



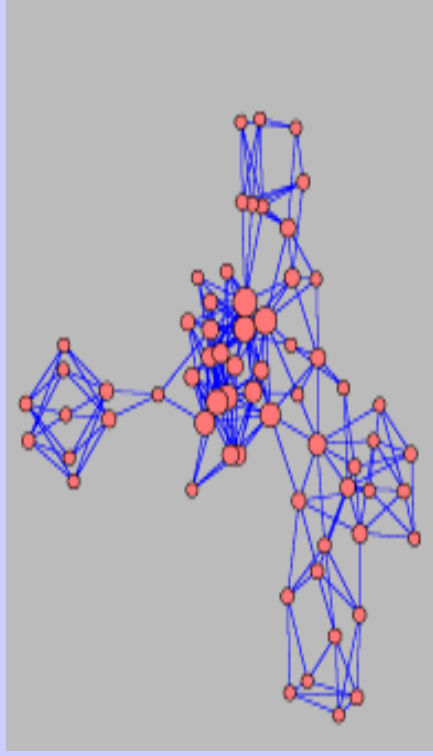
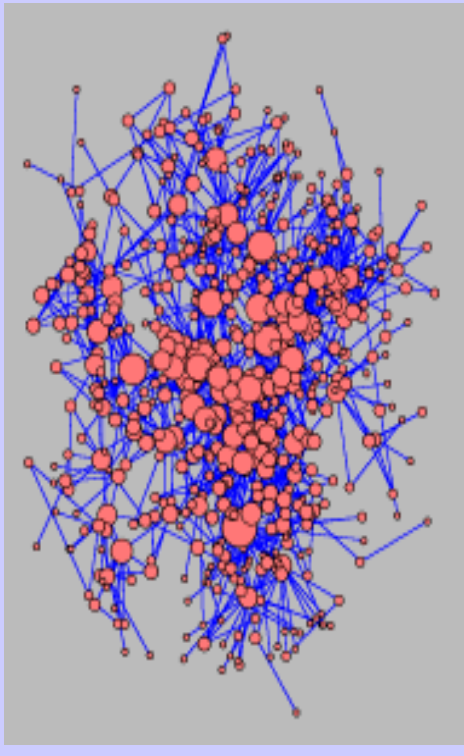
Théoquant 2005, Besançon, 24-26/01/2005

# *Syntaxe spatiale : vers de nouvelles formes de représentation d'une certaine logique de la cité*

Prof. Christophe Claramunt  
Institut de Recherche de l'École navale  
[claramunt@ecole-navale.fr](mailto:claramunt@ecole-navale.fr)

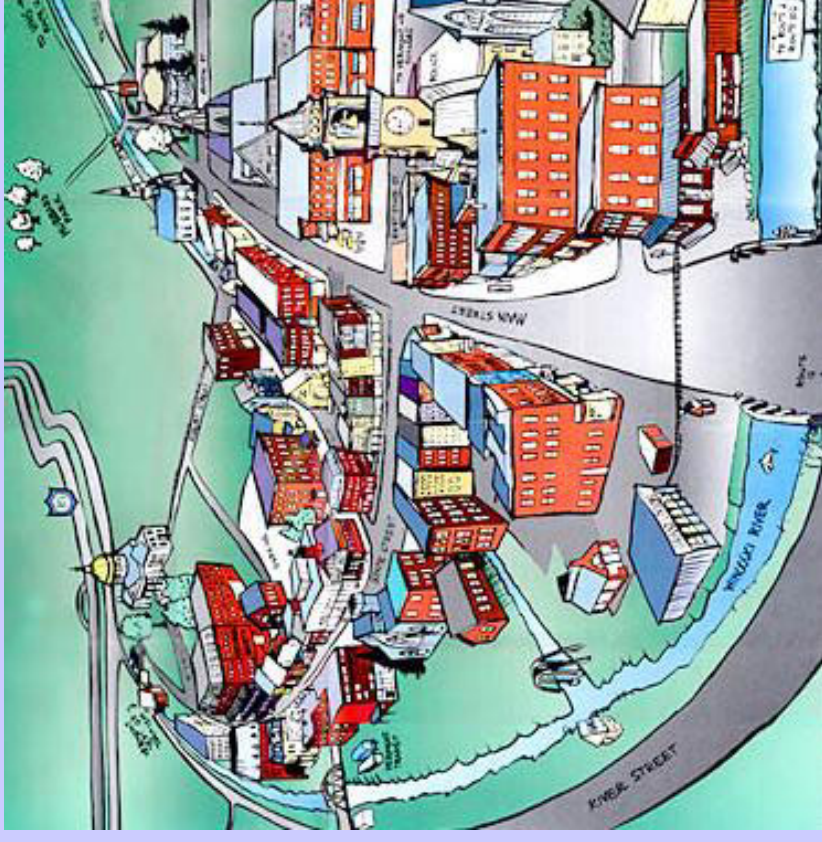
# Plan de la présentation

- Principes et historique
- Fondements méthodologiques
  - Décomposition spatiale
  - Mesures morphologiques
- Le construit et l'urbain
- Applications expérimentales
  - Analyse structurelle de l'urbain
  - Généralisation hiérarchique
  - Smallworlds - Petits mondes... ?
- Conclusion et perspectives



# Motivation

- Les humains ont cette capacité remarquable de pouvoir percevoir et décrire la complexité structurelle d'un espace urbain
- Modéliser les structures de ces structures urbaines, et leur relation avec les fonctions de la cité sont les objectifs de la syntaxe spatiale



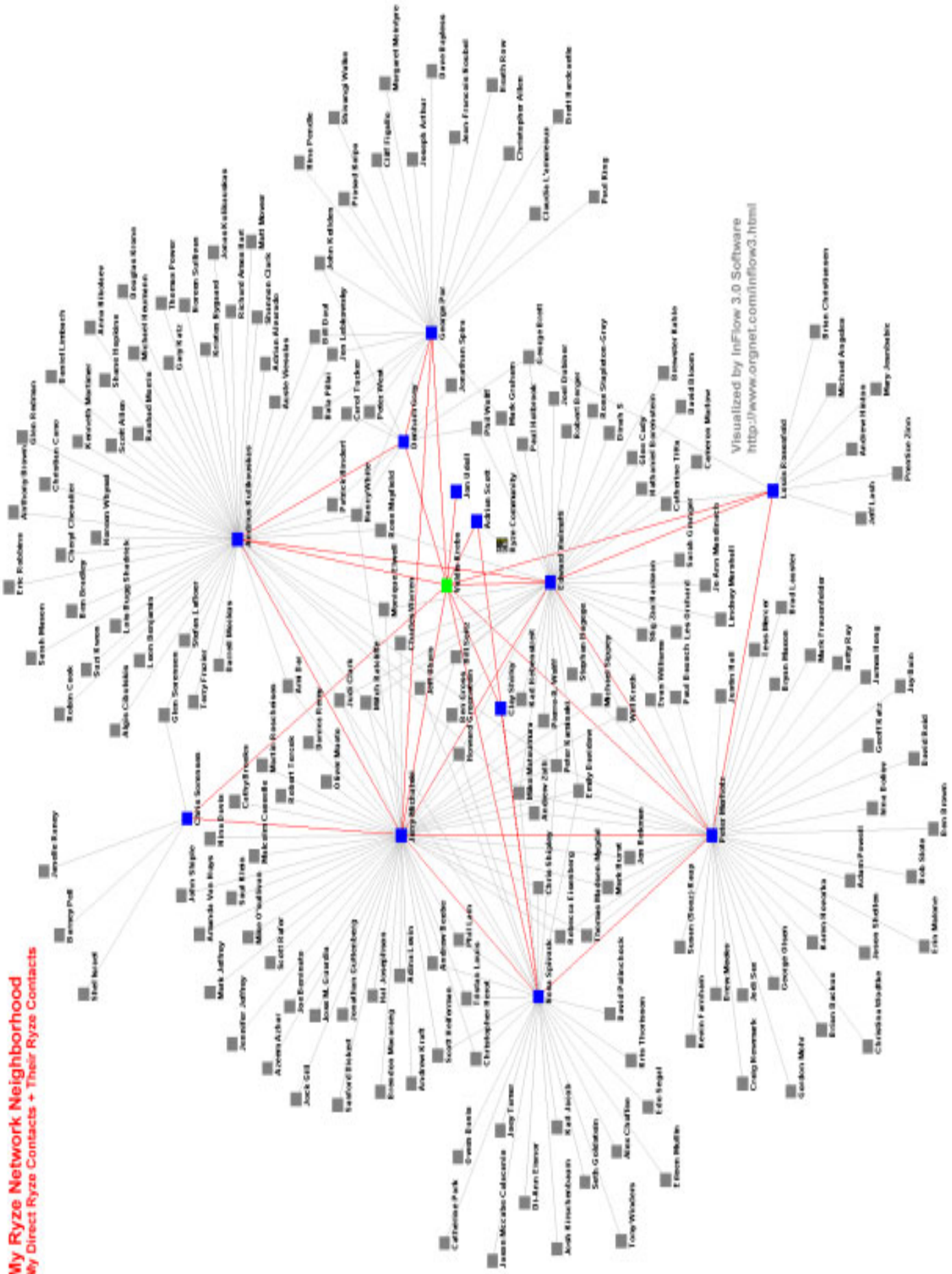
# Fondements et démarche

- Relation entre la structure spatiale et la fonction des environnements bâtis et urbains
- Appréhension de la complexité spatiale
- Etude et mesure des configurations spatiales
- Analyse de structures spatiales et des motifs émergents
- Appréhender l'espace comme une variable, rechercher une certaine logique, mesurer, analyser, simuler et planifier

Les structures réseaux sont multiples...

# My Ryze Network Neighborhood

## My Direct Ryze Contacts + Their Ryze Contacts



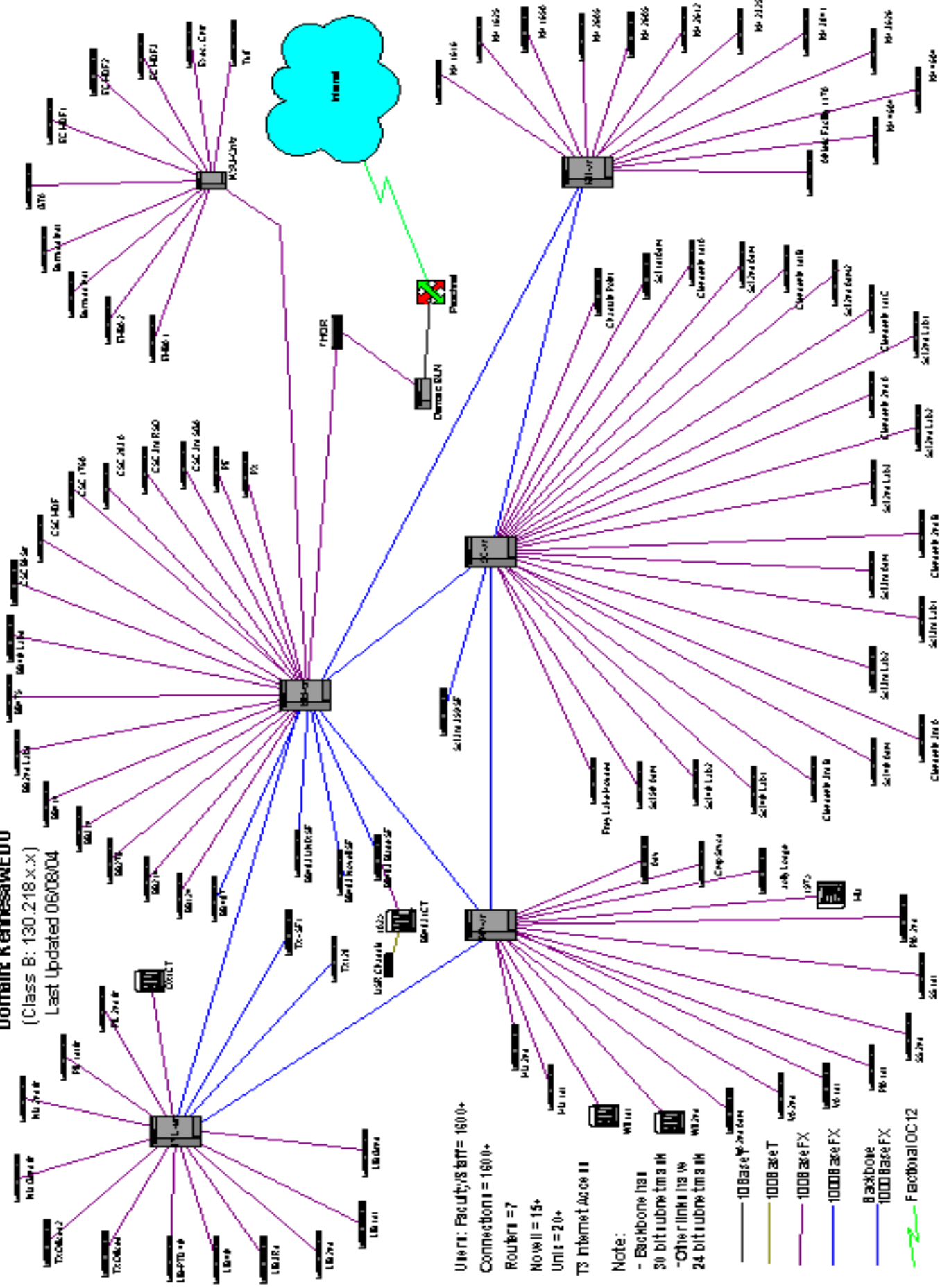
Visualized by InFlow 3.0 Software  
<http://www.orgnet.com/inflow3.html>



# Domain KennesawEDU

(Class B: 130.2.18.x.x)

Last Updated 06/08/04







Les structures réseaux sont multiples et variées ... mais relèvent d'une même logique de représentation au sens des modèles spatiaux

Les réseaux sont des formes génériques de description et de manipulation de relations dans des espaces multi-dimensionnels...

