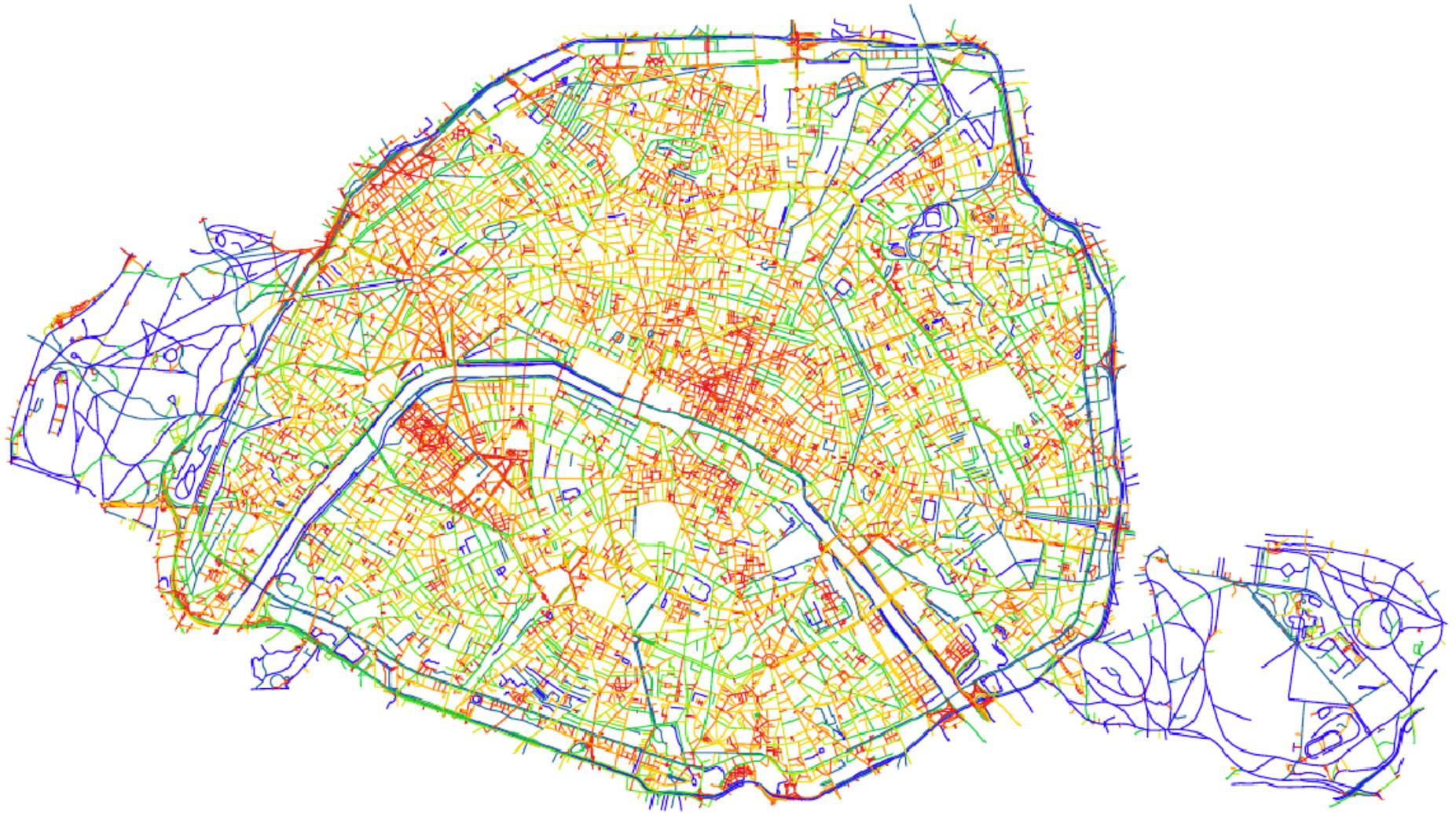
$$espacement(v_{ref}) = \frac{longueur(v_{ref})}{connectivite(v_{ref})}$$

Construction d'un objet de lecture : *la voie*
Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

Espacement

voies

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

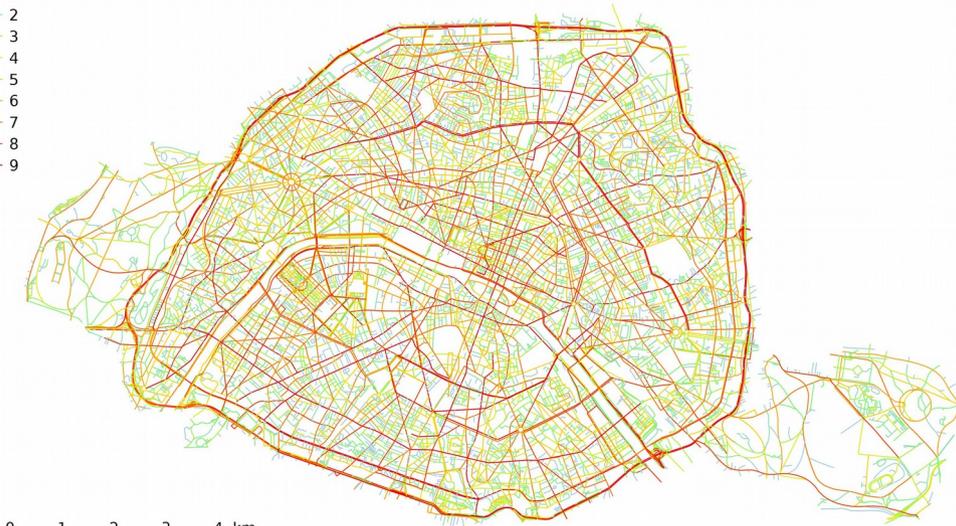


0 1 2 3 4 km

Construction d'un objet de lecture : *la voie* Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

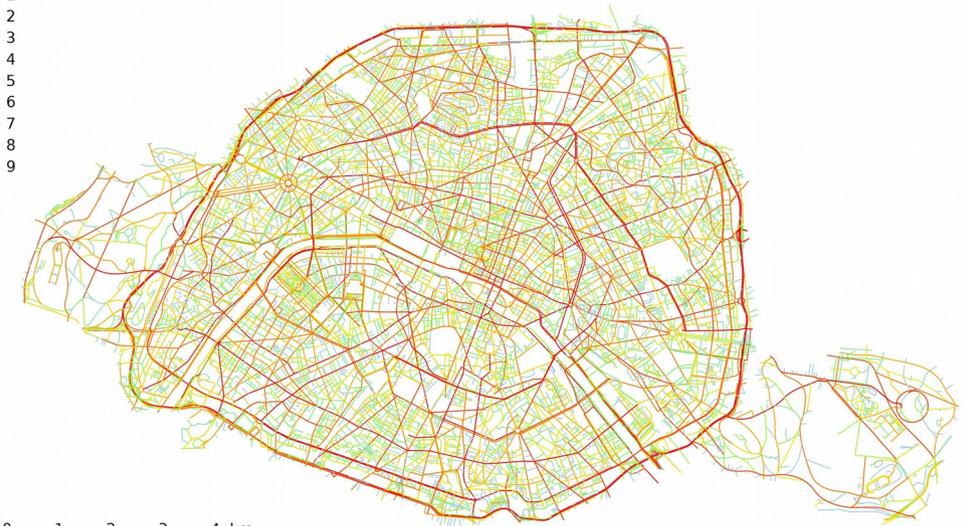
Degree

voies
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

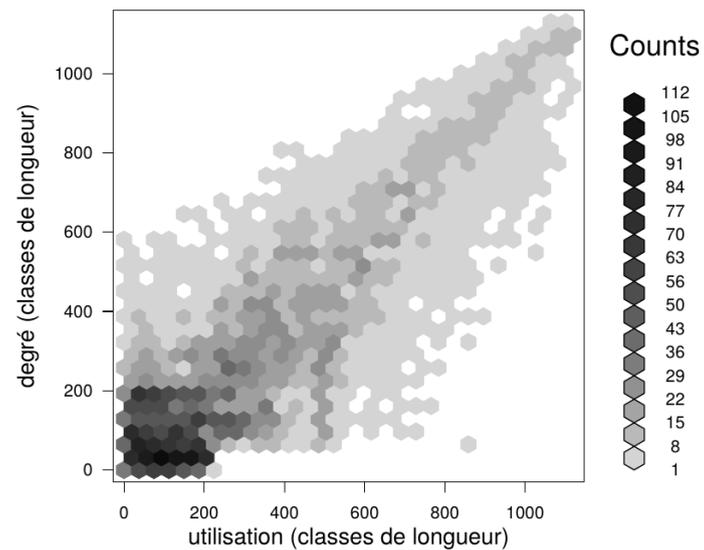


Betweenness

voies
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9



Paris (ways) : Degree & Betweenness Centrality



Les **indicateurs** de la théorie des graphes

- Longueur
- Degré
- Betweenness centrality
- Closeness centrality

Les **indicateurs** de la théorie des graphes

- Longueur
 - Degré
 - Betweenness centrality
 - Closeness centrality
- } caractérisation **locale**
- } caractérisation **globale**

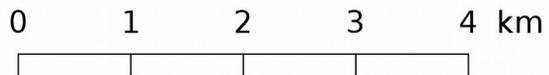
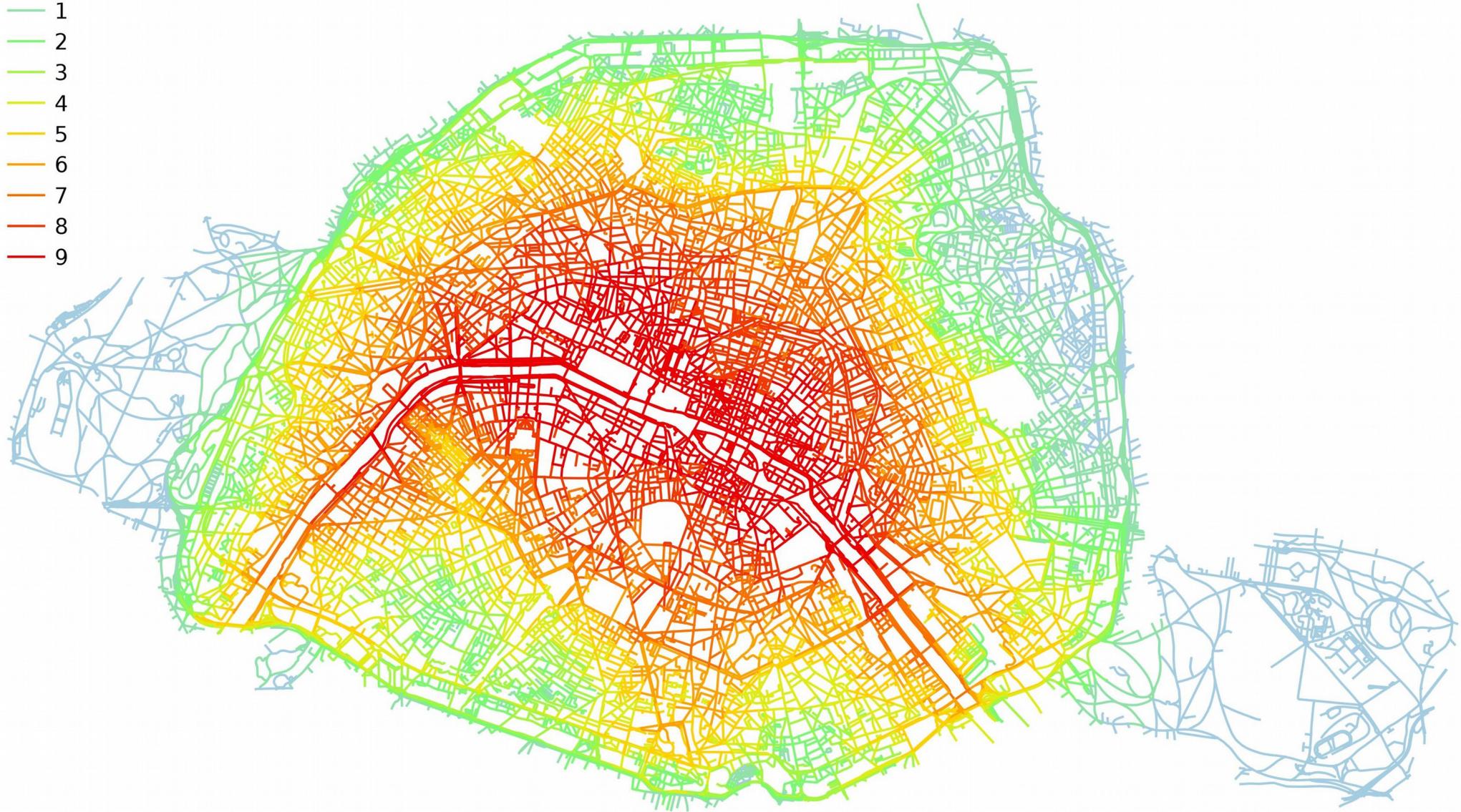
Les **indicateurs** de la théorie des graphes

- Longueur
 - Degré
 - Betweenness centrality
 - **Closeness centrality**
- } caractérisation **locale**
- } caractérisation **globale**

Construction d'un objet de lecture : *la voie*
Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale

