

# CONTRIBUTION THÉORIQUE À LA MESURE DE L'HOMOGENÉITÉ DES TISSUS URBAINS

Mindjid MAÏZIA

UMR 7543

Laboratoire Théorie des mutations urbaines

Université de Paris I

## Résumé

*L'étude s'intéresse à la ville du point de vue du bâti, de sa forme tant planimétrique que volumétrique, de la configuration de son emprise sur le sol, du parcellaire, de l'architecture, etc. Il s'agit de quantifier l'homogénéité morphologique interne qui caractérise tout tissu urbain. La méthode d'analyse proposée s'applique à décomposer la ville en systèmes d'éléments sémantiquement identifiés. L'ensemble de ces systèmes est appelé méta-système et correspond à l'ensemble des couvertures d'un SIG. A travers deux indicateurs, l'écart morphologique et le taux d'irrégularité (différentiel), il est possible de mesurer combien une morphologie est régulière.*

## Abstract

*The paper presents in a theoretical way a method using models which attempts to quantify the architectural and the urban homogeneity. The models exposed are two indexes named morphological deviation and rate of irregularity. Those indexes lead to a definition of urban fabric as a meta-system. Form is defined as the combination between shape and relative position. The shape is obtained by the discretisation of the objects' outline and its relative position is determined by a Delaunay's triangulation.*

Cet article va tenter de présenter de manière assez théorique un mode de mesure de la régularité morphologique caractérisant tout ensemble urbain. La nécessité d'élaborer une méthode originale découle du constat assez négatif porté sur les instruments d'analyse dont disposent les acteurs et les chercheurs penchés sur des problématiques de la forme urbaine. Ce constat reconnaît une insuffisance en instruments rigoureux dans les études de morphologie urbaine traditionnelle.

Les définitions faisant l'objet d'un consensus sont rares et leur absence rend difficile la constitution d'une discipline autour des problématiques morphologiques. Cet article pose les bases théoriques pour la définition d'un caractère important en analyse urbaine (la régularité ou l'homogénéité) car, plus que d'autres, celui-ci constitue un des objectifs à atteindre par les règlements d'urbanisme. Il se présente comme une contribution à la création d'un consensus terminologique à travers un langage fortement formalisé.

## 1. Un modèle théorique

Dans le cadre précis des modèles morphologiques, nous savons que la recherche oscille entre deux grands types d'approche. D'une part, elle penche vers la tradition de la typo-morphologie qui, parce que vectorielle, pose le problème de la décomposition (et de la décomposabilité) de la forme urbaine [1] (analyse factorielle, logiciel REMUS, système expert de type SYSTEX). D'autre part, elle s'oriente vers une approche redéfinissant la forme urbaine comme un continuum qui, malgré son efficacité à l'échelle géographique ou architecturale (analyse MORGEX, analyse fractale), est trop aveugle pour être efficace à la méso-échelle de l'urbain.

Nous savons également qu'il existe plusieurs manières de construire un modèle et que dans la recherche urbanistique, ce sont les modèles empiriques qui sont le plus fréquemment employés. Comme leur

nom l'indique, ces modèles sont construits *a posteriori*, après l'observation d'un phénomène suffisamment répété pour faire l'objet d'une généralisation, les différentes composantes du modèle étant obtenues grâce à une succession d'ajustements permettant de faire correspondre les résultats avec les données de la réalité.

Une démarche inverse à l'approche empirique existe, même si elle demeure assez marginale en sciences urbaines, et vient compenser une éventuelle carence en données. Les modèles *a priori* ou théoriques décrivent les phénomènes en se basant sur le raisonnement ou l'intuition. Ils sont ensuite confrontés à l'expérience ou à quelques mesures afin d'être affinés ou invalidés<sup>1</sup>.

Mais les modèles peuvent également être conçus comme des modes d'évaluation de référence et avoir ainsi une fonction normative. Par exemple, ils peuvent donner naissance à une échelle de mesure, à un système de références en fixant les conditions de mesure, à des indicateurs, et/ou à un domaine d'applicabilité.