Ils sont appréhendés par différents domaines des sciences à l'intersection des mathématiques et de la statistique

# Réseaux: convergence de domaines

---

- Théorie des graphes
- Réseaux sociaux (sociogrammes)
- Analyse spatiale (network geography)
- Planification urbaine et architecture
- ...

# Syntaxe spatiale

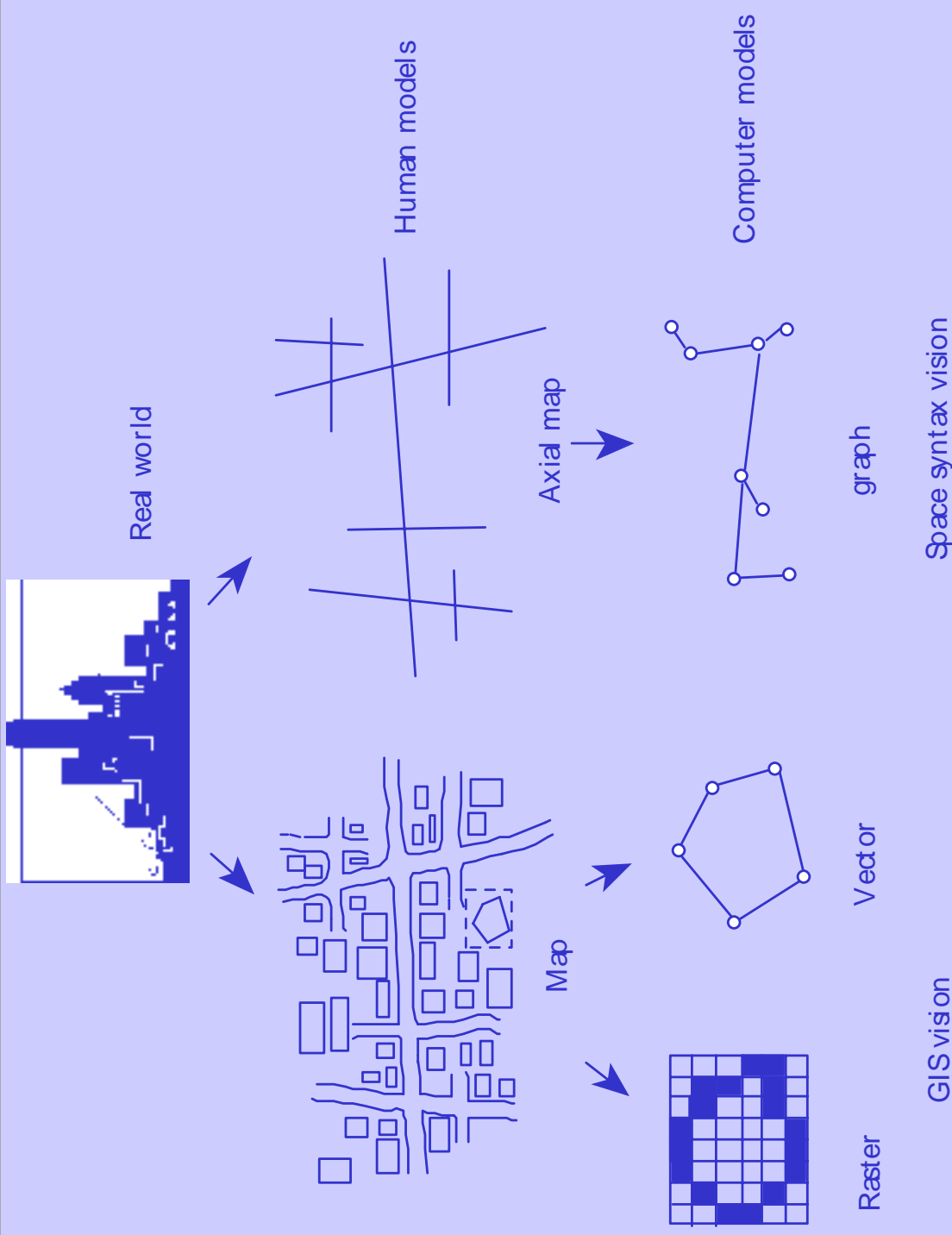
Théorie structurelle et expérimentale des espaces urbains et construits introduite par Hillier et son équipe à l'UCL dans les années 80, et dont l'objectif est de quantifier l'espace à partir de variables dérivées de la théorie des graphes et de rechercher une ou plusieurs relations entre la structure et les fonctions

**Syntaxe spatiale: principes**



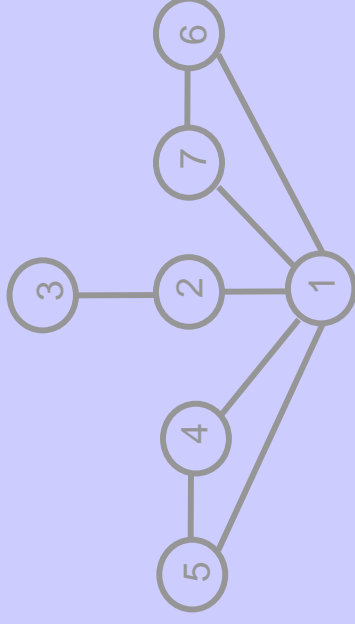
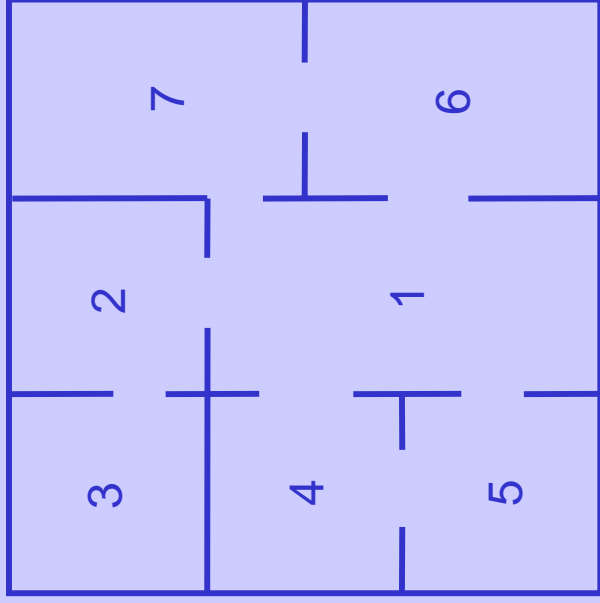
**Décomposition spatiale**  
**+**  
**Mesures morphologiques**

# Représentations spatiales



# Le construit

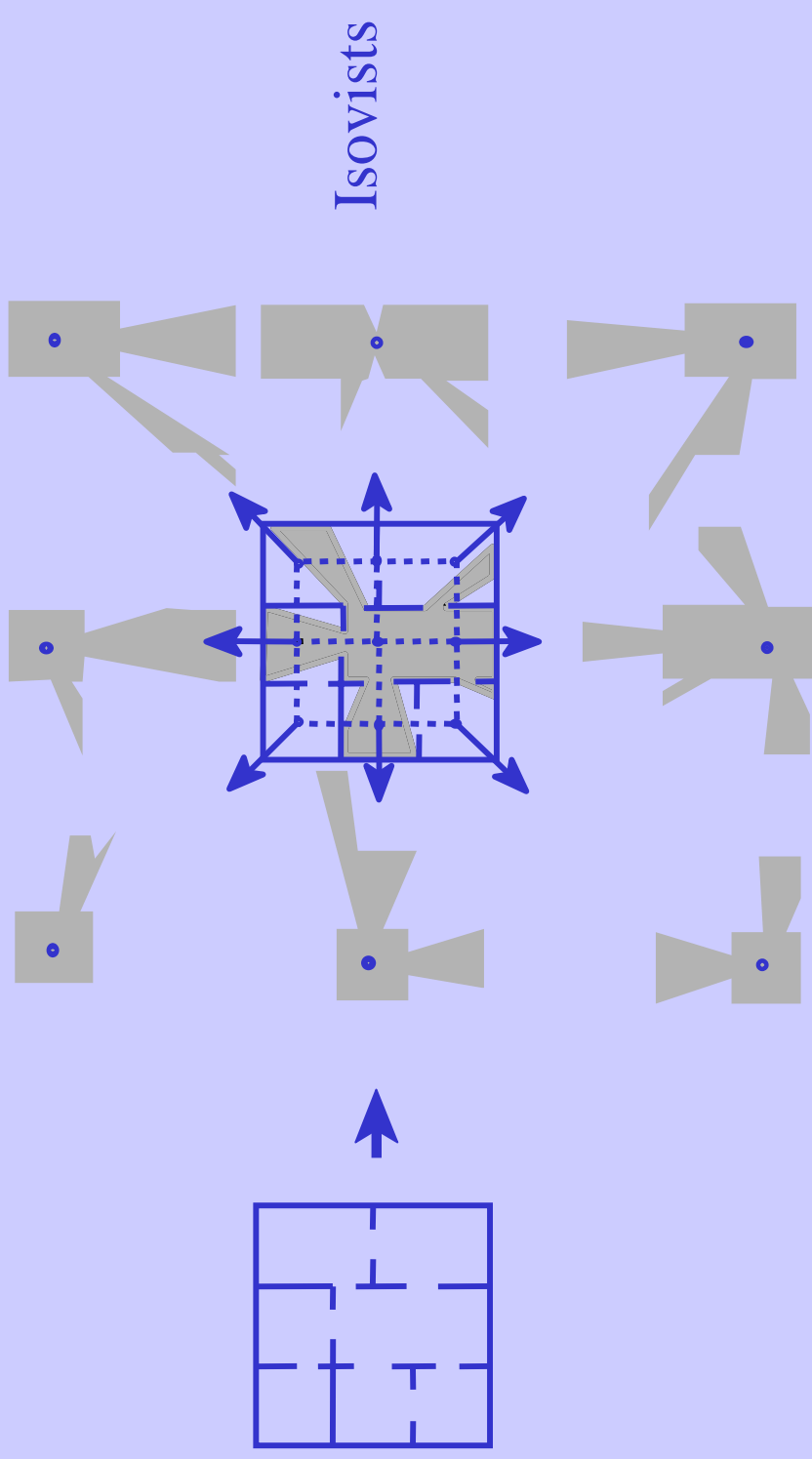
- Un espace construit et son graphe de connectivité





# Le construit

- Isovist – Zones homogènes du point de vue visuel



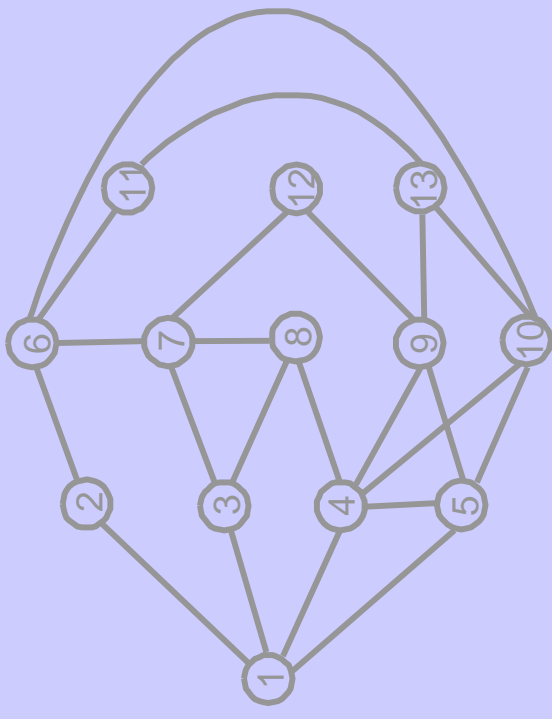
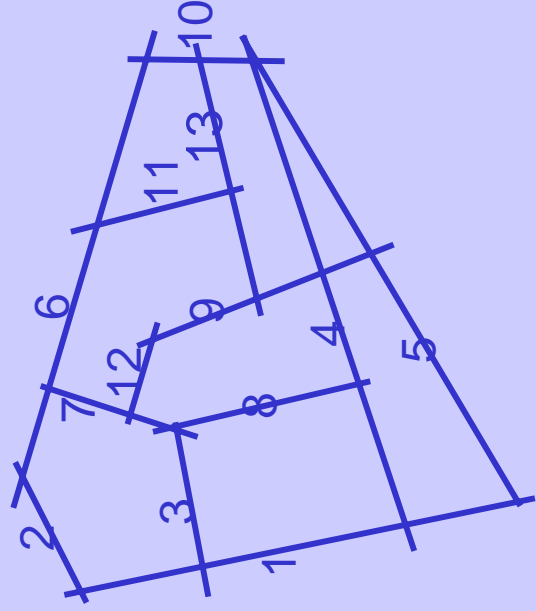
# L'urbain