Closeness

arcs



Closeness centrality

ways

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

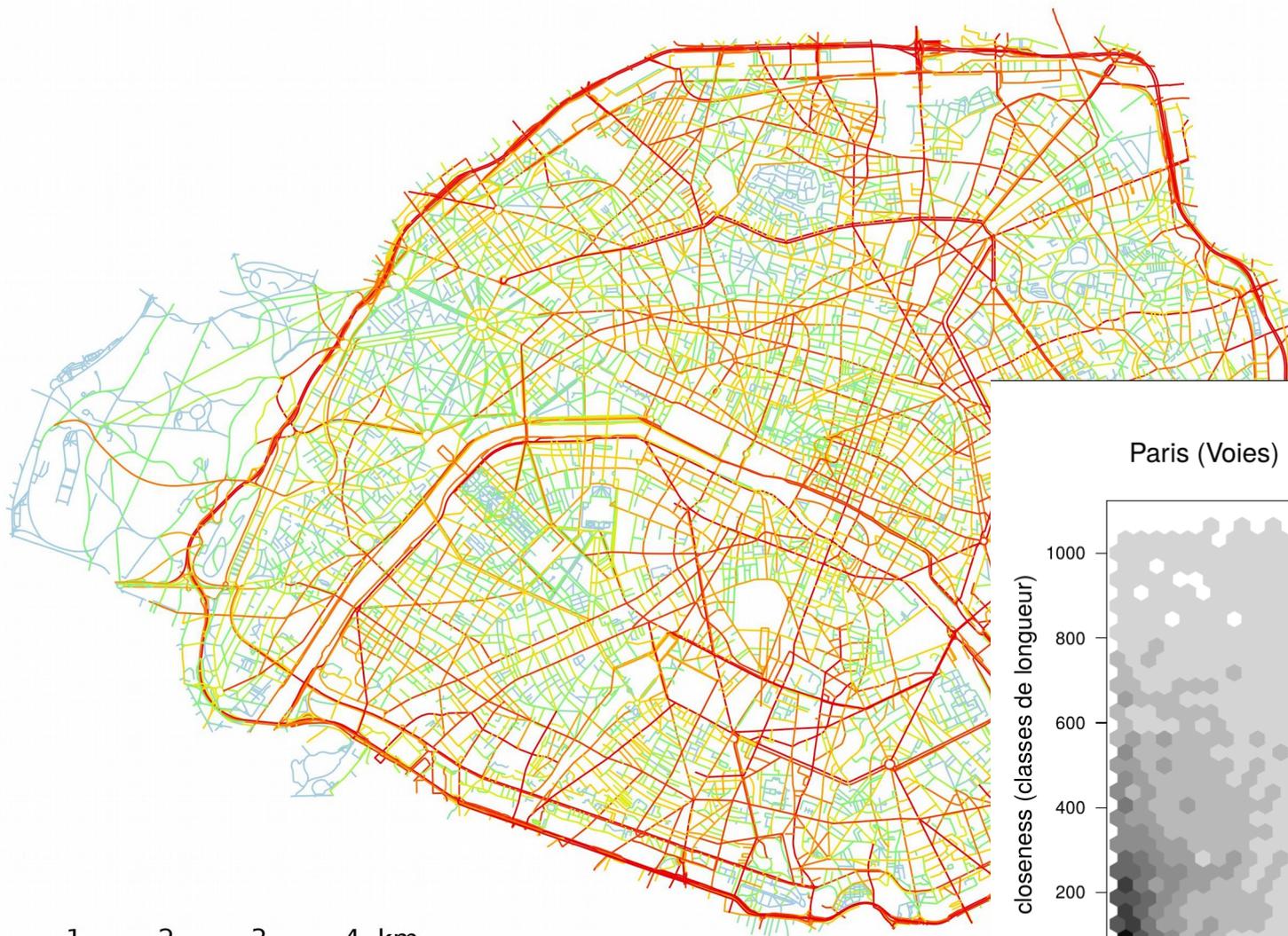


0 1 2 3 4 km

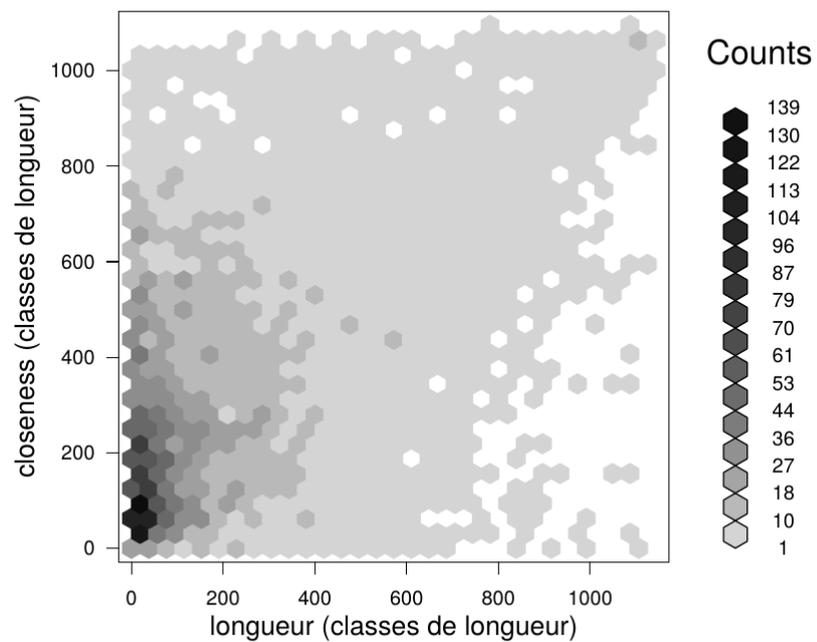
$$\text{closeness}(w_{ref}) = \frac{1}{\sum_{w \in G} d_{simple}(w, w_{ref})}$$

Closeness centrality

ways



Paris (Voies) : Longueur & Closeness

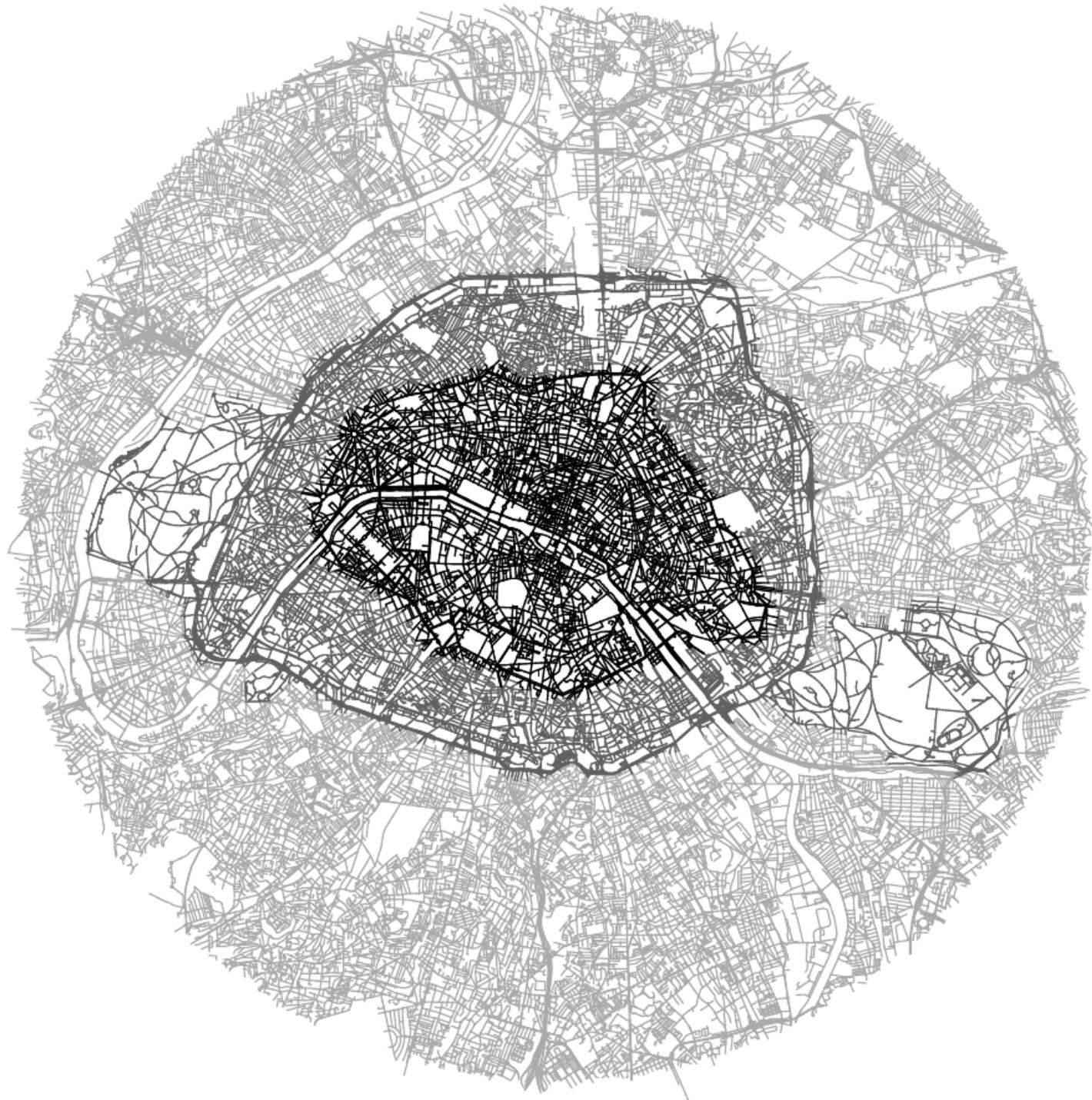


Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Particularités de la lecture d'un graphe à travers la voie

Paris

- ech1
- ech2
- ech3



0 1 2 3 4 km

A scale bar showing 0, 1, 2, 3, and 4 kilometers. The bar is a horizontal line with vertical tick marks at each integer value. The text '0 1 2 3 4 km' is positioned above the bar.

Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Particularités de la lecture d'un graphe à travers la voie

Paris (ech1 - ech2)

— ajout

Δ_{relatif} (arcs) [12157]

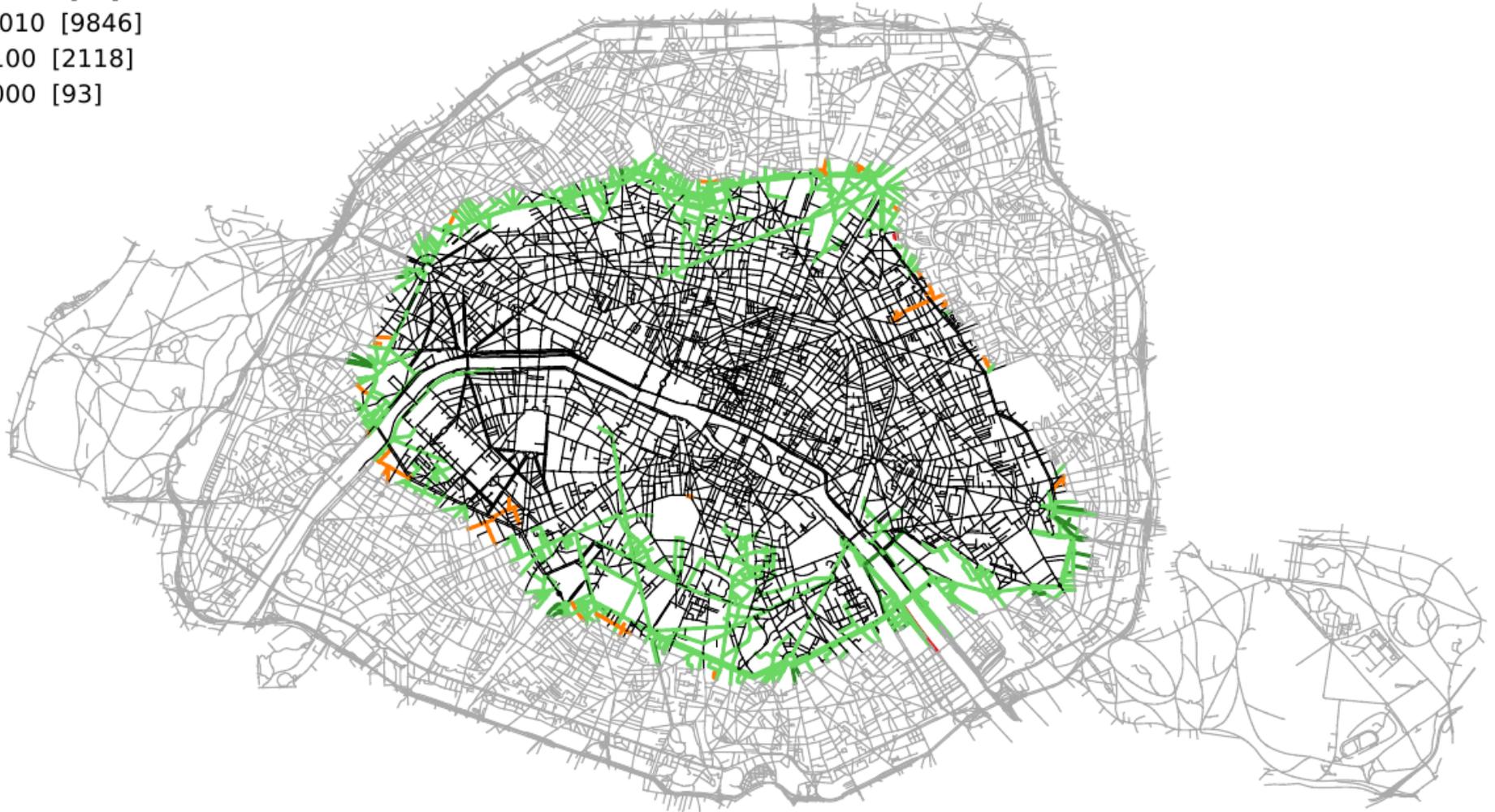
— -1.000 - -0.100 [2]

— -0.100 - -0.010 [94]

— -0.010 - 0.010 [9846]

— 0.010 - 0.100 [2118]

— 0.100 - 1.000 [93]



0 1 2 3 4 km

Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Particularités de la lecture d'un graphe à travers la voie

Paris (ech2 - ech3)

— ajout

Δ_{relatif} (arcs) [29920]

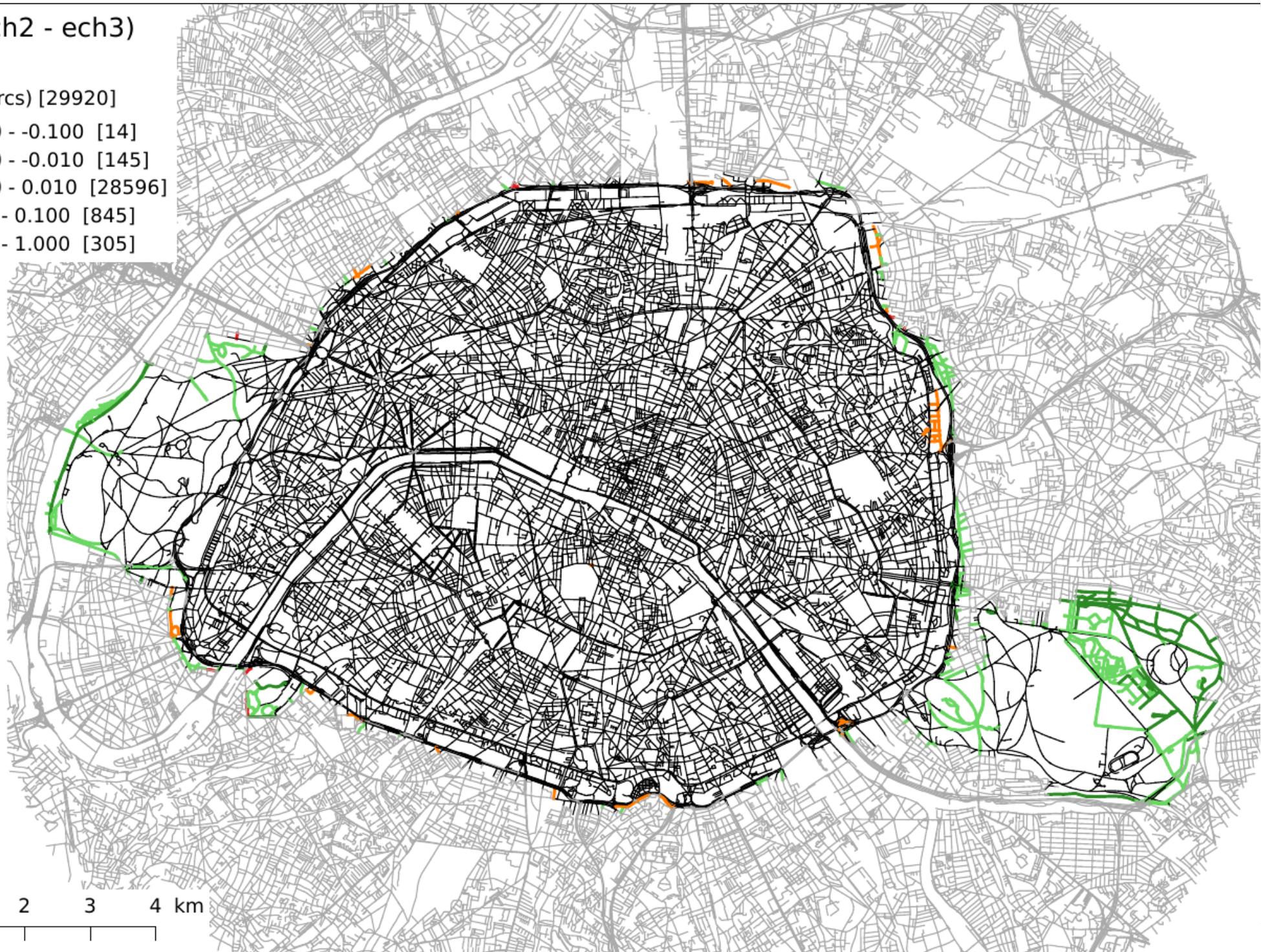
— -1.000 - -0.100 [14]