Dans les lignes qui vont suivre, nous parlerons de ce dernier type. Ce seront les propriétés mathématiques qui fixeront les règles d'appréciation de la régularité morphologique ; aucune vérification empirique, à la manière d'une vérification expérimentale, ne viendra valider ou invalider les assertions contenues dans la formulation des descripteurs (même si cela est sans aucun doute tout à fait réalisable). On parlera d'appréciation de la régularité comme appréciation naturelle car la formulation des indicateurs sera une fonction néperienne (ou fonction naturelle), et non pas parce que cette appréciation aura un quelconque lien avec le concept d'organicité.

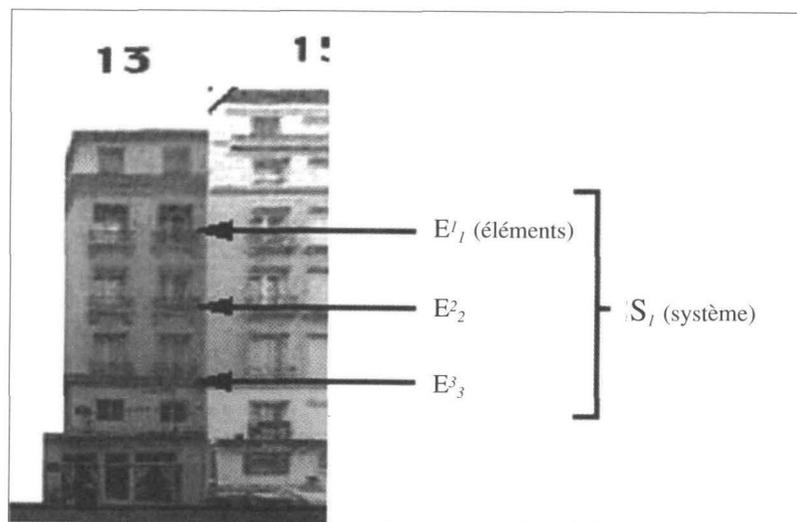


Figure 1

## 2. La morphologie d'un élément

Qu'est-ce que la morphologie d'un objet architectural, qu'est-ce que la forme urbaine ? Chacun sait combien cette question est délicate et combien elle conduit à polémiquer avec des auteurs vers lesquels nous préférons renvoyer le lecteur<sup>2</sup>. Afin d'alimenter notre argumentation, nous nous contenterons de proposer une définition extrêmement simple.

La morphologie d'un objet se distingue de ses autres dimensions (forme<sup>3</sup>, taille, couleur, matériau, position relative). Elle en est l'expression synthétique. Il est inutile de préciser ici qu'elle néglige volontairement, dans l'acception que nous lui donnons, toutes les dimensions autres que physiques, que celles-ci soient quantifiables (économique, etc.) ou non (symbolique, etc.).

La morphologie se définit ainsi comme l'ensemble des coordonnées des points constituant le contour surfacique d'un élément (l'enveloppe). Cette définition suppose que l'objet est considéré comme matériellement continu (un objet fragmenté est assimilé à un groupe d'objets tant que ces derniers ne sont pas agrégés selon une procédure spécifique) et fini (les objets fractals ne sont donc pas pris en compte)<sup>4</sup>.

### 3. Le système d'éléments

Le système d'éléments est un ensemble d'objets de même nature disposés selon un ordre rigoureusement déterminé. Ainsi, un système se définit par les éléments qu'il contient, leur nature étant arrêtée à partir d'un corpus de définitions d'objets architecturaux et urbains supposé cohérent et régulier (Vocabulaire de l'architecture [2], Dictionnaire technique du bâtiment et des travaux publics [3], Dicobat [4], etc.). On parle de système de fenêtres, de toitures, etc.

### 4. Un indice simple pour quantifier la régularité, l'écart morphologique

Il paraît assez évident qu'un système urbain (une façade, un parcellaire, etc.) est d'irrégularité nulle lorsque tous les éléments qui le composent sont parfaitement identiques. Si l'on considère un élément comme la résultante de la combinaison de ses dimensions, on peut affirmer qu'un système est d'irrégularité nulle lorsque tous ses éléments ont des dimensions parfaitement égales ou lorsqu'on le résume à une seule combinaison et au nombre d'éléments qui le composent. Un système devient irrégulier quand une différence apparaît.