- Une structure urbaine et sa décomposition axiale



# L'urbain

- Une structure axiale et son graphe de connectivité



# Syntaxe spatiale: mesures morphologiques

$$\mathcal{S}(a) = \sum_{i=1}^k i \times N_i$$

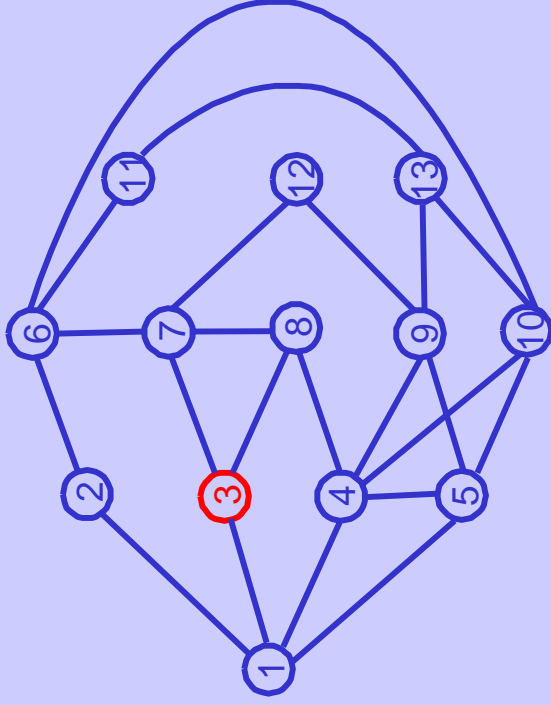
$$\mathcal{S}(a) = \begin{cases} \text{connectivity iff } i = 1 \\ \text{local integration iff } 2 \leq i \leq k - \delta \\ \text{global integration iff } i = k \end{cases}$$

$N_i$  est le nombre de plus courts chemins de distance  $i$  de  $a$

$k$  est le plus grand plus court chemin à partir de  $a$  dans le graphe

# Mesures morphologiques: exemple

- Graphe de connectivité



- Mesures locales pour le noeud 3

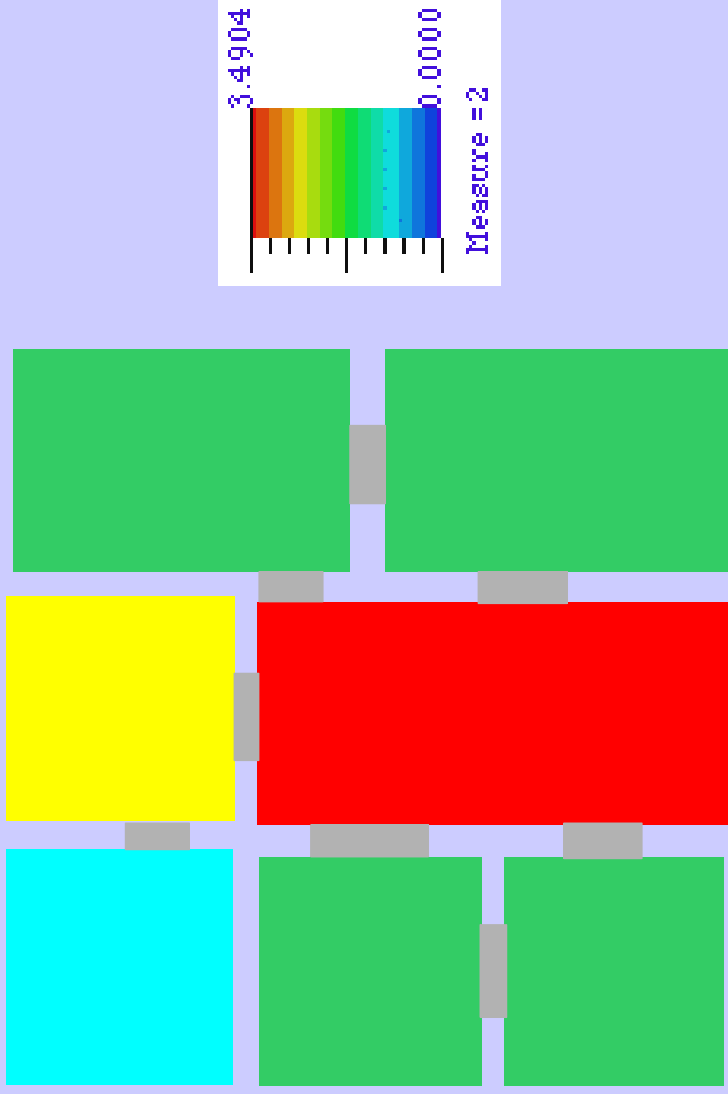
*connectivity* = 3 ( $i=1$ )

*local integration* = 11 ( $i=2$ )

*integration* = 30 ( $i=4$ )

# Le construit

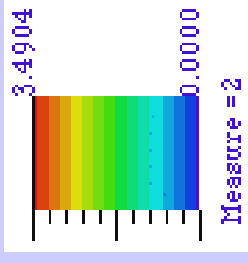
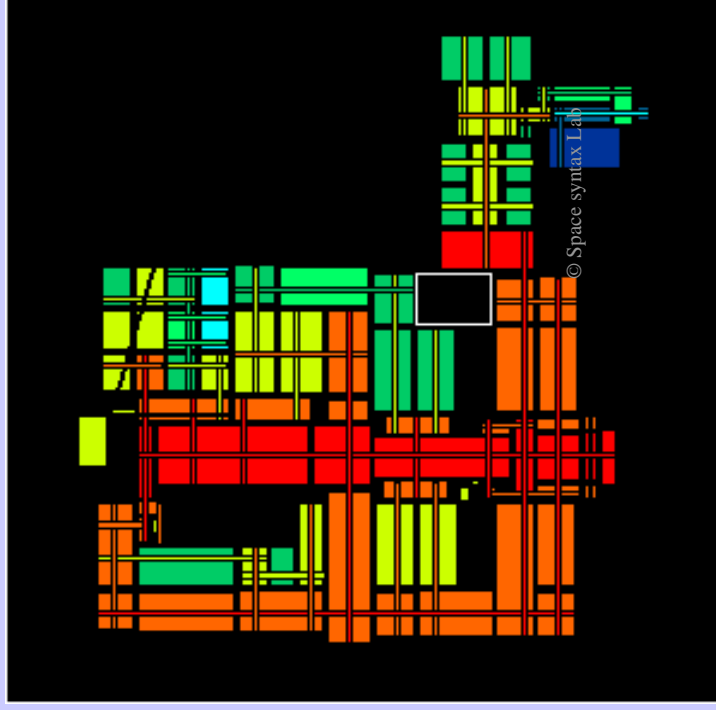
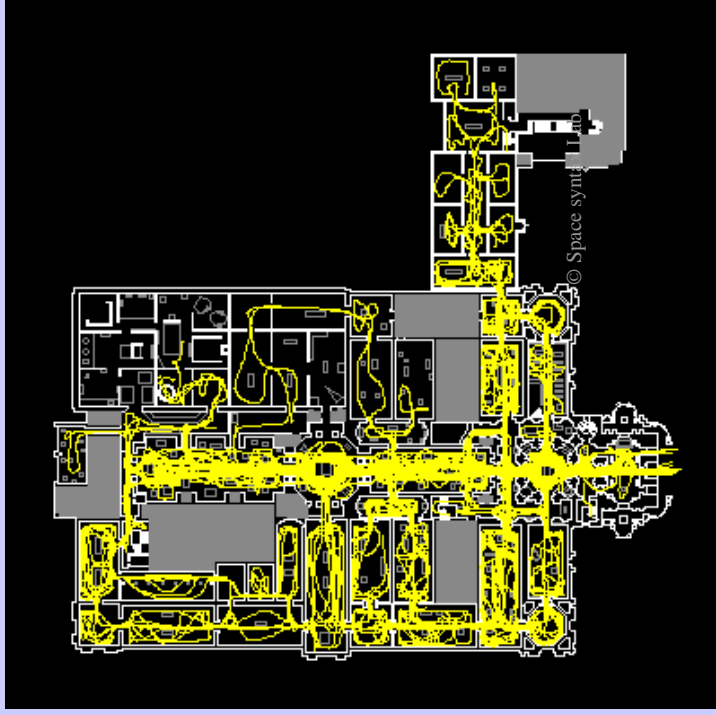
- Intégration locale





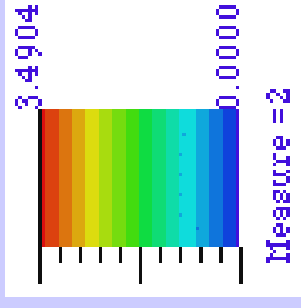
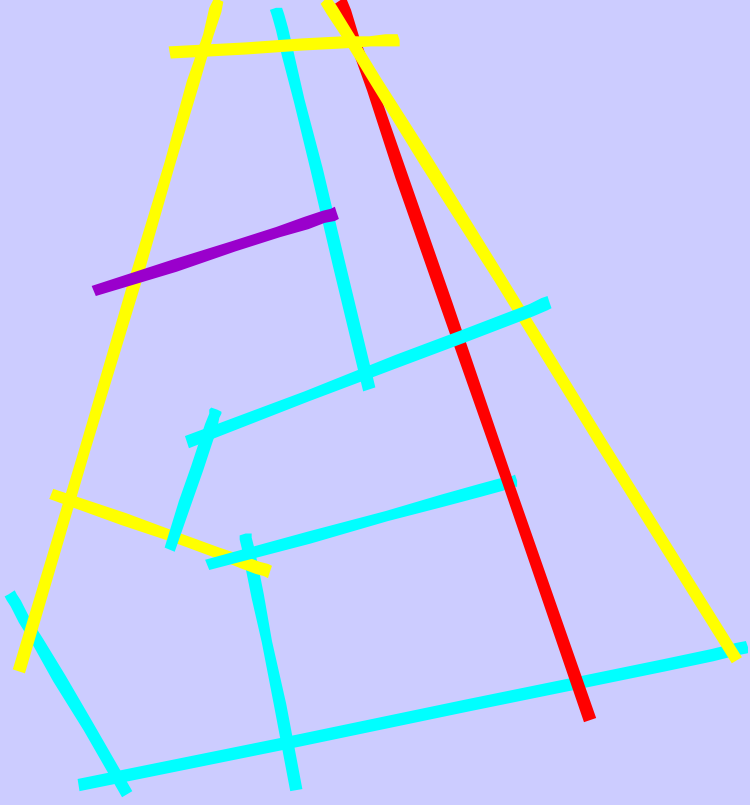
# Application au domaine du construit