— -0.100 - -0.010 [145]

— -0.010 - 0.010 [28596]

— 0.010 - 0.100 [845]

— 0.100 - 1.000 [305]



0 1 2 3 4 km



Construction d'un objet de lecture : *la voie*

Particularités de la lecture d'un graphe à travers la voie

Paris (ech2 - ech3)

— ajout

Δ_{relatif} (arcs) [29920]

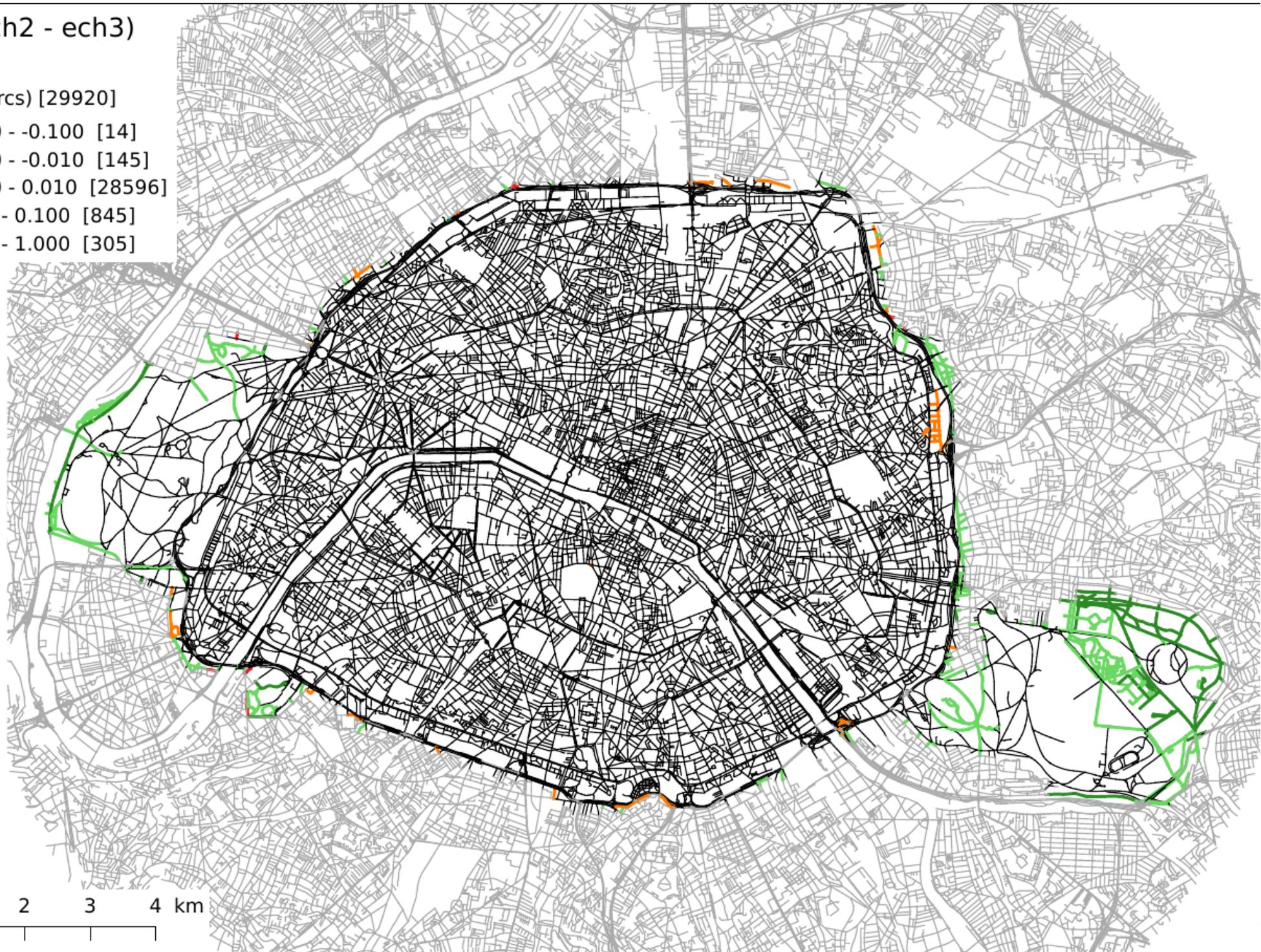
— -1.000 - -0.100 [14]

— -0.100 - -0.010 [145]

— -0.010 - 0.010 [28596]

— 0.010 - 0.100 [845]

— 0.100 - 1.000 [305]



0 1 2 3 4 km

La voie

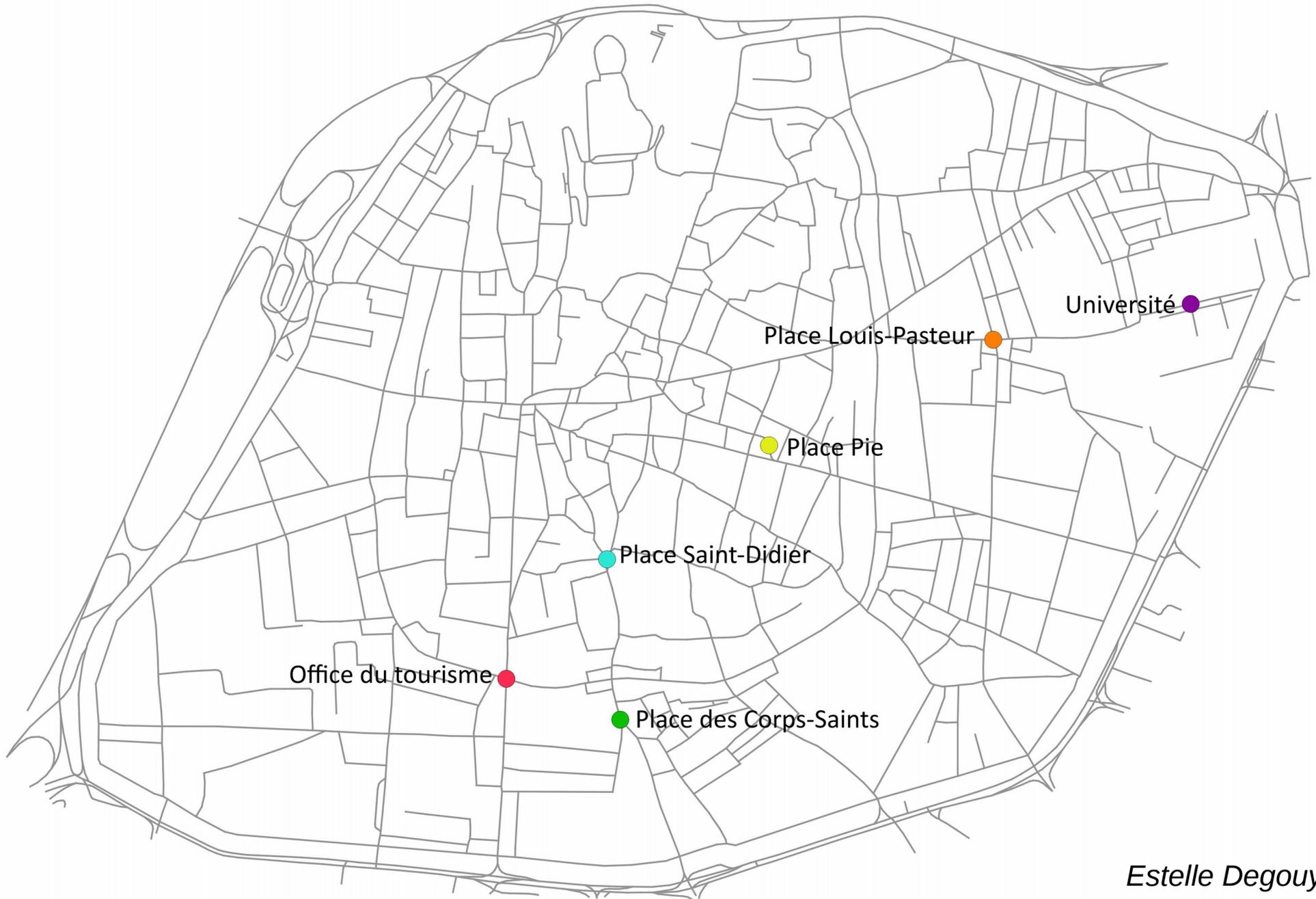
- Construction robuste au sens de lecture du réseau
- Multi-échelle
- Stabilise la lecture du réseau



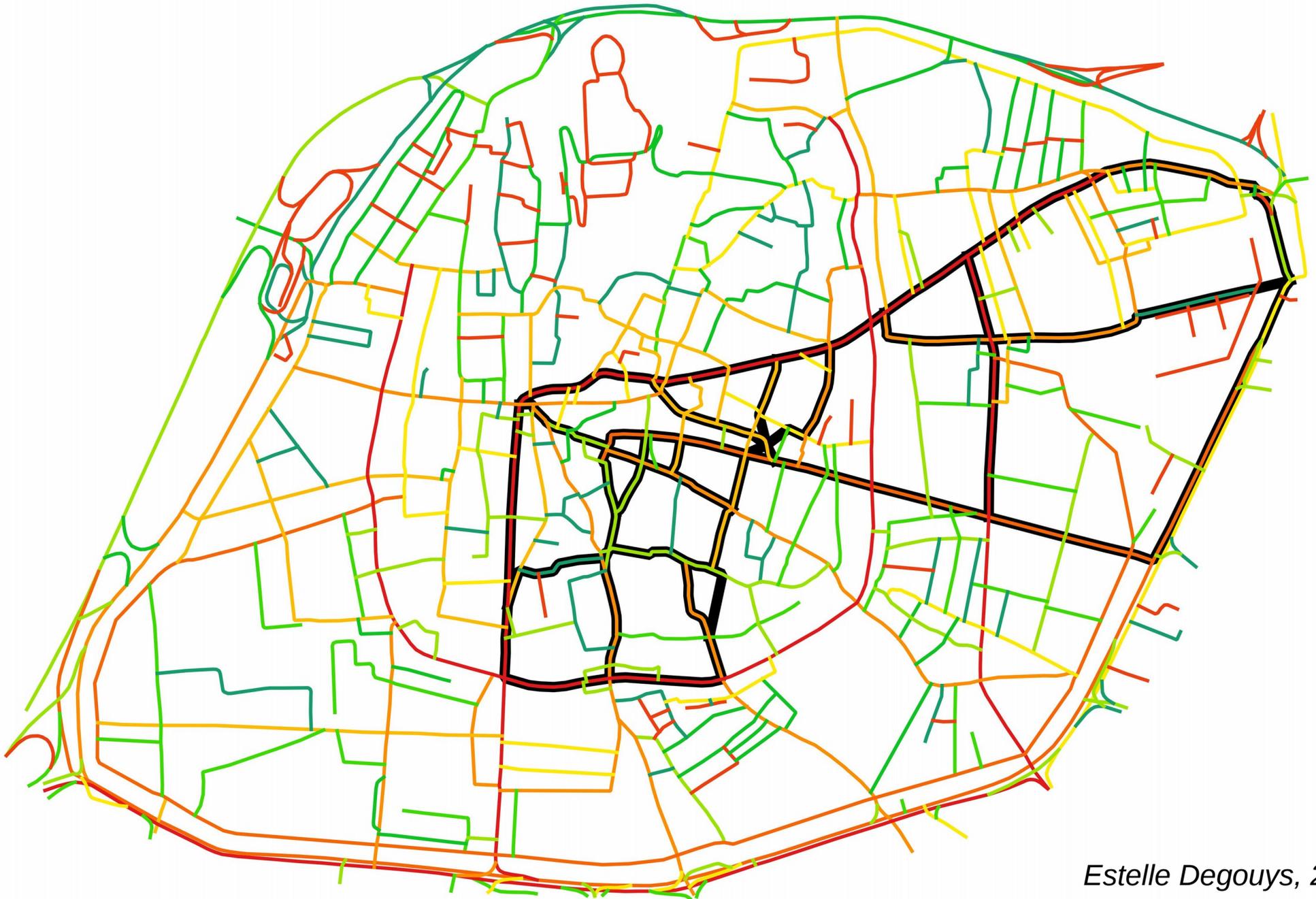
La voie, élément de lecture urbain

L'aide à la lecture des mobilités...

Construction d'un objet de lecture : *la voie*
La voie, élément de lecture urbain



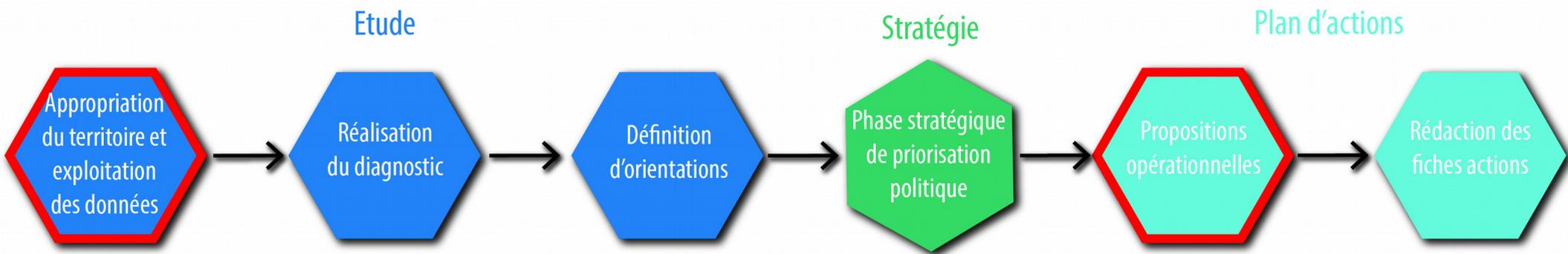
Construction d'un objet de lecture : *la voie*
La voie, élément de lecture urbain



Estelle Degouys, 2015

La voie, élément de lecture urbain

L'aide dans un processus de prise de décision...



source : INGEROP
Majdoline Ouldelhkim

L'Histoire racontée par le réseau des rues

Lecture de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

- I ■ Choix d'un réseau complexe pour lire la ville
 - Décomposition structurelle
 - Caractérisation classique d'un graphe spatial
- II ■ Construction d'un objet de lecture : *la voie*
 - Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale
 - La voie, élément de lecture urbain
- III ■ La **ville** au cours du **temps**
 - Lecture du **temps** à travers les **lignes**
 - Lecture des **lignes** à travers le **temps**

Ouverture

*L'aide à la lecture de l'**Histoire du réseau urbain...***

Closeness centrality

ways

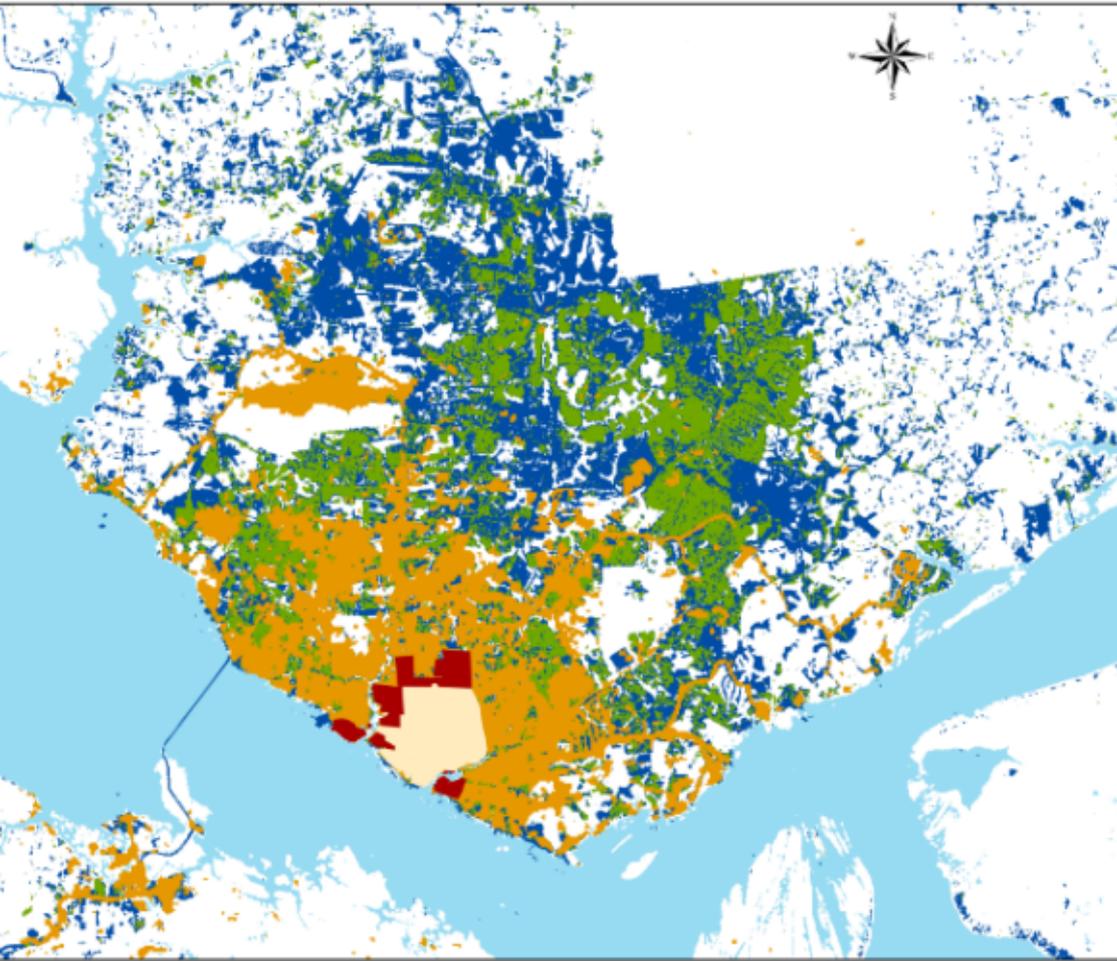
- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9



0 1 2 3 4 km

$$closeness(w_{ref}) = \frac{1}{\sum_{w \in G} d_{simple}(w, w_{ref})}$$

Urban growth steps in Manaus city

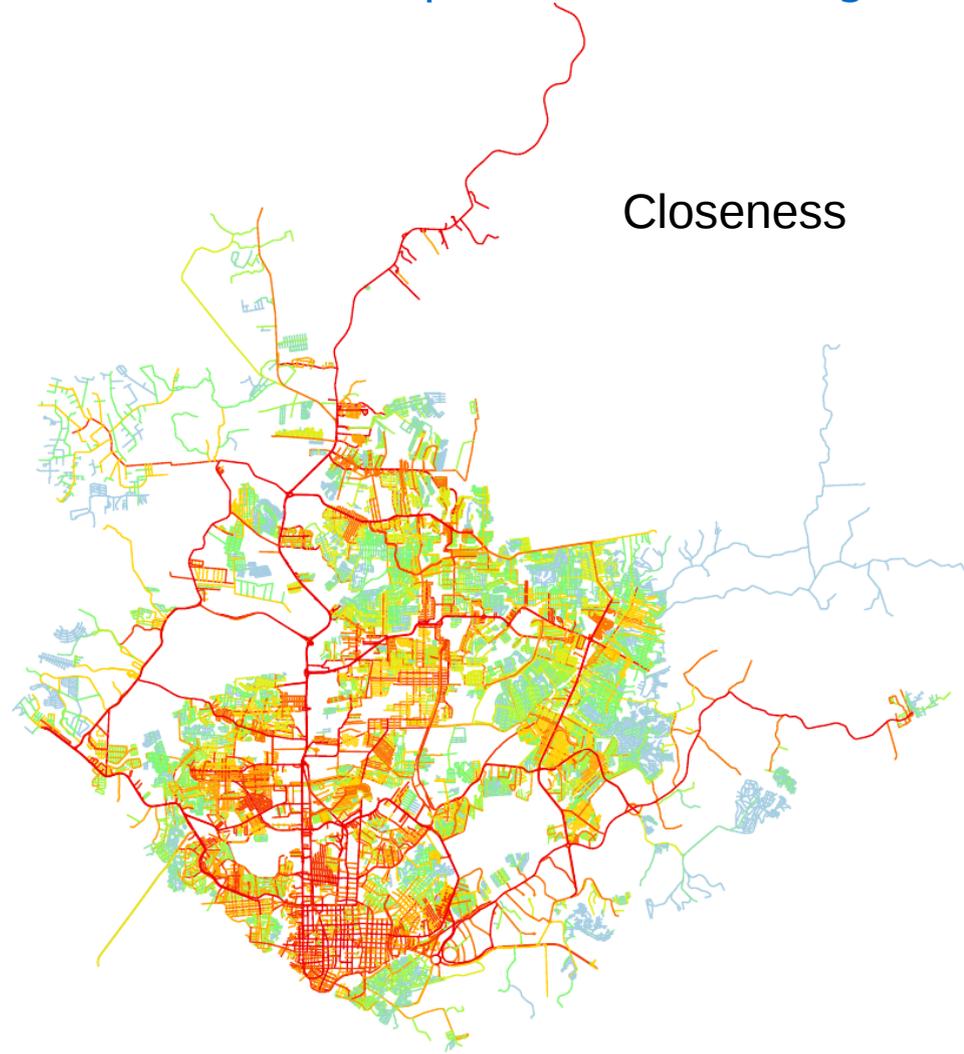


Date

- 1895
- 1956
- 1972
- 1996
- 2014

Source: plans de Manaus (jusqu'a 1956)
et <http://earthexplorer.usgs.gov/>
Conception et réalisation: Damien Rietz, 2014,
avec ArcGis et ENVI 4.7

La ville au cours du temps Lecture du temps à travers les lignes



Closeness

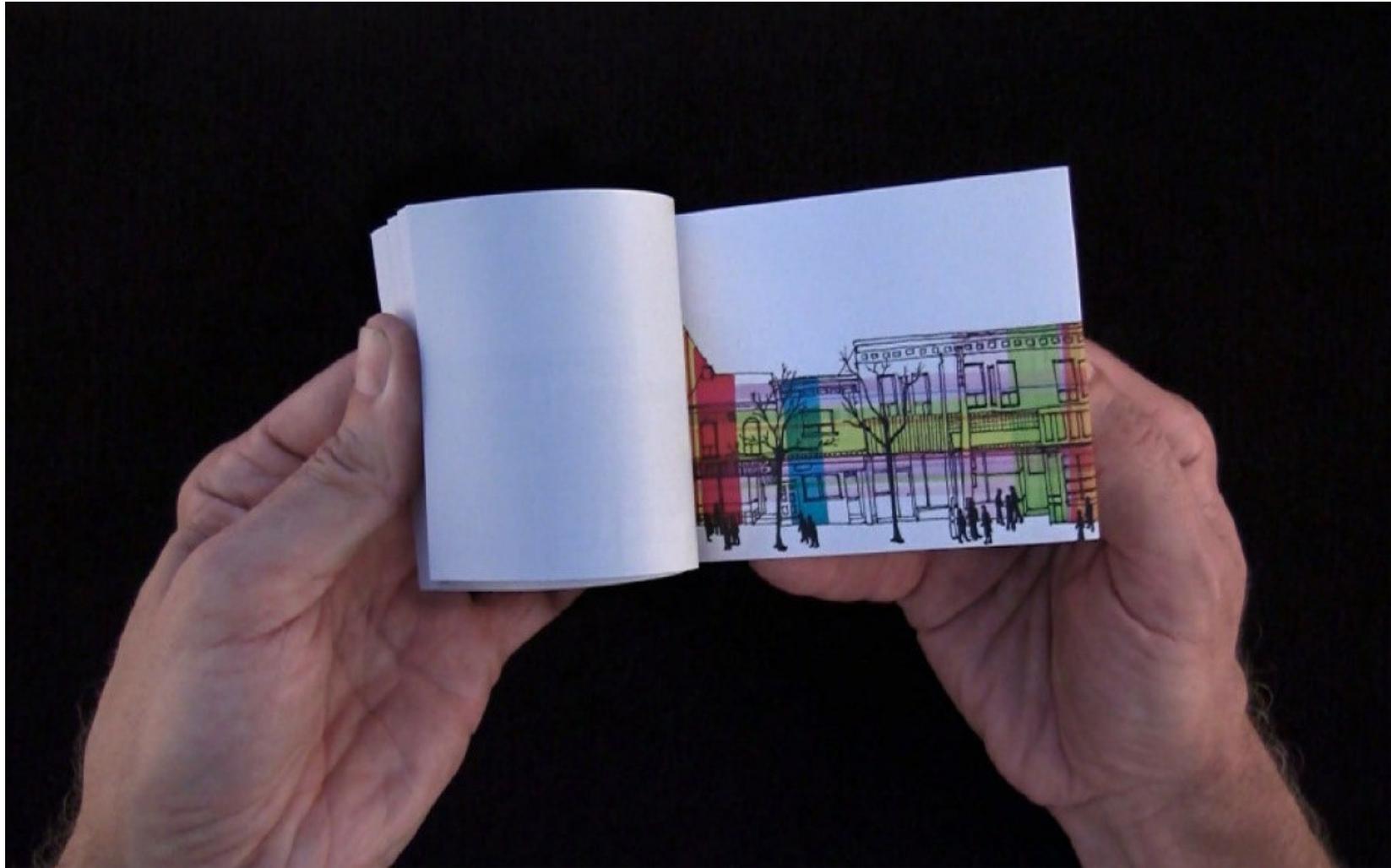
voies

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

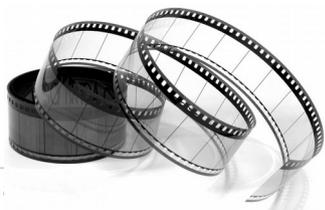
Barcelona



*L'aide à la lecture de la **cinématique** des villes...*



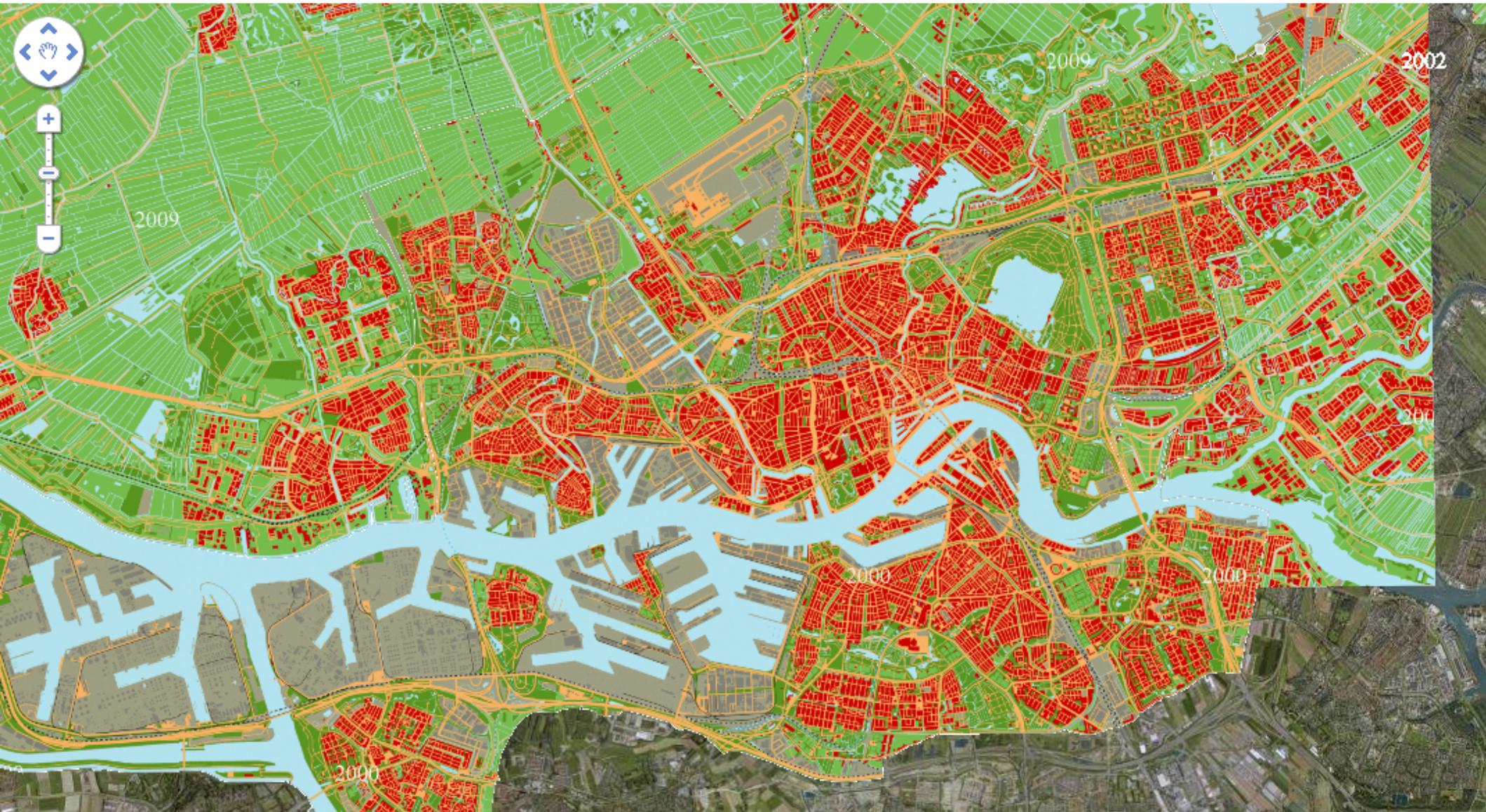
New york film academy - Student ressources