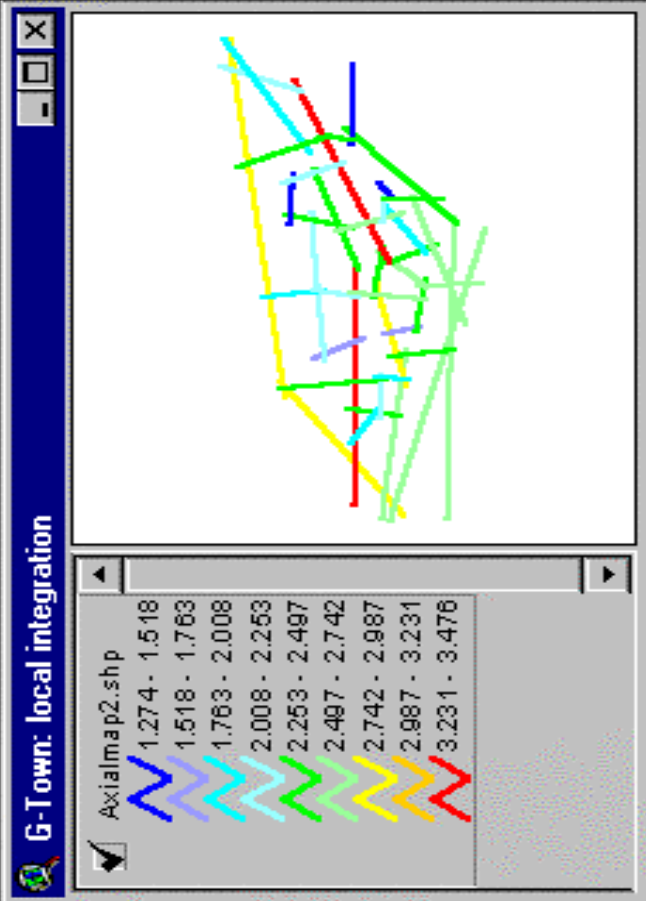
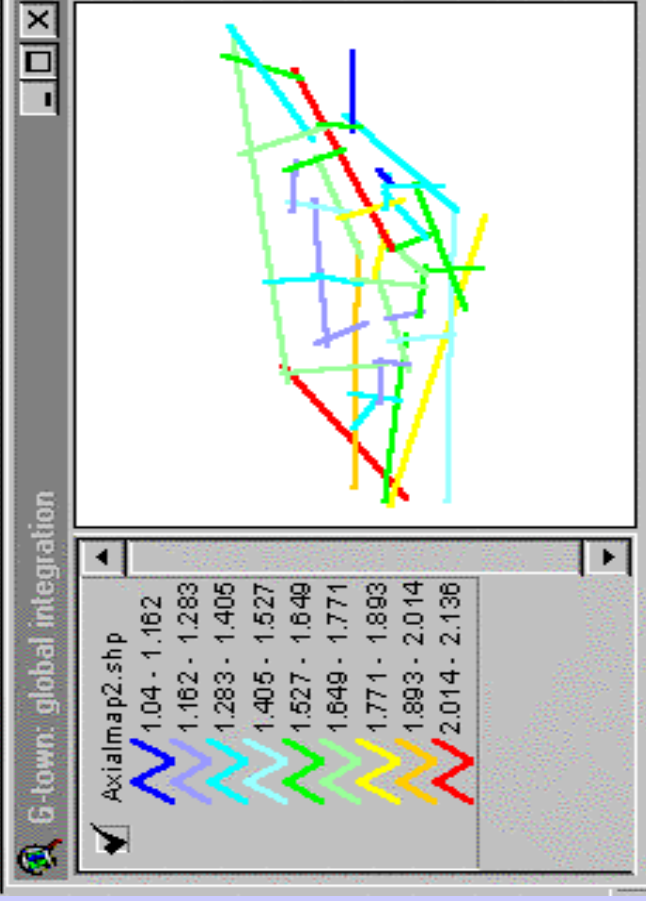
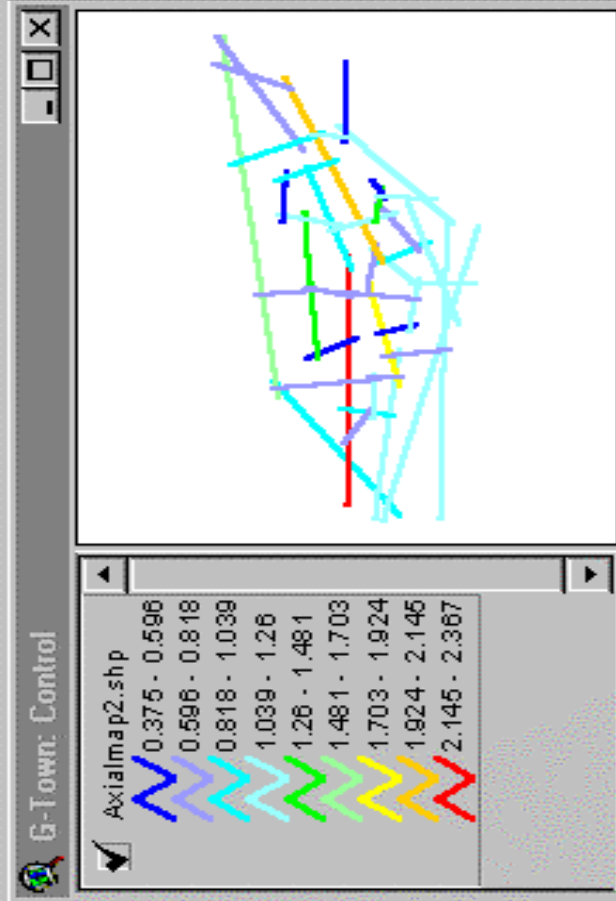
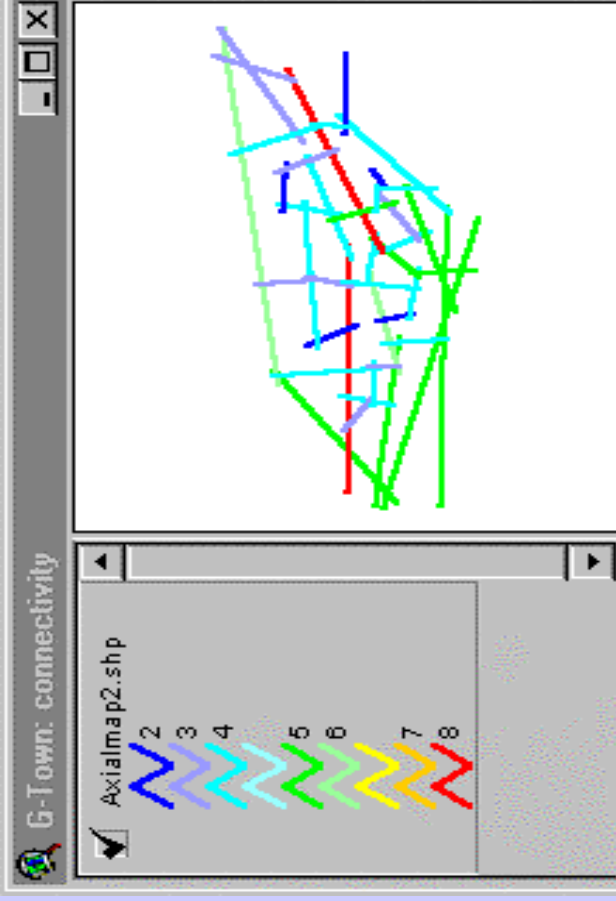
- Analyse des mouvements pédestres dans un musée



# L'urbain: graphe axial

- Intégration locale



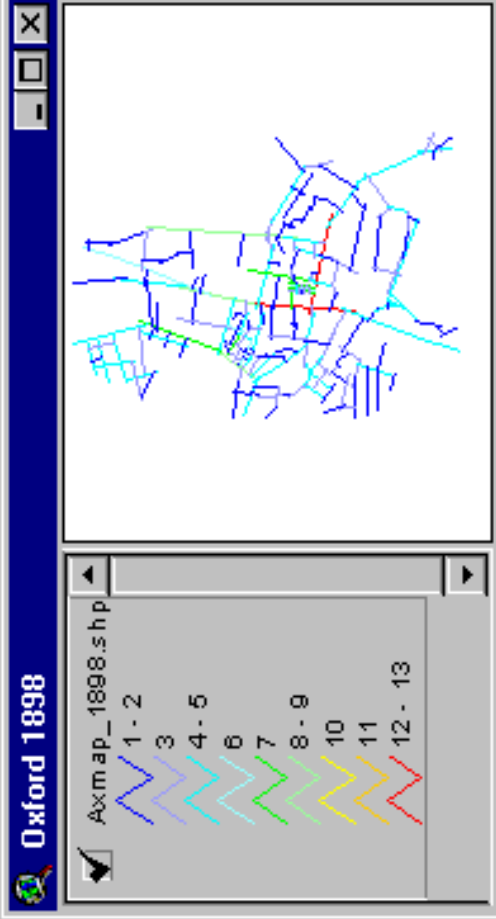




Scale 1:

Attributes of Axmap\_1898.shp

Shape	Index	Connectivity	Control	Integration	Total_Depth
PolyLine	1	13	4.30119	1.80116	786
PolyLine	2	8	2.27692	1.60778	856
PolyLine	3	12	3.14597	1.59070	863
PolyLine	4	5	1.17811	1.51924	894
PolyLine	5	3	0.36026	1.50614	900
PolyLine	6	3	0.40192	1.49114	907
PolyLine	7	4	1.41026	1.47644	914
PolyLine	8	3	0.66026	1.44589	929

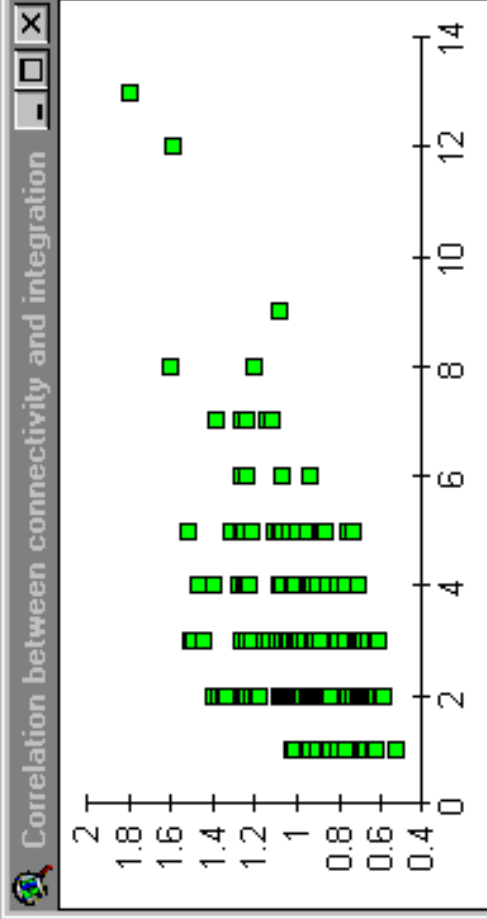


oxford.apr

New Open Add

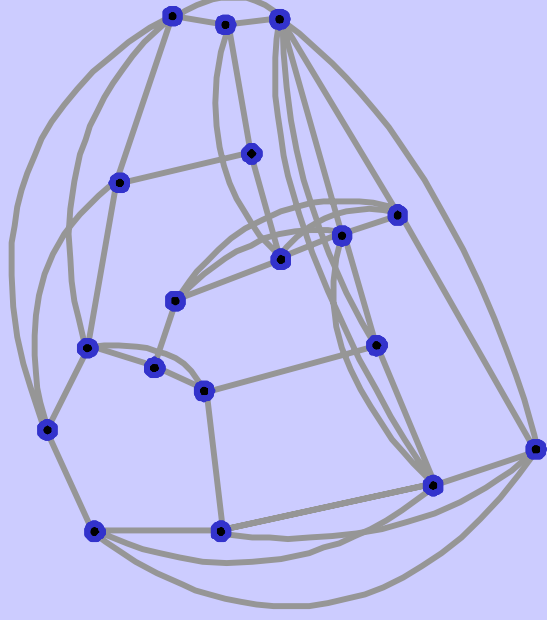
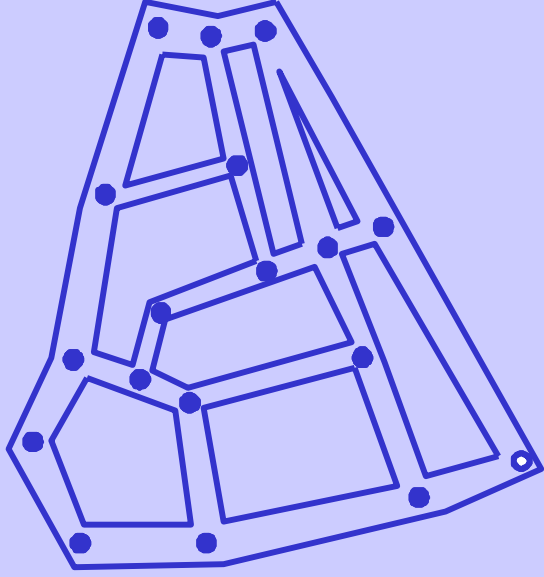
- Attributes of Axialmap.shp
- Attributes of Axmap\_17.shp
- Attributes of Axmap\_1898.shp**
- Attributes of Oxl3c.dxf
- Attributes of Oxl20c.dxf