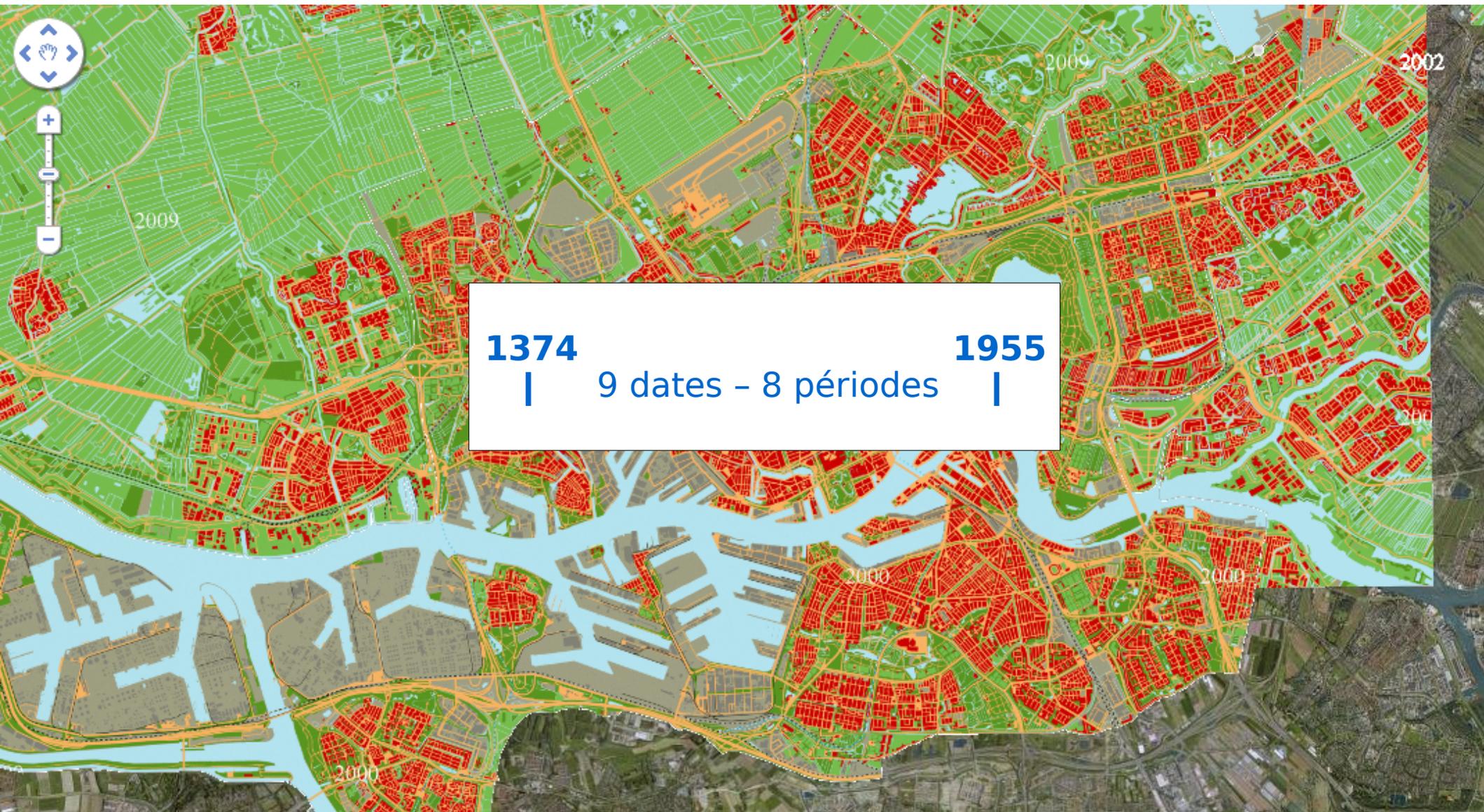




Données : Mapping History



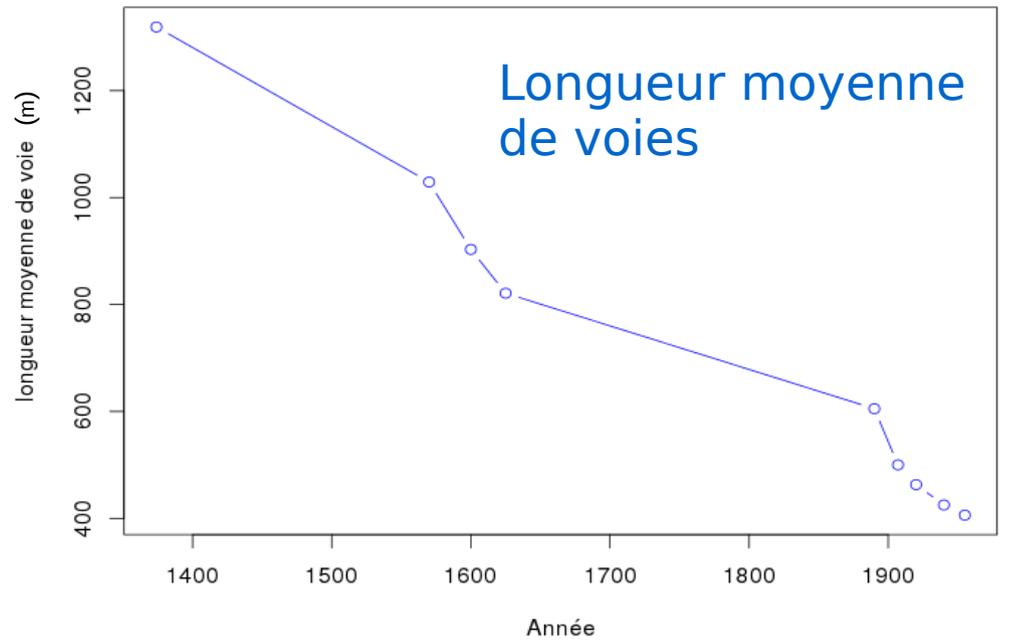
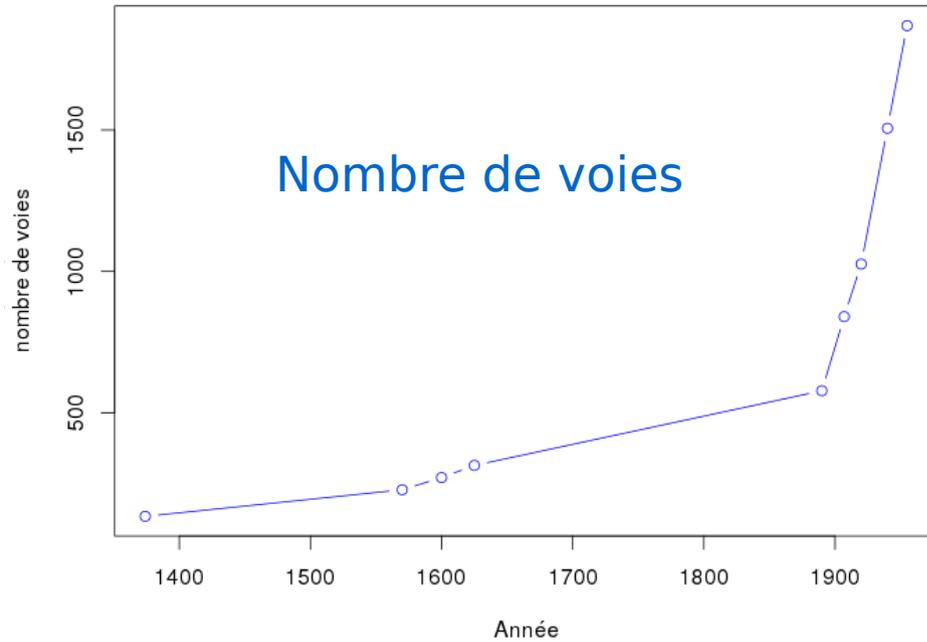
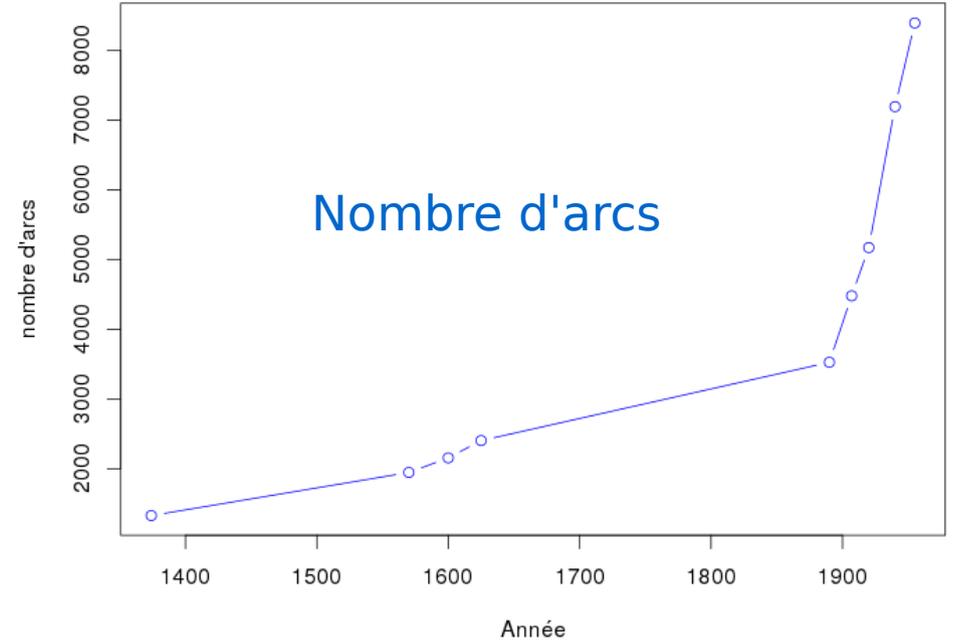
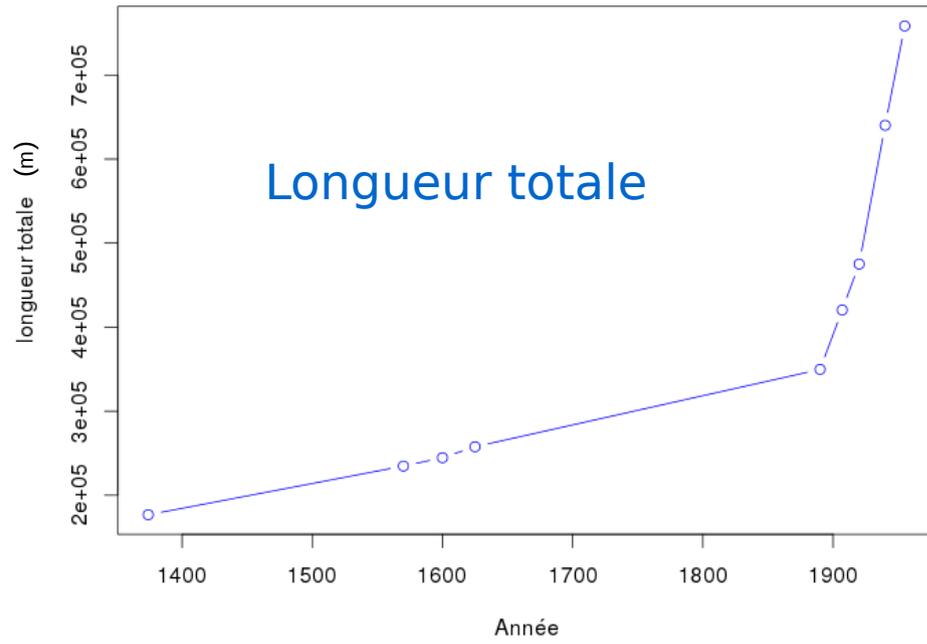
Données : Mapping History



Base de données panchronique

Rotterdam

La ville au cours du temps Lecture de la cinématique d'une ville



1374 - 1570

---- ajout
---- suppression

Δ_{relatif} (arcs) [1324]

— -1.000 - -0.100 [548]

— -0.100 - -0.010 [327]

— -0.010 - 0.010 [103]

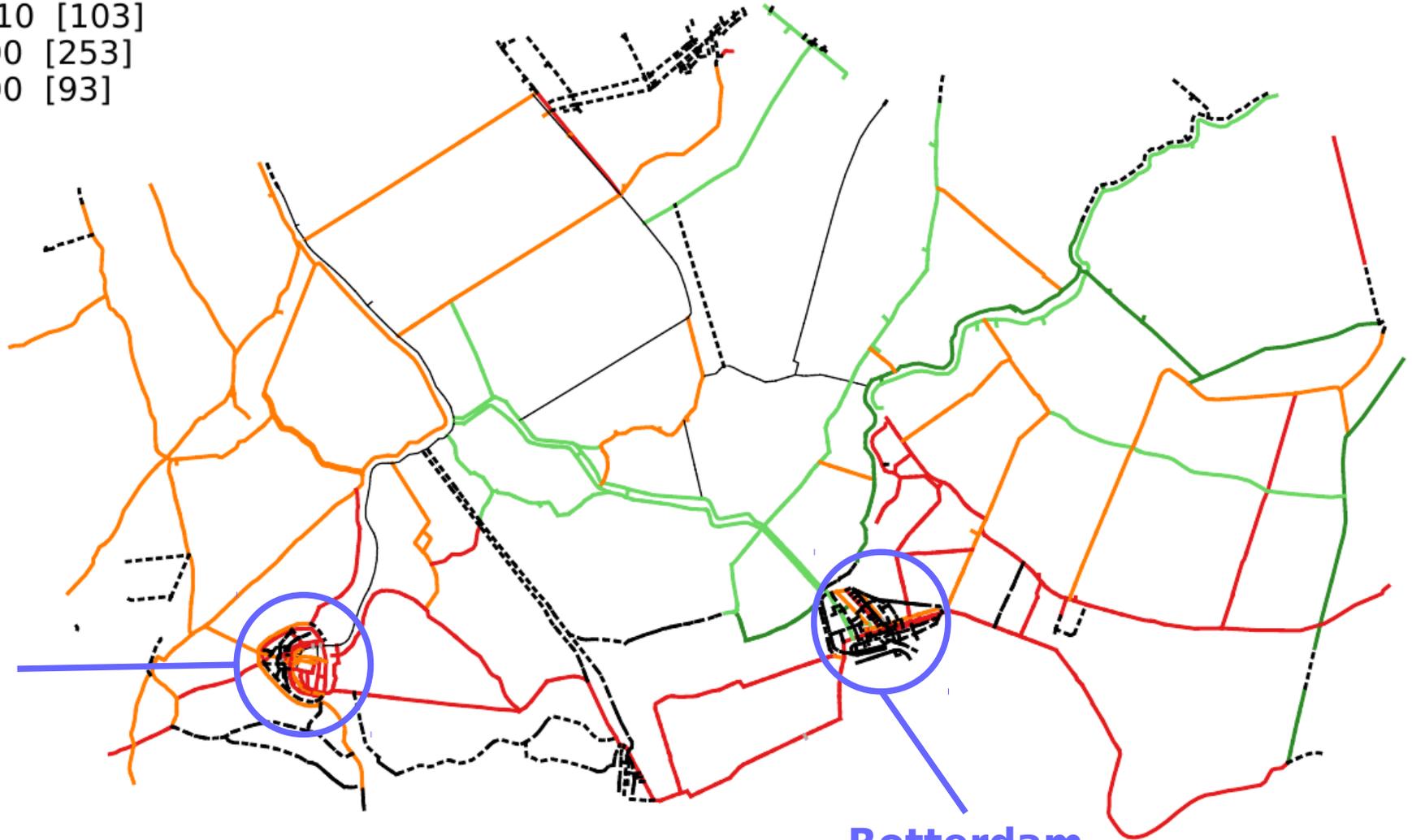
— 0.010 - 0.100 [253]

— 0.100 - 1.000 [93]

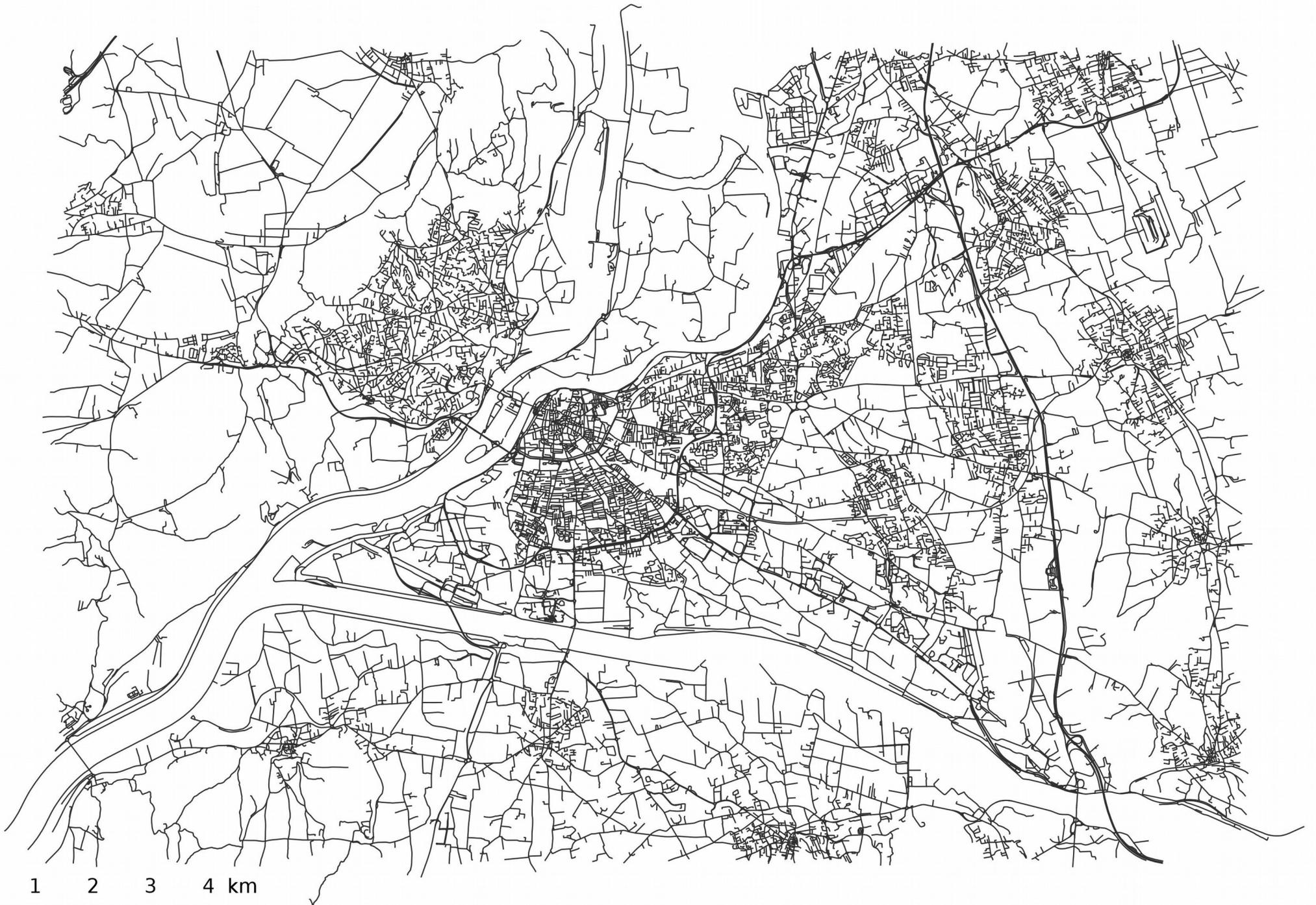
Schiedam

Rotterdam

0 1 2 3 4 km



*L'aide à la lecture de **projets urbains**...*



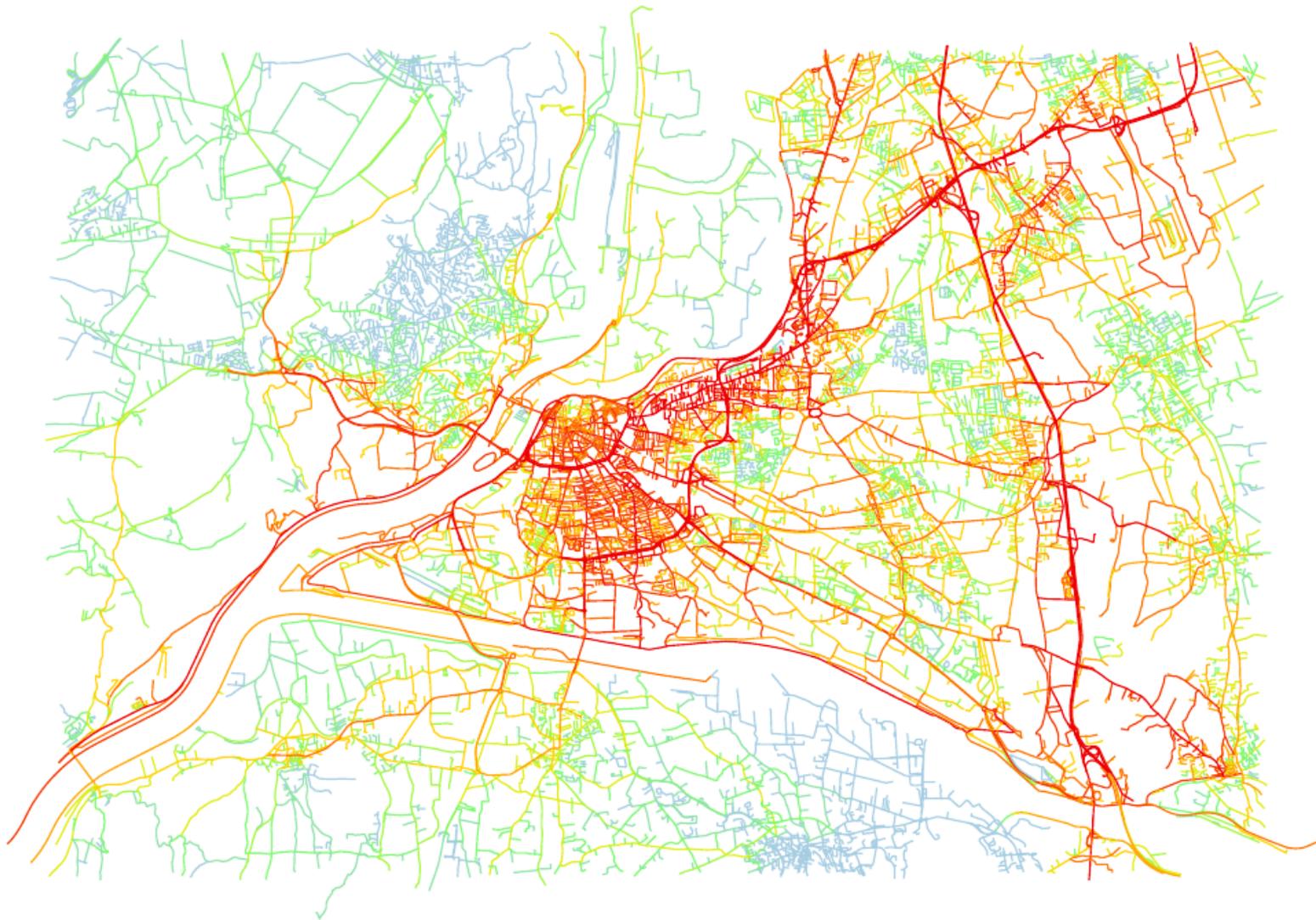
Leo2

— voies
- - - ajout

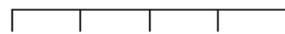


Closeness

voies (neutre)

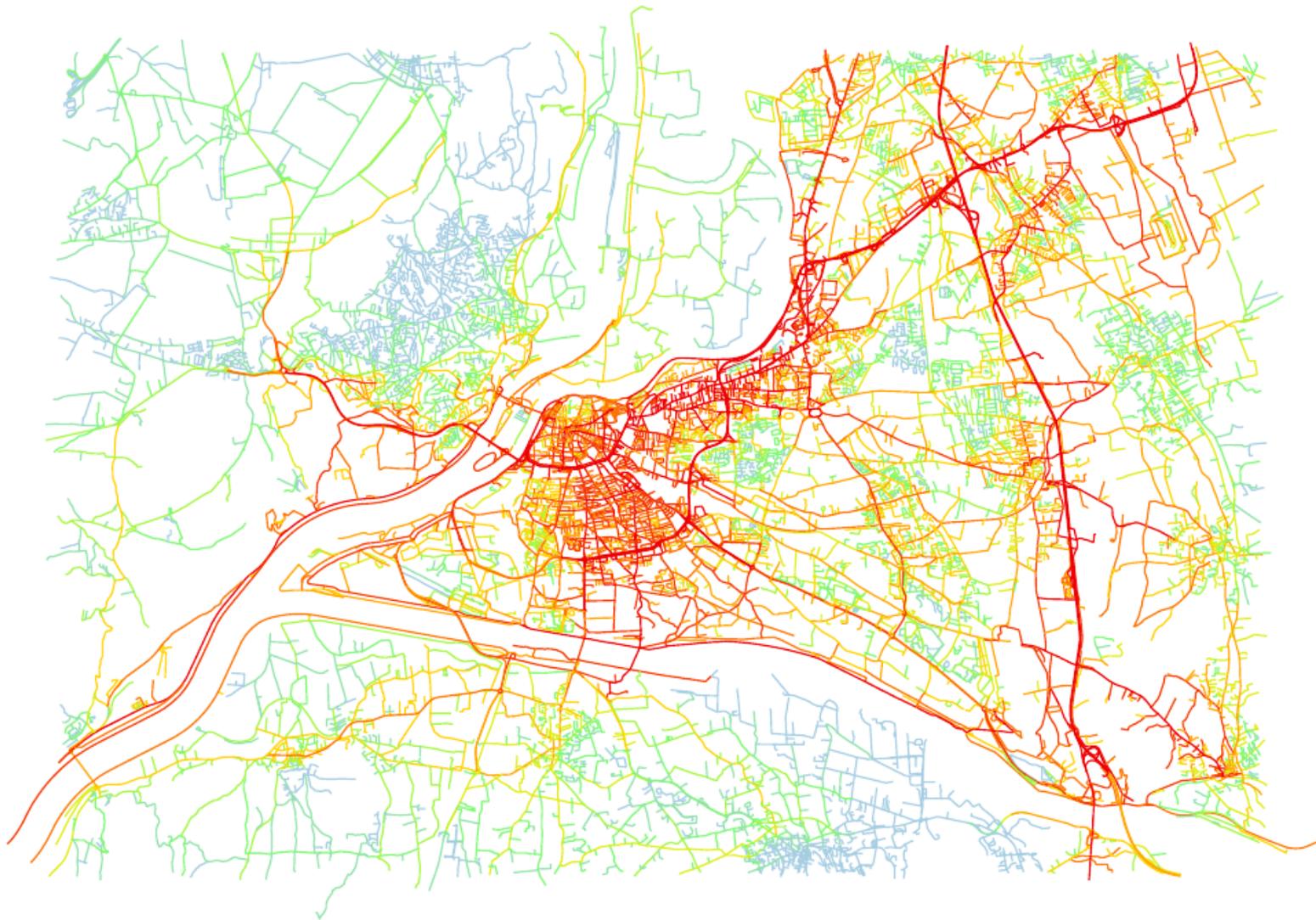


0 1 2 3 4 km

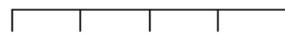


Closeness

voies (leo2)



0 1 2 3 4 km

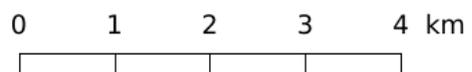


Projet Leo2

---- ajout

Δ_{relatif} (arcs)

- 1 - -0.1
- 0.1 - -0.01
- 0.01 - -0.001
- 0 - 0.001
- 0.001 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 1