Views Tables

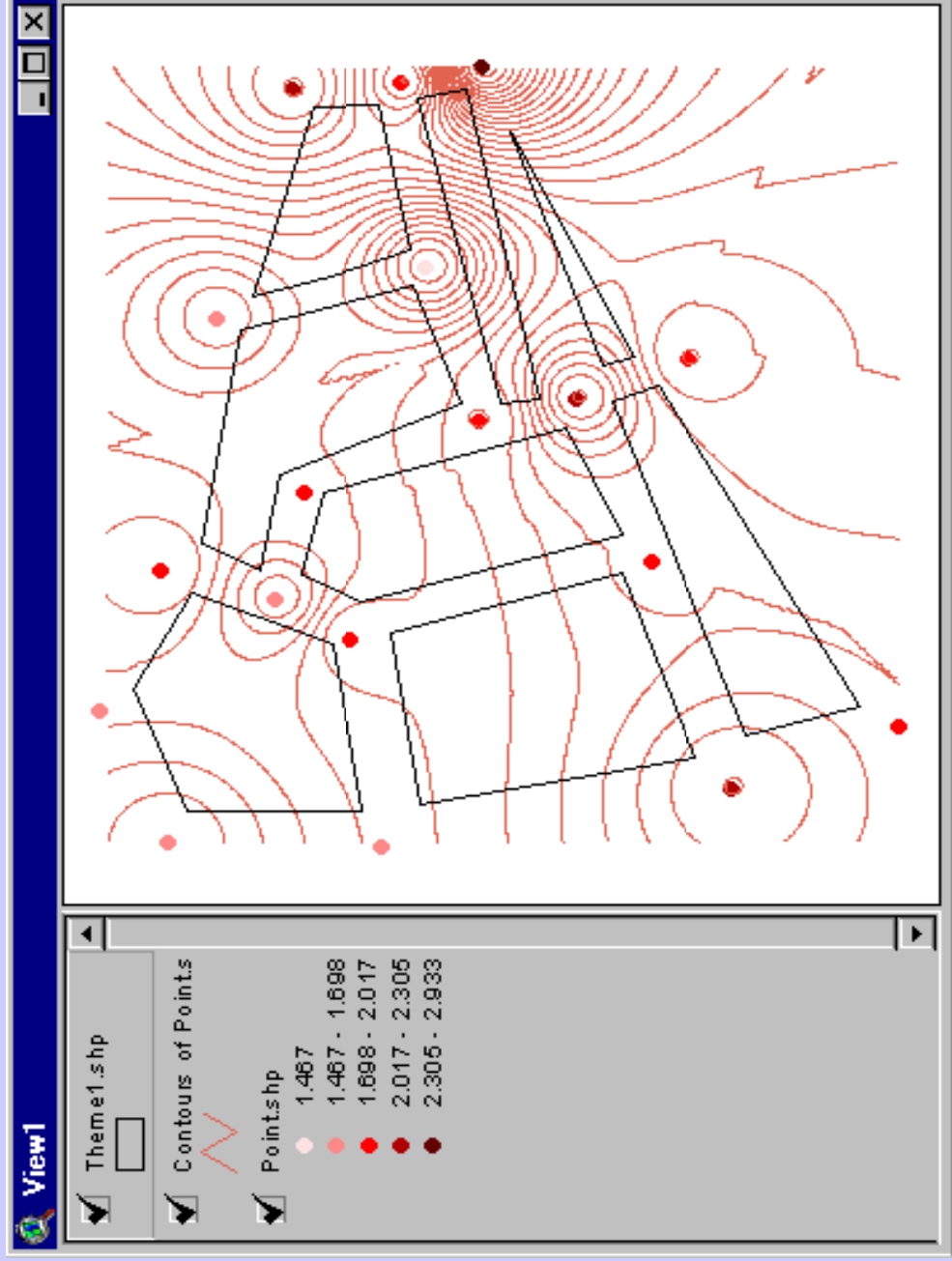


# L'urbain

- Intersections axiales et son graphe de connectivité basé sur des relations de visibilité



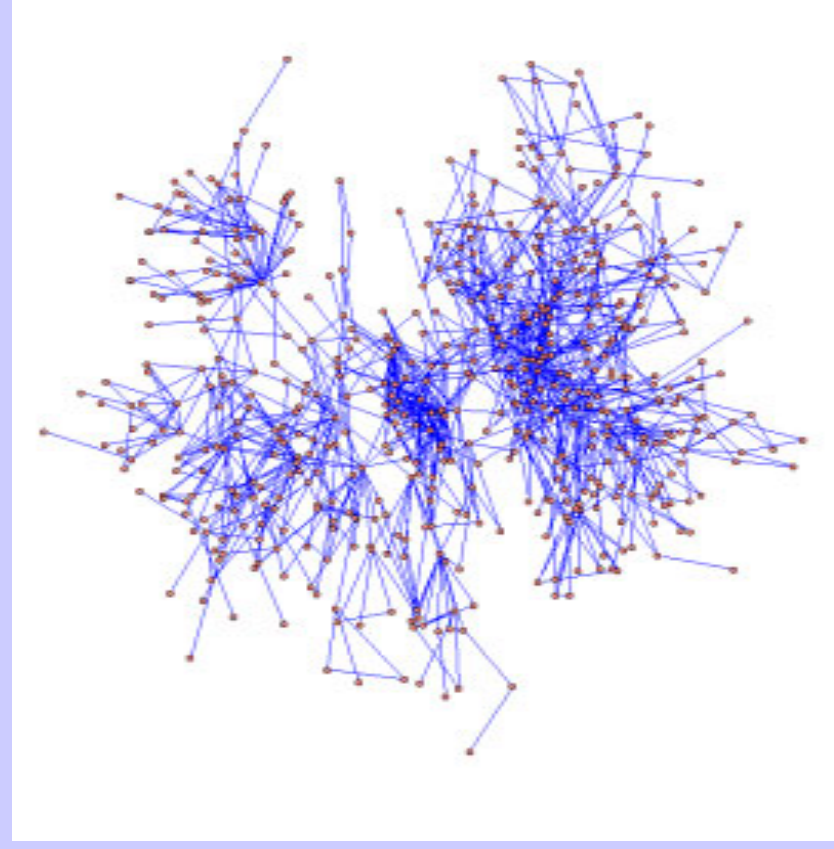
# L'urban: intersecciones axiales





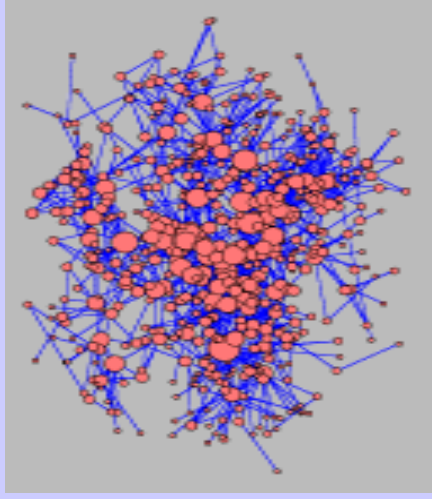
# Quelques exemples d'application

# Généralisation hiérarchique

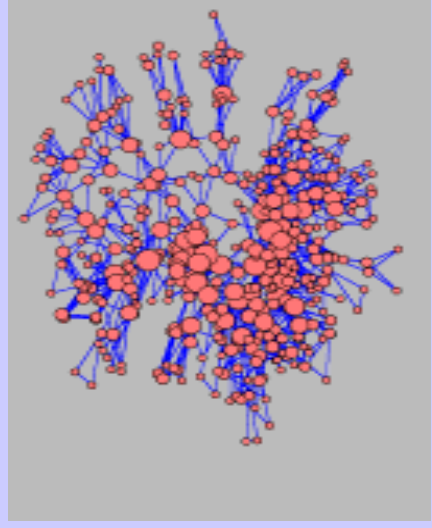


Sélection récursive selon les degrés de connectivité

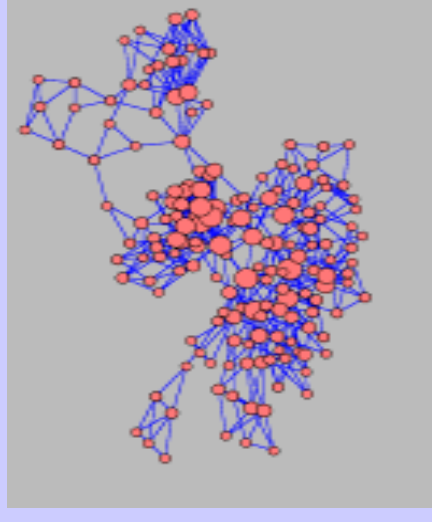
# Généralisation hiérarchique



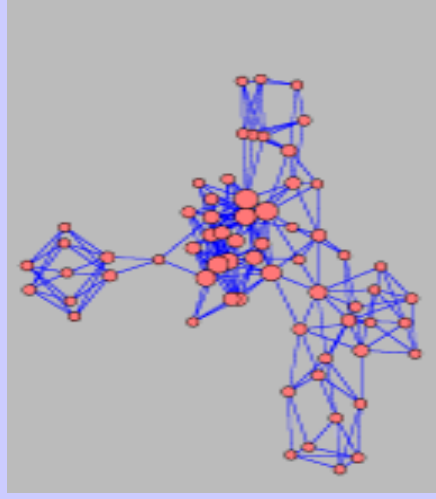
565 nodes



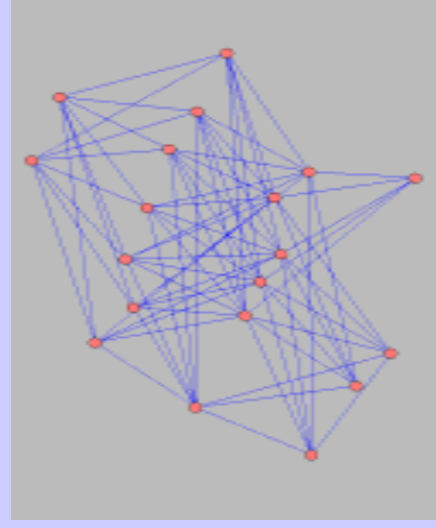
408 nodes



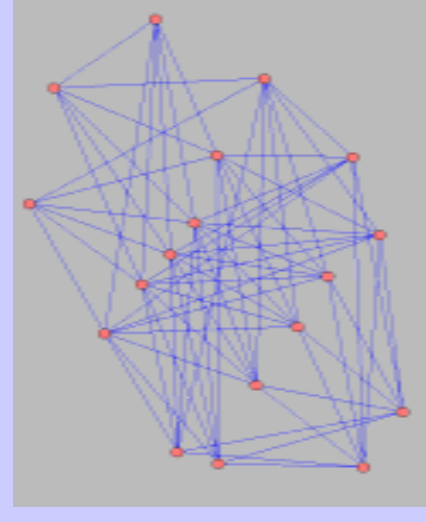
171 nodes



65 nodes



19 nodes

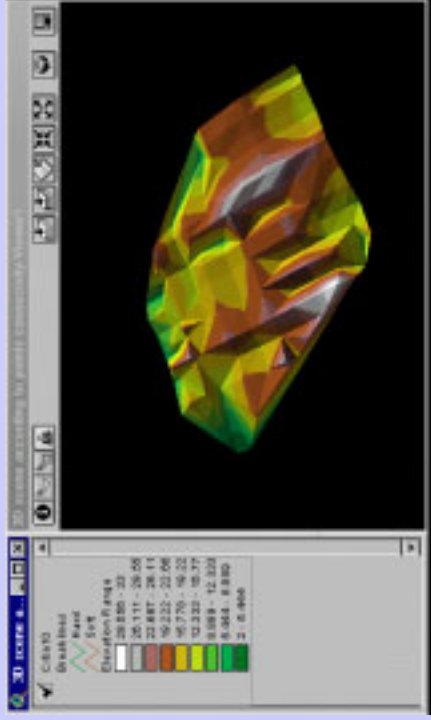


18 nodes

# Généralisation hiérarchique

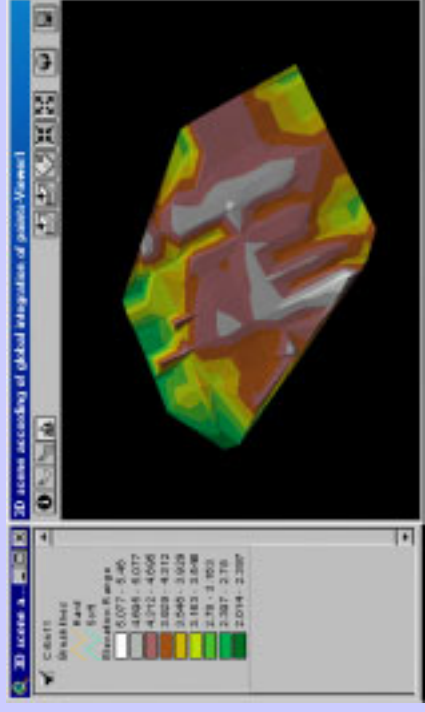


# Visualisation selon les approches axiales et intersections axiales



Points connectivity

Lines connectivity



Points global integration

Lines global integration

# Mesure locale: clustering coefficient

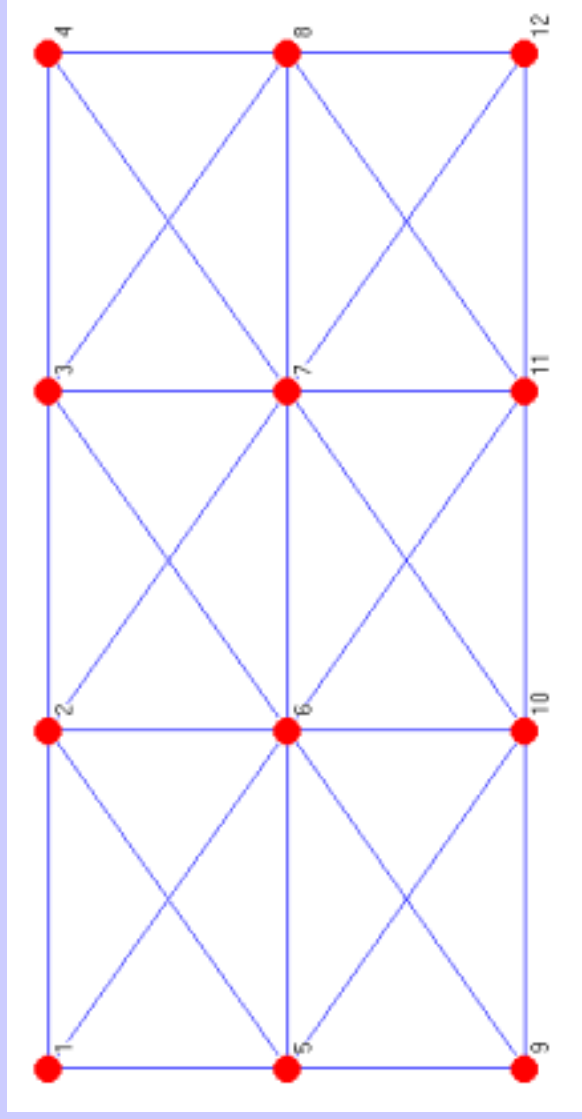
$$\text{Clustering coefficient } C(a) = \frac{2 \cdot l}{m(m-1)}$$