Raoul

— voies
- - - ajout



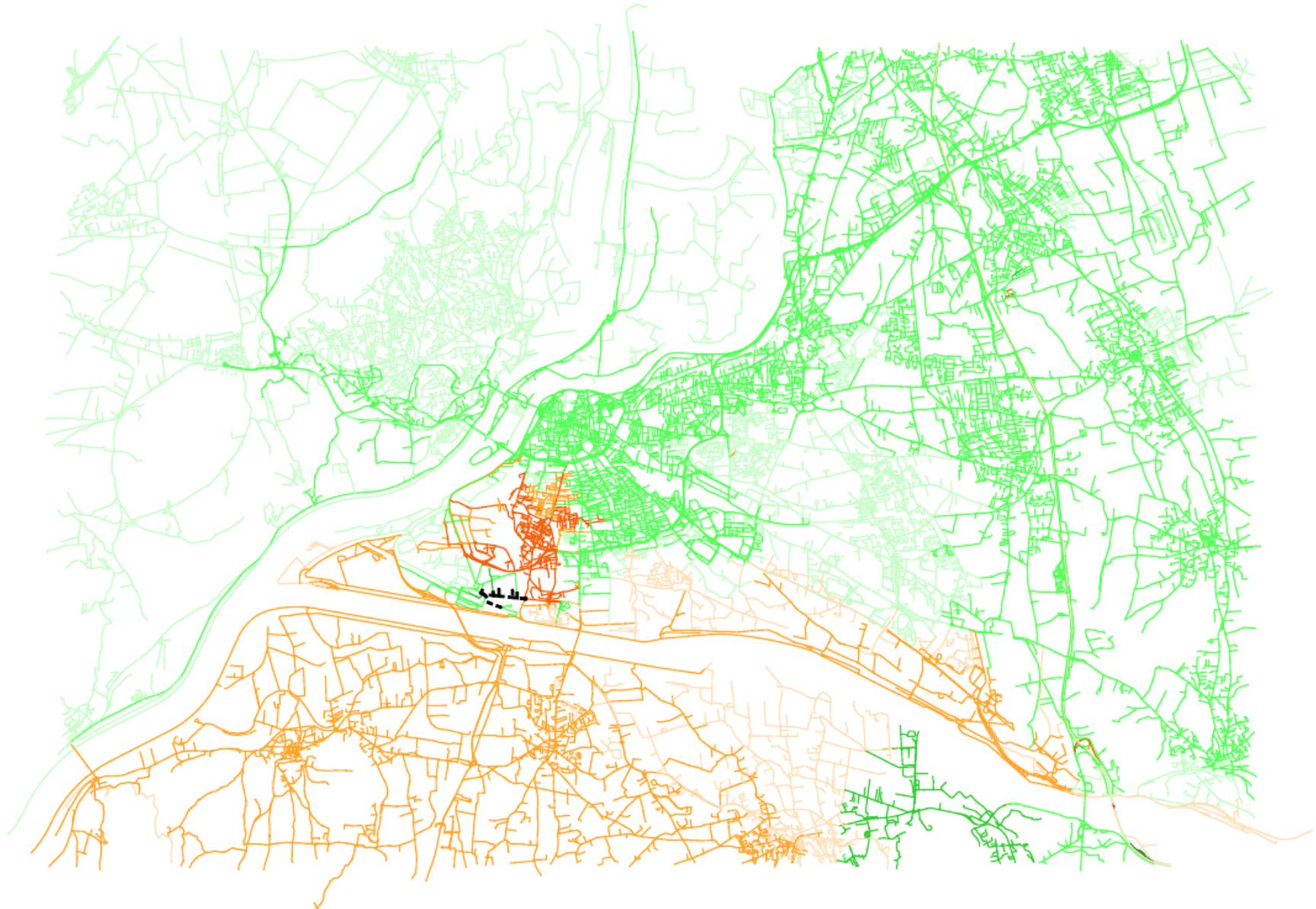
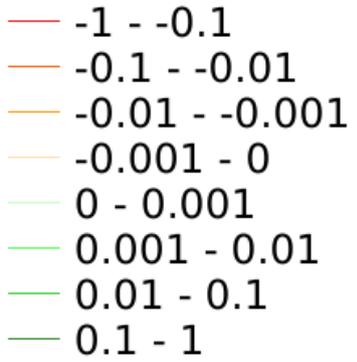
0 1 2 3 4 km



Projet Raoul

---- ajout

Δ_{relatif} (arcs)



0 1 2 3 4 km

*De l'analyse **prospective** à l'analyse **historique**...*

Analyse de projets urbains historiques : le cas des percements parisiens

Percements

---- ajout

Δ_{relatif} (arcs)

— -1 - -0.1

— -0.1 - -0.01

— -0.01 - -0.001

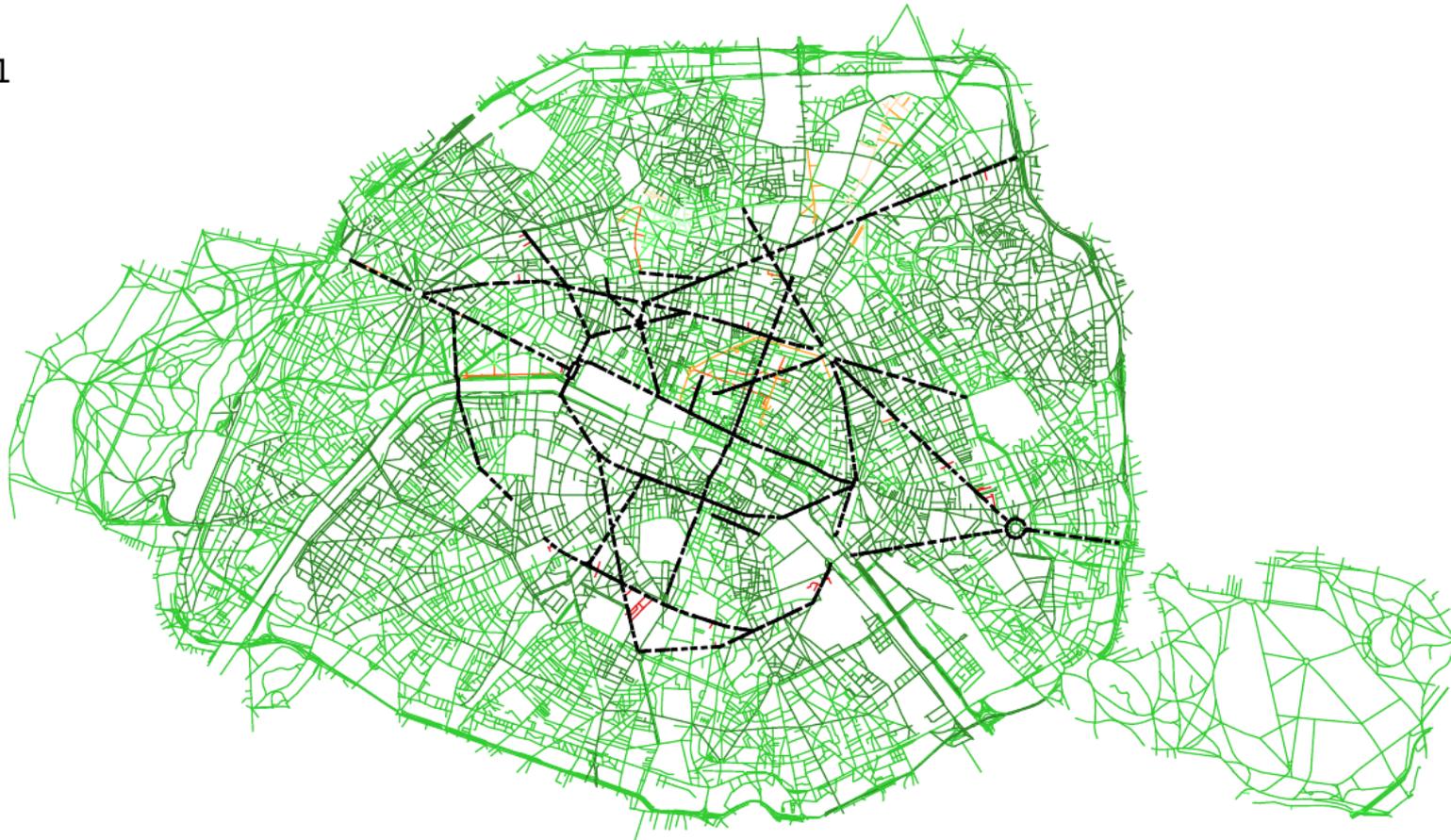
— -0.001 - 0

— 0 - 0.001

— 0.001 - 0.01

— 0.01 - 0.1

— 0.1 - 1



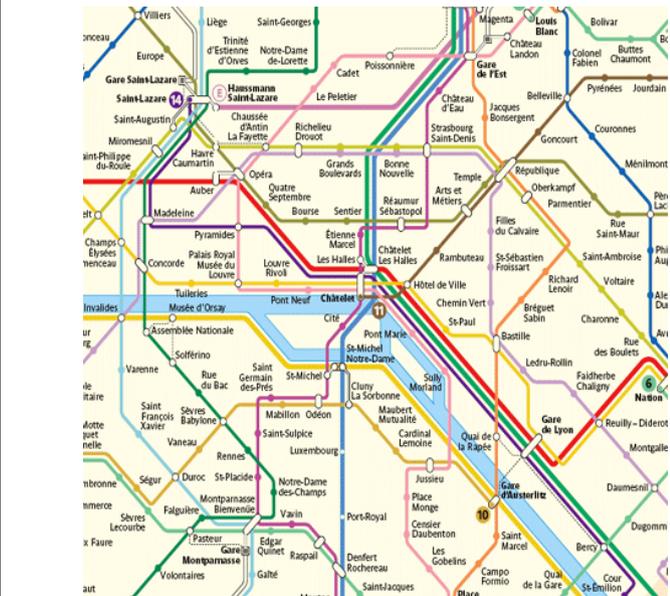
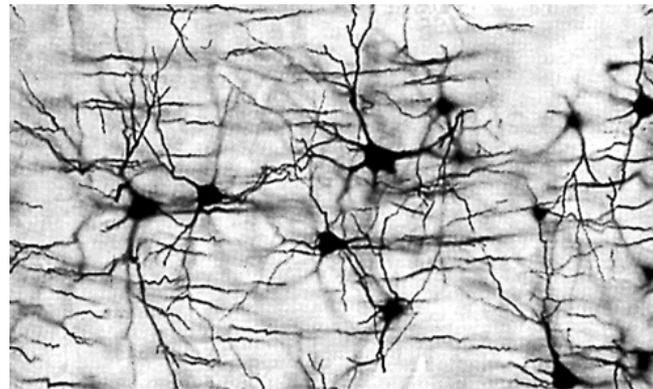
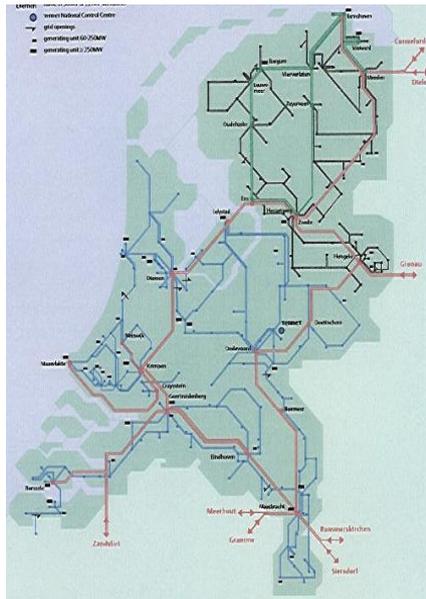
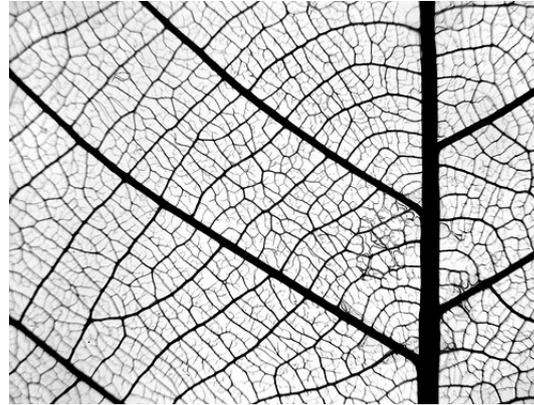
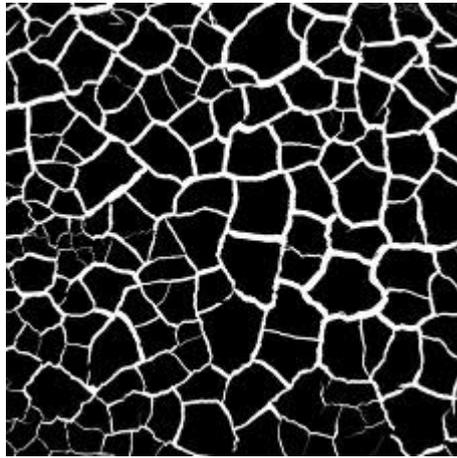
0 1 2 3 4 km

L'Histoire racontée par le réseau des rues

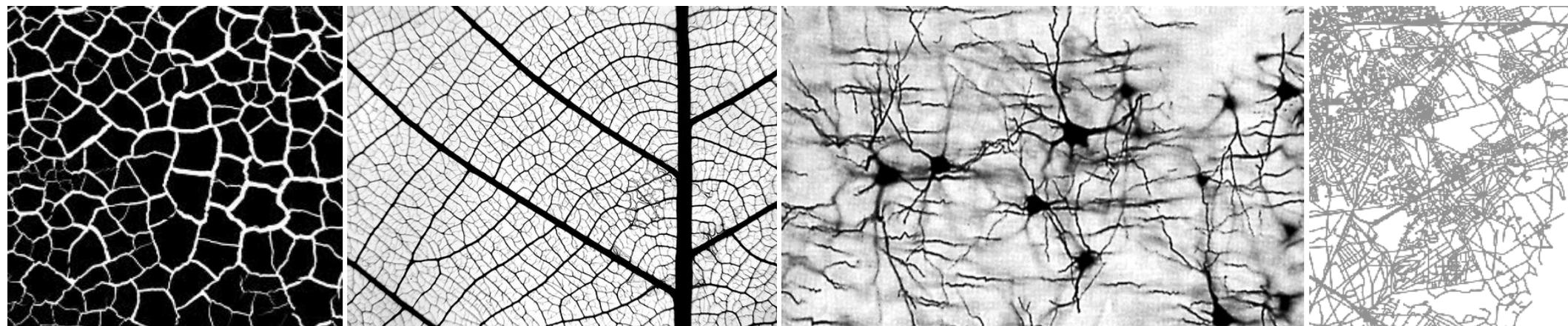
Lecture de l'empreinte laissée par le temps dans la morphologie de nos villes

- I ■ Choix d'un réseau complexe pour lire la ville
 - Décomposition structurelle
 - Caractérisation classique d'un graphe spatial
- II ■ Construction d'un objet de lecture : *la voie*
 - Écriture d'une grammaire de caractérisation spatiale
 - La voie, élément de lecture urbain
- III ■ Quantification des modifications structurelles
 - Lecture du temps à travers les lignes
 - Lecture des lignes à travers le temps

Ouverture



Mieux **comprendre les réseaux spatiaux**



- Trouver des schémas caractéristiques pour les **identifier**
- Tester leur **robustesse**
- Analyser les **propriétés propres à la spatialité**

Projet Leo2

---- ajout

Δ_{relatif} (arcs)

- 1 - -0.1
- 0.1 - -0.01
- 0.01 - -0.001
- 0 - 0.001
- 0.001 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 1