Où  $m$  est le *degré* de  $a$

$l$  le nombre d'arcs parmi les voisins immédiats de  $a$

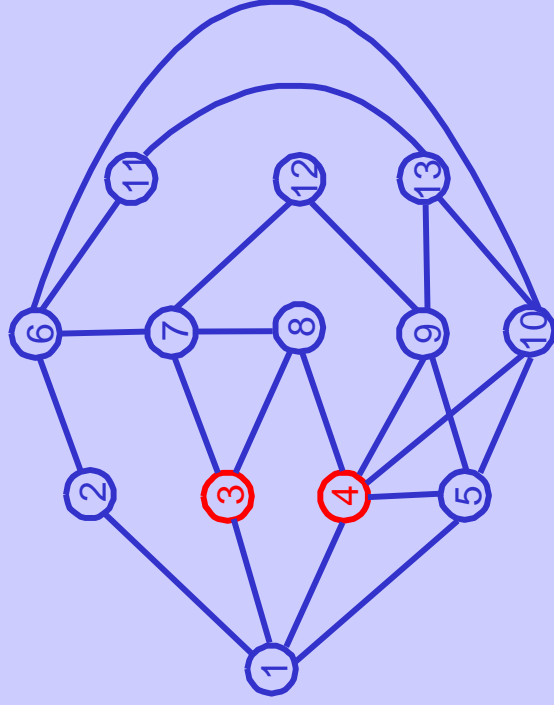
les valeurs de  $C(a)$  sont définies dans l'intervalle unité  $[0,1]$   
le plus proche de 1 la valeur du *clustering coefficient* pour un noeud, le plus "clusterisé" ce noeud est

# Clustering coefficient



Graphe très “clusterisé” (le coefficient de clustering moyen est de 0.705)

# Clustering coefficient: examples

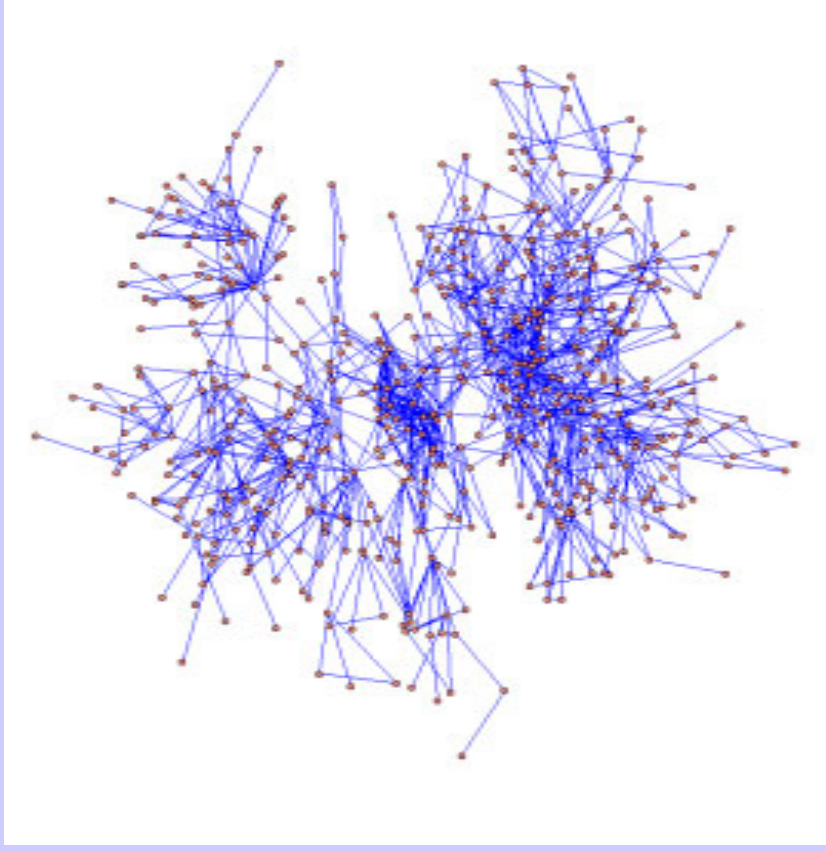


$$C(3) = \frac{2 \cdot 1}{3(3-1)} = 0.33$$

$$C(4) = \frac{2 \cdot 2}{5(5-1)} = 0.2$$



# Gävle: cas d'étude



# Gävle: Analyse structurelle

Street	m	L	C	Street	m	L	C
Sättrahöjden	23	1.58	0.00	Klasbärsvägen	2	3.04	1.00
Nyöstervägen	10	2.08	0.07	Moränvägen	2	2.52	0.00
Norrbågen	8	2.12	0.11	Pinnmovägen	2	2.52	0.00
Sadelvägen	4	2.44	0.00	Sicksackvägen	2	3.46	0.00
Pingeltorpsvägen	3	2.48	0.00	Skårängsvägen	2	2.48	0.00
Skogvaktarvägen	3	2.48	0.00	Smultronvägen	2	3.08	1.00
Ulvsätersvägen	3	2.9	0.33	Svalvägen	2	3.42	0.00
Vinbärsvägen	3	2.48	0.00	Tussilagovägen	2	2.52	0.00
Fältspatvägen	2	3.08	1.00	Bleckarvägen	1	3.46	0.00
Kaveldunsvägen	2	3.04	1.00	Blåbärsvägen	1	3.06	0.00

Connectivité  $m$  - distance  $L$  - clustering coefficient  $C$

# K- clustering coefficient

$$K\text{-clustering coefficient } C^{(k)}(a) = \frac{2 \cdot l^{(k)}}{m^{(k)}(m^{(k)} - 1)}$$

Où  $m^k$  est le *nombre de noeuds à une k distance de a (k-voisins)*

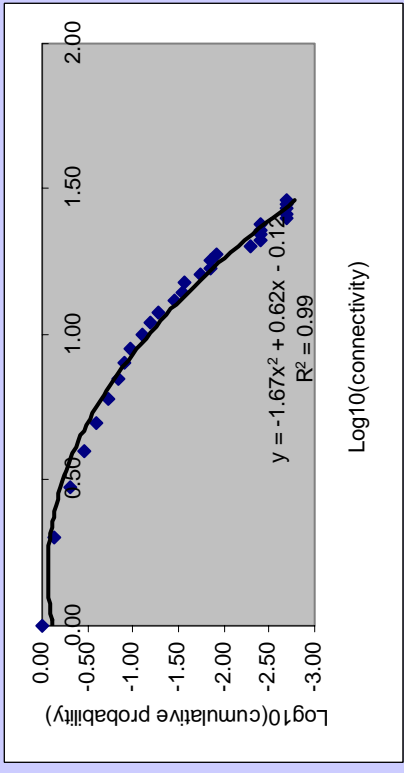
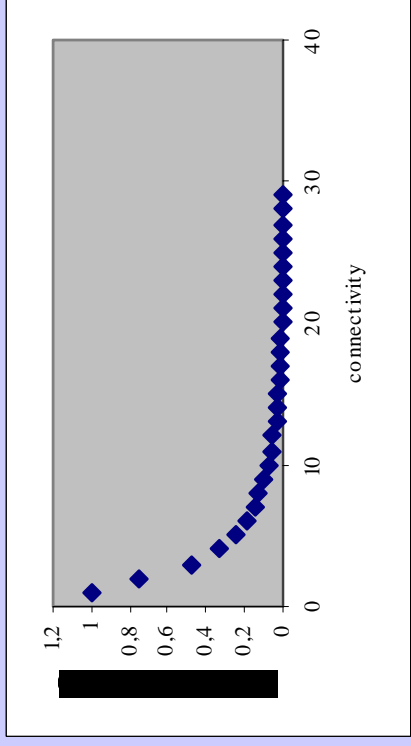
$l^k$  le nombre d'arcs parmi les k-voisins de  $a$

les valeurs de  $C(a)$  sont définies dans l'intervalle unité  $[0, 1]$  le plus proche de 1 la valeur du *k-clustering coefficient* pour un noeud, le plus "clusterisé" ce node est

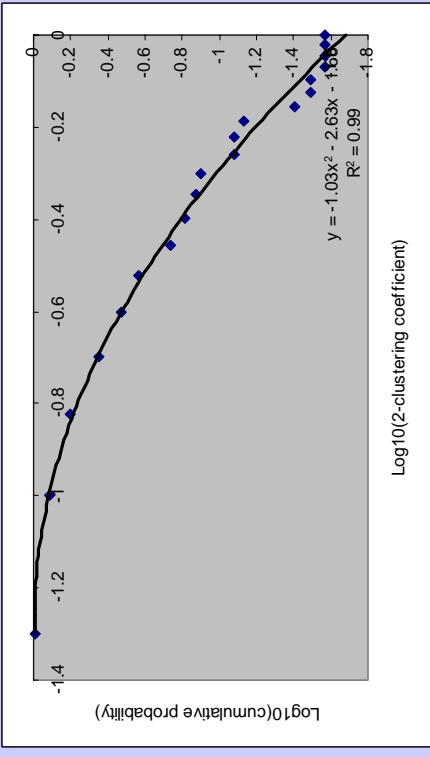
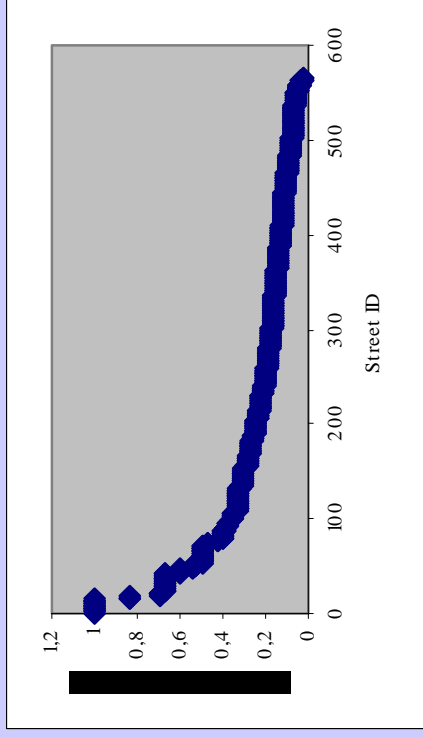
# K- clustering coefficient

Street	$C^{(1)}$	$C^{(2)}$	Street	$C^{(1)}$	$C^{(2)}$
Sätarahöjden	0.00	0.03	Klasbärsvägen	1.00	0.24
Nyöstervägen	0.07	0.05	Moränvägen	0.00	0.09
Norrbågen	0.11	0.05	Pinnmovägen	0.00	0.09
Sadelvägen	0.00	0.07	Sicksackvägen	0.00	0.67
Pingeltorpsvägen	0.00	0.08	Skårängsvägen	0.00	0.08
Skogvaktarvägen	0.00	0.08	Smultronvägen	1.00	0.32
Ulvsätersvägen	0.33	0.14	Svalvägen	0.00	0.33
Vinbärsvägen	0.00	0.08	Tussilagovägen	0.00	0.08
Fältspatvägen	1.00	0.32	Bleckarvägen	0.00	0.67
Kaveldunsvägen	1.00	0.24	Blåbärsvägen	0.00	0.27

# Gävle: distribution des connectivités

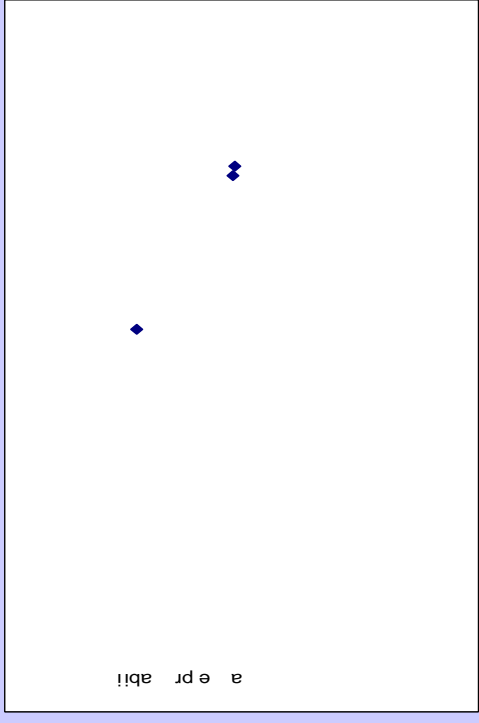
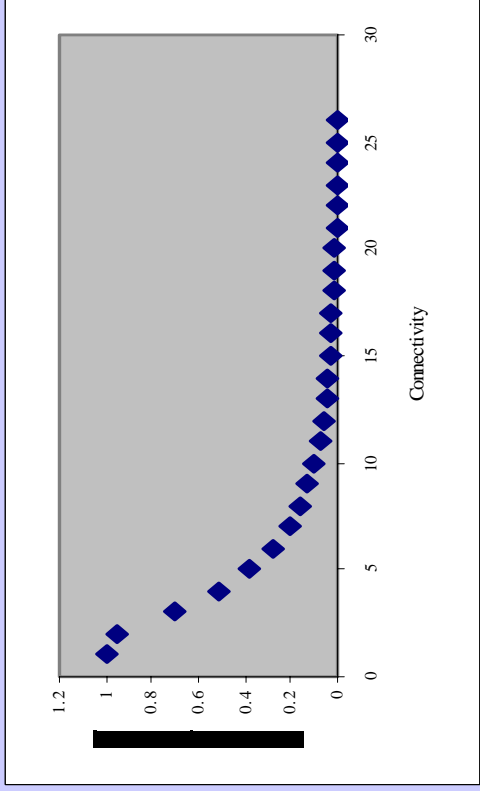


## Connectivity

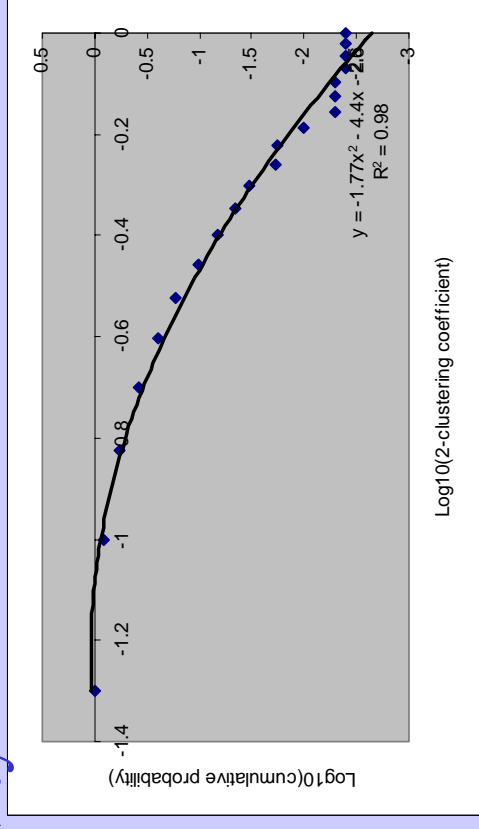
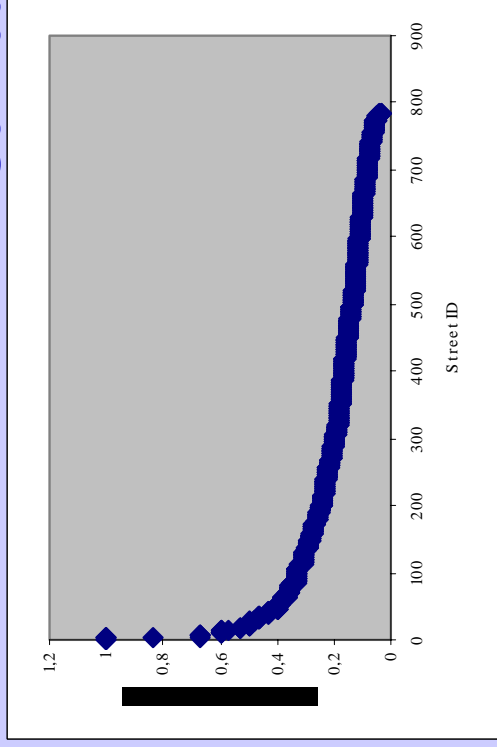


## 2-Clustering coefficient

# Munich: distribution des connectivités

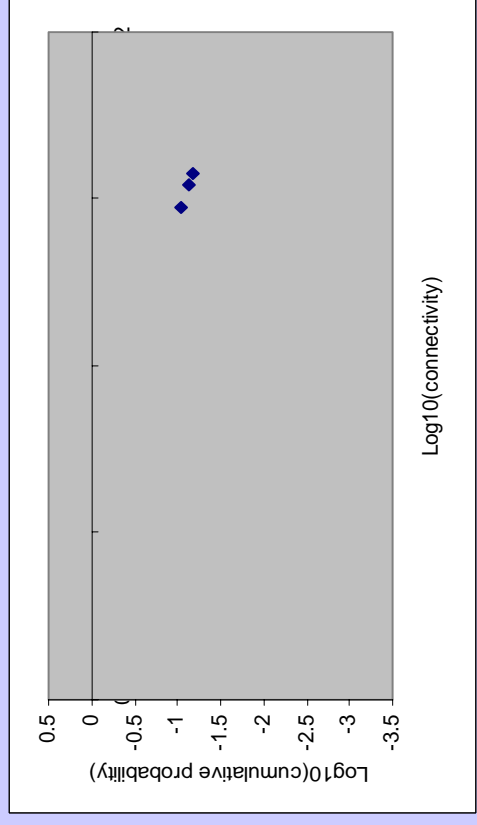
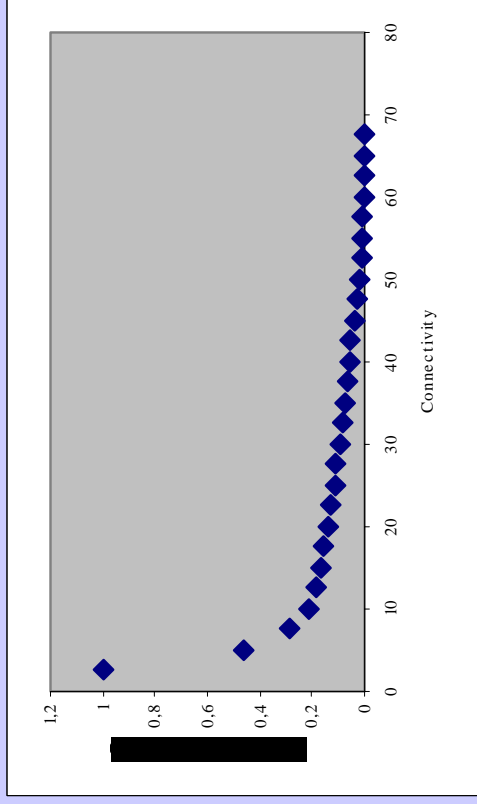


## Connectivity

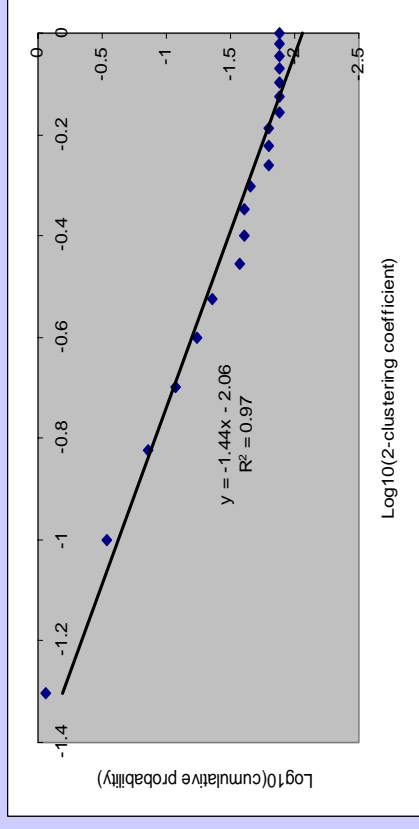
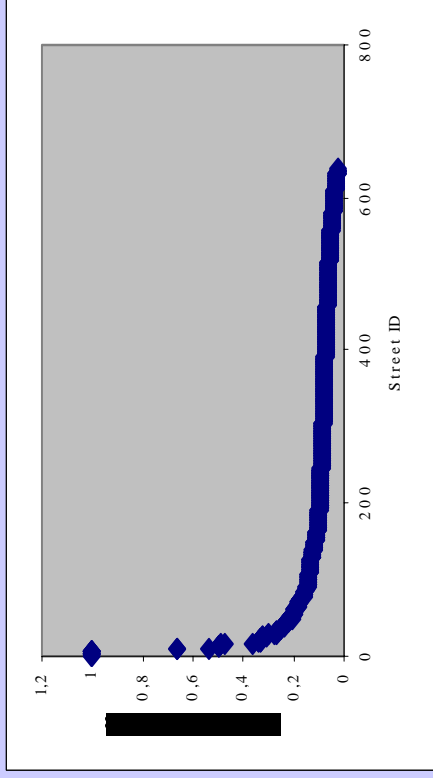


## 2-Clustering coefficient

# San Francisco: distribution des connectivités



## Connectivity



## 2-Clustering coefficient

# Small-worlds – petits mondes ?

---

- Critères
  - Degré de clustering élevé
  - Faible distance de séparation
- Incidence sur la structure, intérêt notamment pour des applications de localisation, de planification en transport



# Small worlds – petits mondes?

	<i>streets</i>	$\bar{m}$	$L_{actual}$	$L_{random}$	$C_{actual}^{(1)}$	$C_{random}^{(1)}$
Gävle	565	4.00	6.048	4.785	0.188	0.007
Munich	785	4.76	6.319	4.271	0.215	0.006
San Francisco	637	7.5	3.520	3.229	0.142	0.012

$$\text{Avec } L_{random} = \frac{\ln(n)}{\ln(k)} \text{ and } C_{random} = \frac{k}{n}$$

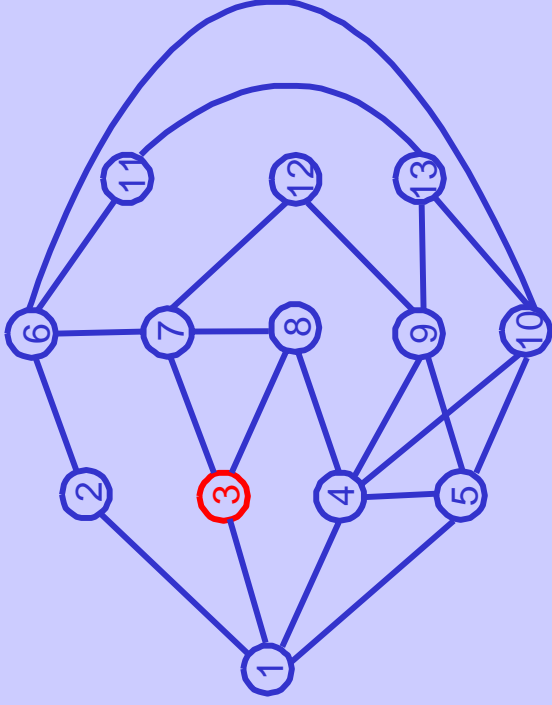
Où  $n$  est le nombre de noeuds du graphe,  $k$  le degré moyen du graphe

# Syntaxe spatiale: mesures globales

$$\text{Connectivity centrality } C_c(a) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{aj}$$

Où  $d_{aj}$  est la longueur du plus court chemin entre les noeuds  $a$  et  $j$