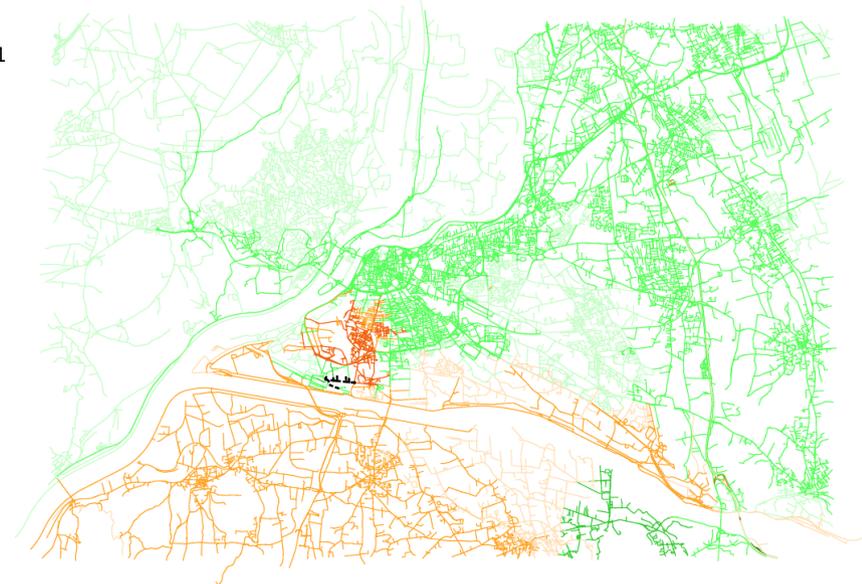


Projet Raoul

---- ajout

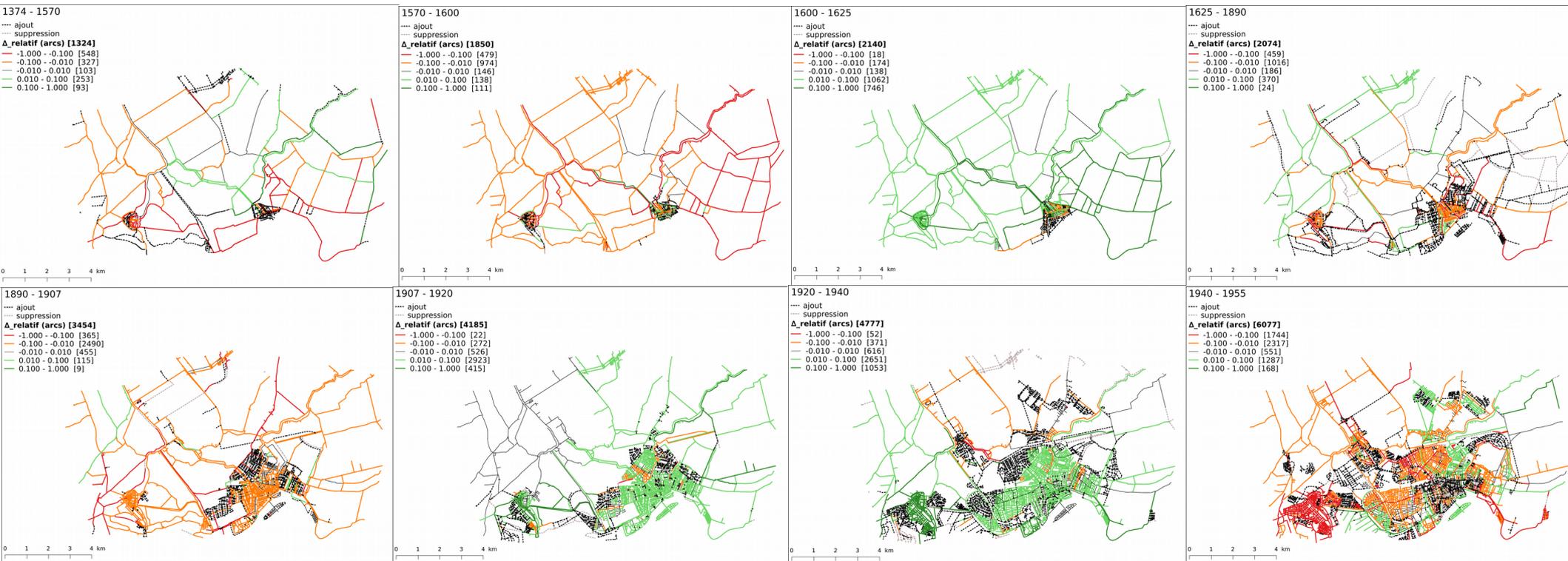
Δ_{relatif} (arcs)

- 1 - -0.1
- 0.1 - -0.01
- 0.01 - -0.001
- 0 - 0.001
- 0.001 - 0.01
- 0.01 - 0.1
- 0.1 - 1



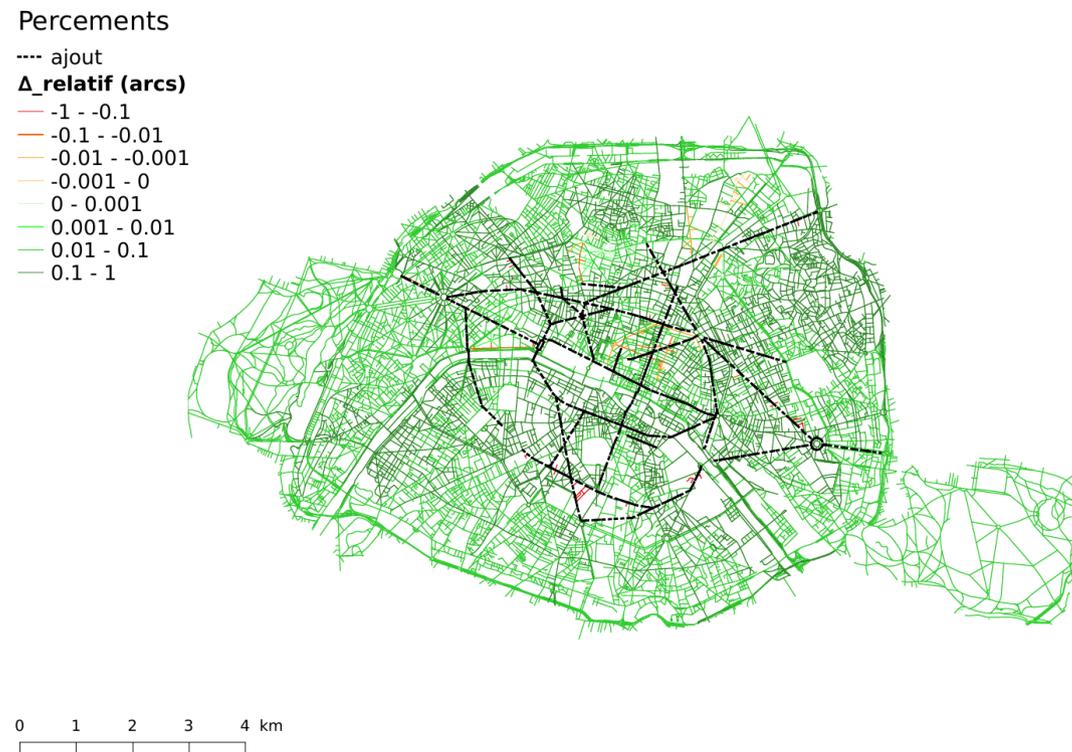
Quantification des modifications structurelles

► **Aide pour les urbanistes**



Quantification des modifications structurelles

► Premiers pas de compréhension de la morphogenèse urbaine



Quantification des **modifications structurelles**

└─► **Analyse de projets urbains historiques**

──────────────────────────────────► **Analyse structurelle approfondie**

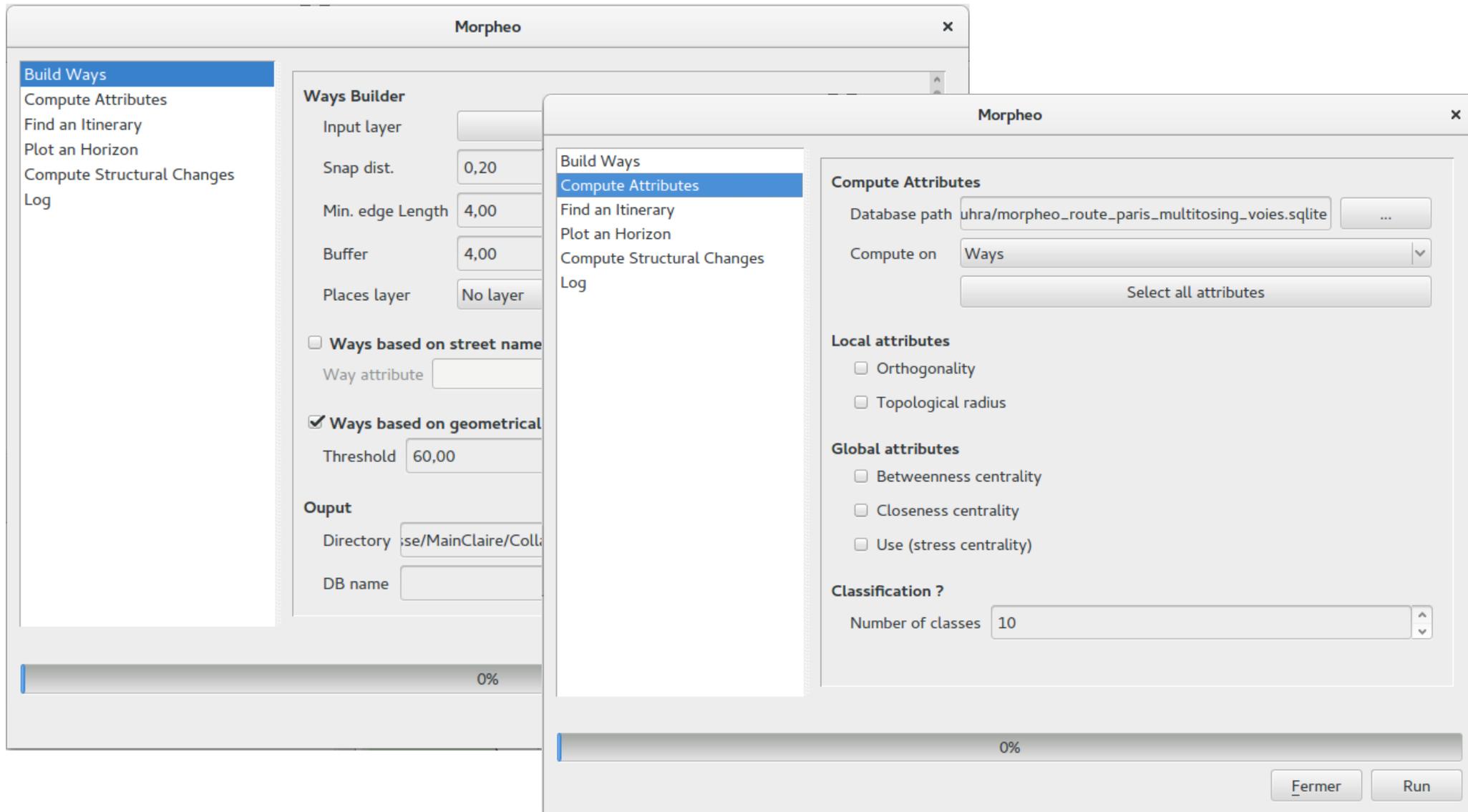
Rendre la caractérisation spatiale **accessible à tous**



Depuis le 15 mai 2017 !

Le plugin **Morpheo**

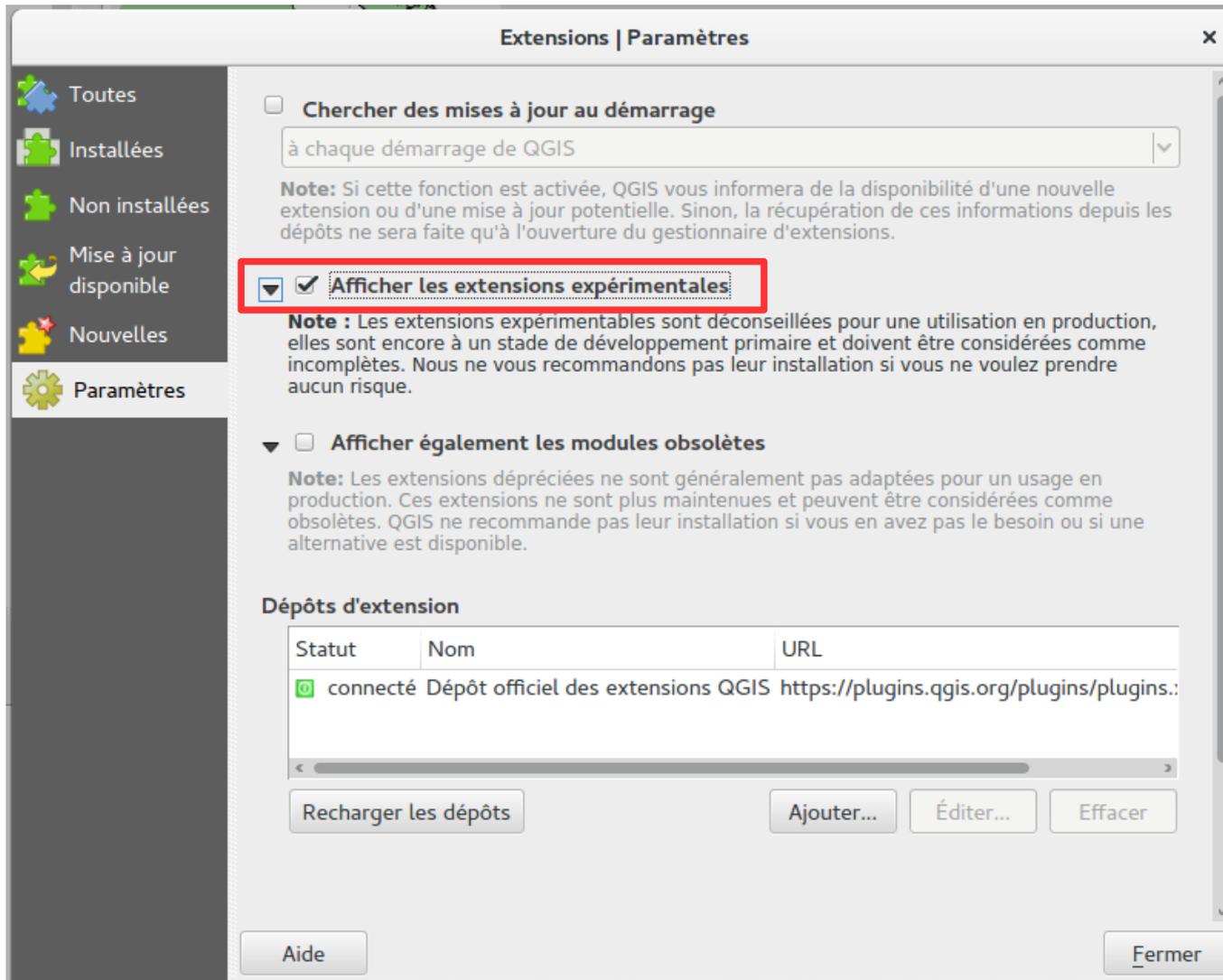
est *disponible sur la base officielle des plugins QGIS !*



Depuis le 15 mai 2017 !

Le plugin **Morpheo**

est *disponible* sur la base officielle des plugins QGIS !



Depuis le 15 mai 2017 !

Le plugin **Morpheo**

est *disponible sur la base officielle des plugins QGIS !*

“If you use our software and love it,

please mention us in your work”

Lagesse, Claire. [Lire les Lignes de la Ville](#). Diss. Université Paris Diderot-Paris VII, 2015.
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-01245898/>

Lagesse, Claire, Patricia Bordin, and Stephane Douady. [A spatial multi-scale object to analyze road networks](#).
Network Science 3.01 (2015): 156-181.



Merci à tous !

claire.lagesse@univ-fcomte.fr

www.morphocity.fr