# Closeness centrality: exemple



$$C_c(3) = \frac{1}{3(1) + 5(2) + 3(3) + 4} = 0.038$$

# Syntaxe spatiale: mesures globales

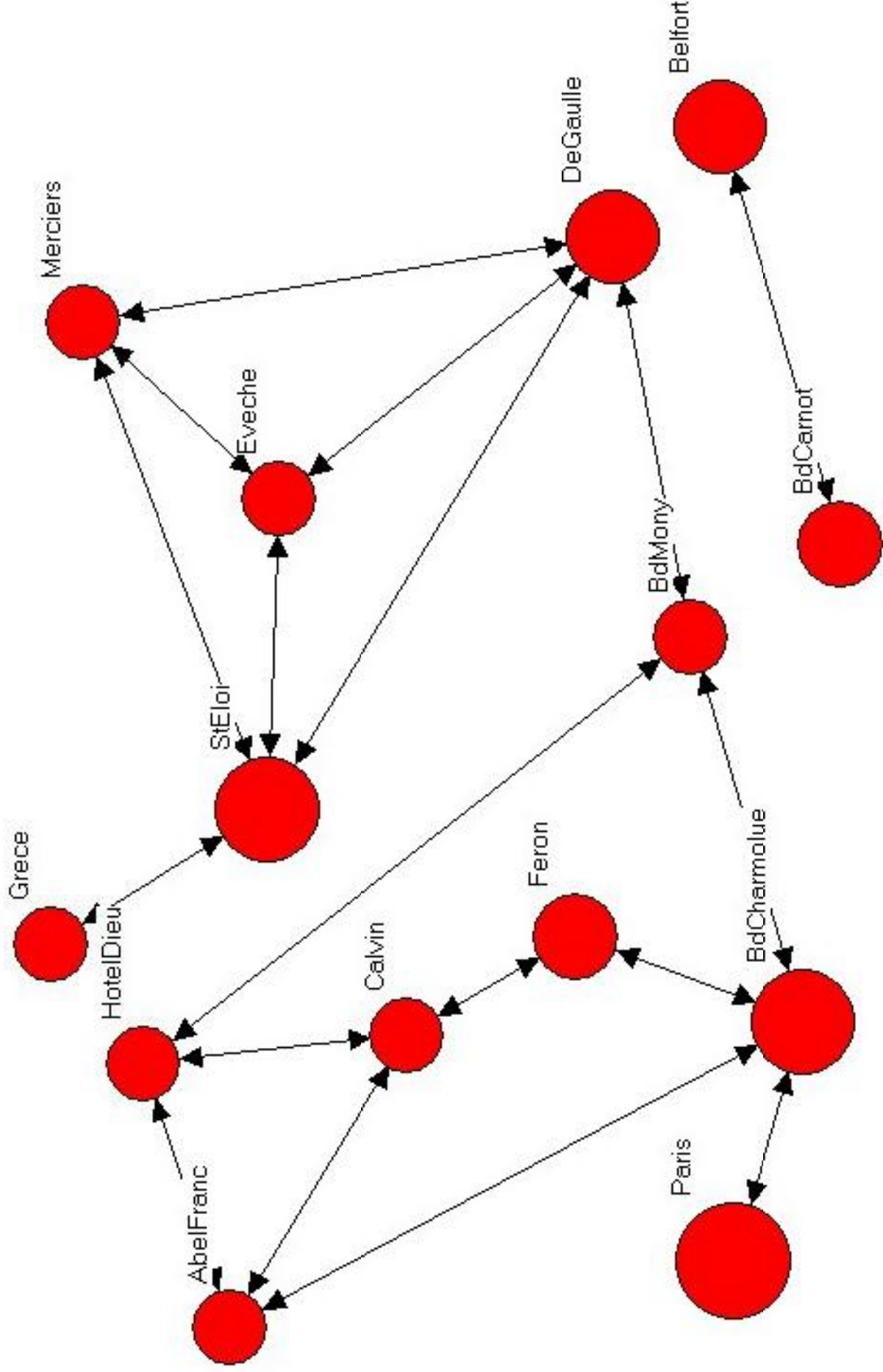
$$\textit{Betweenness centrality } C_b(c) = \sum_{a \neq b \neq c} \frac{\sigma_{ab}(c)}{\sigma_{ab}}$$

Où  $\sigma_{ab}$  est le nombre de plus courts chemins entre les noeuds  $a$  et  $b$

$\sigma_{ab}(c)$  le nombre de plus courts chemins entre les noeuds  $a$  to  $b$  qui passent par le noeud  $c$

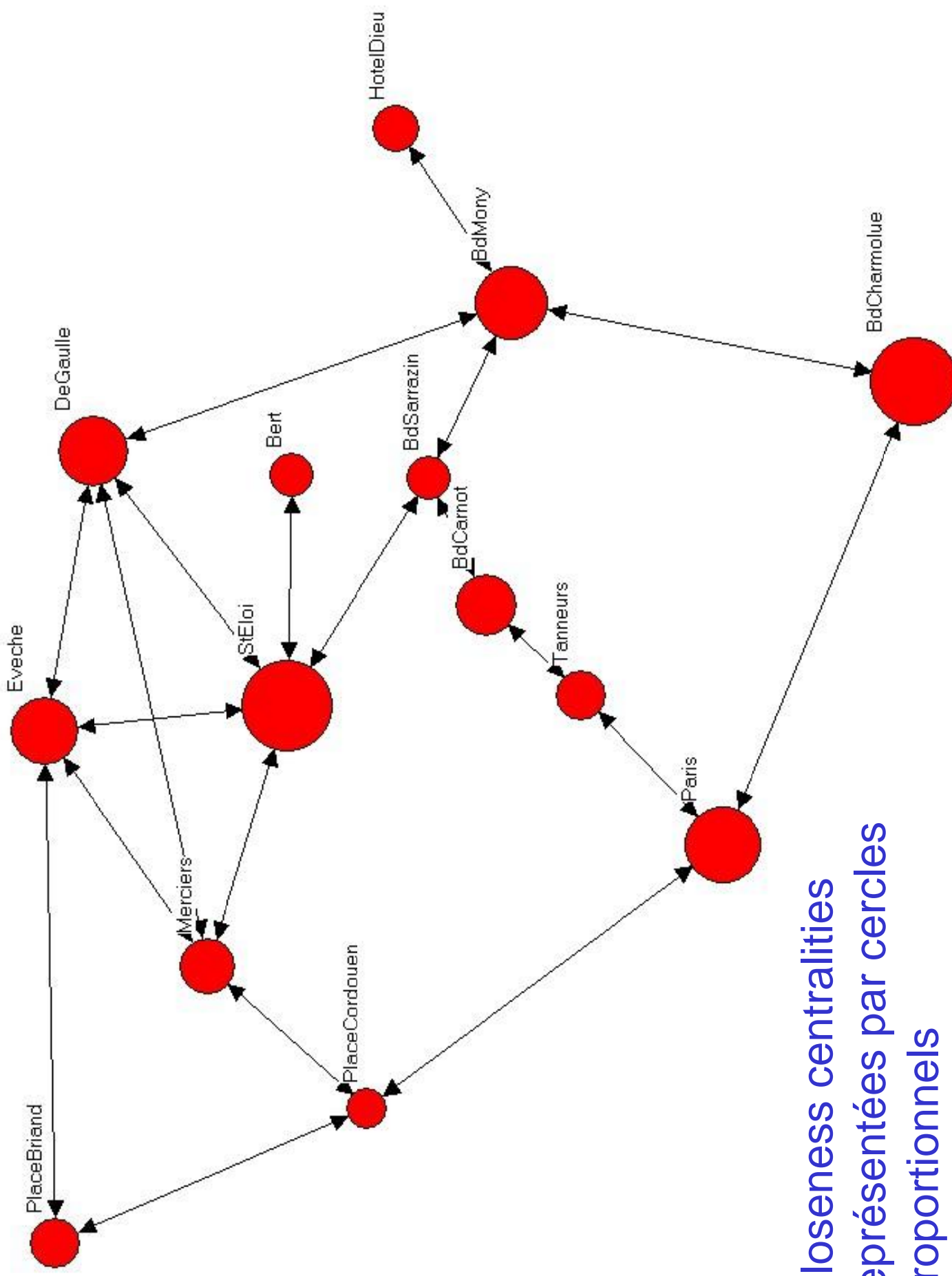






Degrés représentés par cercles proportionnels

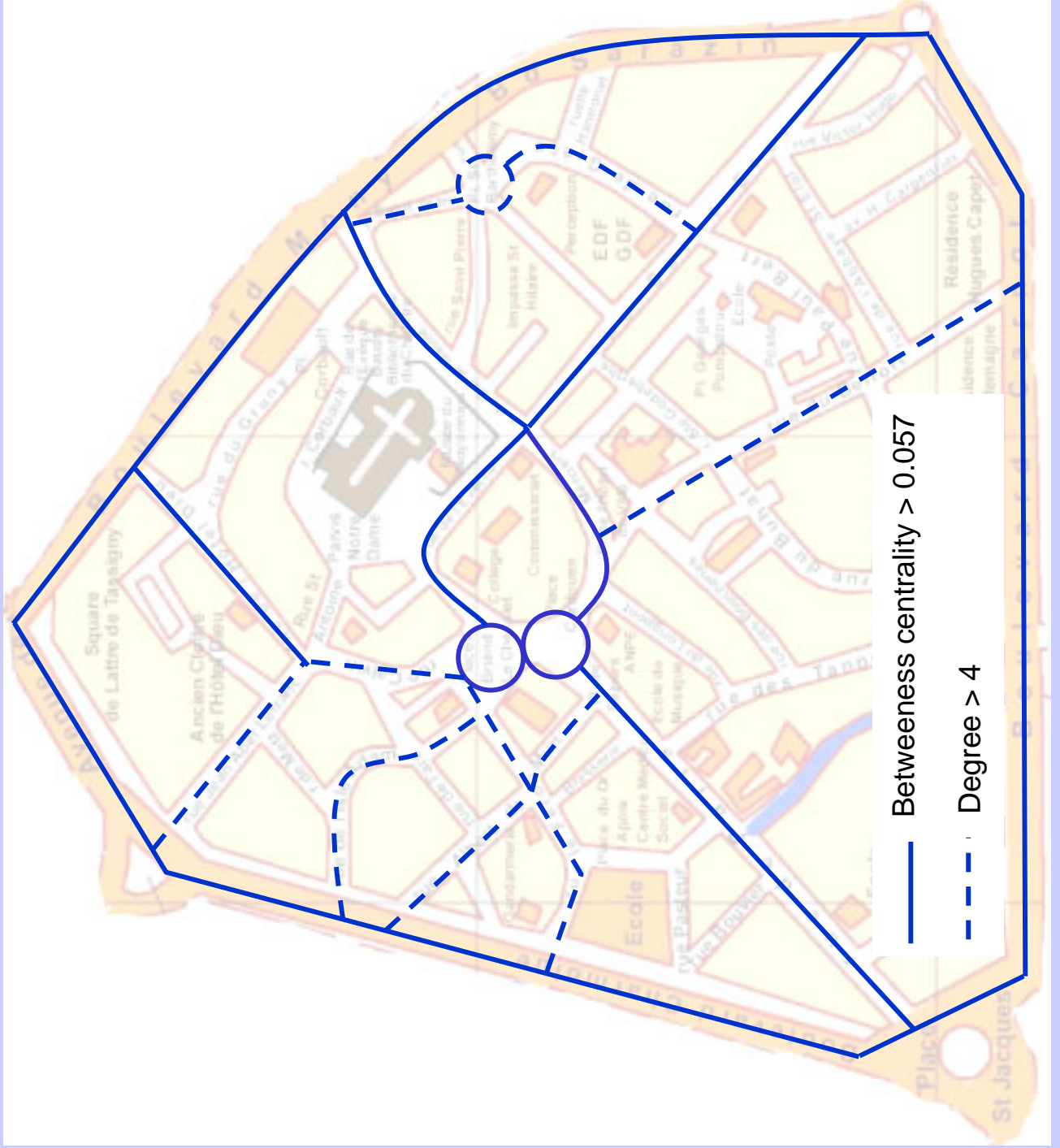




Closeness centralities  
représentées par cercles  
proportionnels







# Analyse structurelle d'un centre urbain

---

- Complémentarité des mesures locales et globales
- Pertinence validée pour l'analyse de structures urbaines d'une certaine forme
- Complémentarités importantes avec différents domaines d'application

# Conclusions

- Plusieurs visions et représentations de l'espace géographique sont possibles
- La syntaxe spatiale, et plus généralement la vision réseau de l'espace et sa composante relationnelle, permettent une vision structurelle et fonctionnelle de l'urbain
- Il reste à intégrer cette approche, ces mesures au sein des Systèmes d'Information Géographiques

# Quelques perspectives... ou besoins

- Intégration réciproque des principes et des résultats de la syntaxe spatiale et des sciences de la manipulation des graphes
- Exploration des relations entre la structure et la fonction
- Expérimentation de nouvelles formes d'analyse structurelle et de nouveaux vecteurs d'application

# Quelques références

- Hillier B. And Hanson J. (1984), *The social logic of space*, Cambridge University Press.
- Hillier B. (1997), *Space is the machine: a configurational theory of architecture*, Cambridge University Press.
- Batty, M. (2004) *A new theory of space syntax*. Working Paper 75, Centre for Advanced Spatial Analysis, UCL, London
- Béra, R. et C. Claramunt, 2004, Can the relative adjacency contribute to space syntax in the search for a structural logic of the city, *Proceedings of the International GI Science Conference*, M. J. Egenhofer, C. Freksa et H. Miller (eds.), Springer-Verlag, LNCS, Washington, Octobre
- Jiang, B. et Claramunt, C., 2004, A structural approach to the model generalisation of an urban street network, *Geoinformatica*, 8(2), 151-171
- Jiang, B. et Claramunt, C., 2004, Topological analysis of urban street networks, *Environmental Planning B*, vol. 31, pp. 151-162
- Jiang, B., Claramunt, C. et M. Batty, 1999, Geometric accessibility and geographic information: extending desktop GIS to space syntax, *Computer Environment and Urban Systems*, Elsevier Science (Pub.), 23 (2), pp. 127-146
- Jiang, B., Claramunt, C. et Klarqvist, B., 1999, Integration of space syntax into GIS for modelling urban spaces, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, ITC, 2(3/4), pp. 161-171

“I know that space syntax techniques work from the tough environment of practice. I love the world of analysis, observation, of research, but also passion, imprecision, the hunch. Space Syntax is the testing of the interaction of these opposing worlds.”

Norman Foster