L'écart morphologique ou la distance morphologique est une valeur métrique simple de cette différence. Concrètement, cette valeur est représentée par la distance moyenne qui sépare l'ensemble des points formant le contour de l'ensemble des éléments que l'on cherche à analyser, des points d'un élément "moyen" dont le contour évoque la moyenne des contours. La formulation la plus simple de cette définition donnerait ceci

$$e_{ms} = \frac{1}{T_s \cdot N} \sum_{t=1}^{t=N} \sum_{n=1}^{n=N} [A_{(t,n)}; A_{M(n)}] \quad (1)$$

-  $T_s$  : taille du système lorsqu'il n'y a aucun échantillonnage effectué ;  $T_s$  est donc le nombre d'éléments analysés.

-  $N$  : nombre de points appartenant au contour obtenus par échantillonnage systématique (l'échantillonnage de points se fait à partir d'une discrétisation du contour de chaque élément en segments égaux). La distance unitaire donnée par le rapport  $P_m/N$ , où  $P_m$  désigne le périmètre moyen se nomme résolution. La marge d'erreur s'obtient par le rapport résolution sur périmètre moyen, en d'autres termes, la précision se calcule par  $(1-1/N)$ .

- $A_{(t,n)}$  est le point échantillonné  $n$  appartenant à l'élément  $t$ .
- $A_{M(n)}$  est un point du contour moyen.

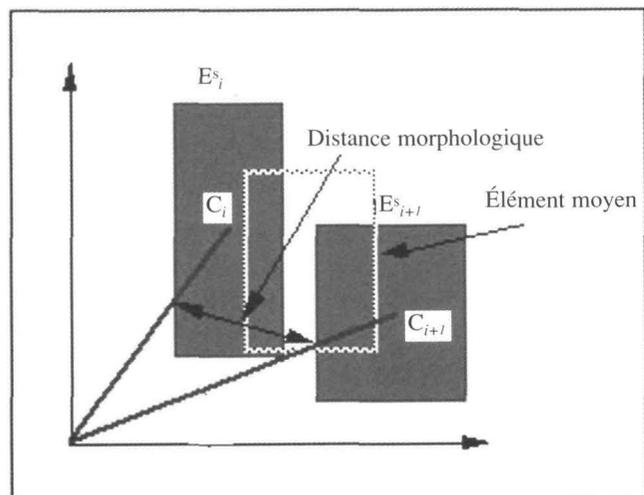


Figure 2

## 5. Le taux d'irrégularité d'un système

Malheureusement, l'écart morphologique ne peut renseigner sur une ampleur puisqu'il s'exprime comme une grandeur (son unité est le mètre). Un écart de plusieurs mètres sur peu d'objets estimés à quelques mètres de circonférence (un système de quelques ouvertures par exemple) n'est nullement comparable au même écart appliqué à un système de très grande taille et composé de très grands objets (comme un système de pans de façade d'une rue). Une valeur, baptisée *taux d'irrégularité*, qui prend en considération ces nuances, devient donc indispensable.

Le taux d'irrégularité doit pouvoir évaluer l'ampleur d'un écart par rapport aux mensurations des éléments et par rapport à la taille du système analysé. Sa valeur doit être relative, de fait, sans dimension, et de préférence osciller entre 0 et 1 (0 % et 100 %). Il doit être de la forme :

$$\tau_S = f(e_{ms}, P_m, T_S)$$

## 6. Les paramètres du taux d'irrégularité

### 6.1. La taille morphologique

L'ampleur de l'irrégularité, par rapport aux mensurations des éléments examinés, peut aisément être donnée par le ratio  $e_{Ms}$  et  $P_{ms}$  (écart morphologique sur périmètre moyen), où  $e_{Ms}$  renseigne sur la taille de la différence de morphologie et  $P_{ms}$  sur la taille grossière des éléments. Hélas, ce ratio ne peut qualifier à lui seul des cas d'irrégularités extrêmes (c'est-à-dire par une valeur finie inférieure à 1), puisqu'il peut lui-même tendre vers l'infini. Il ne peut décrire par exemple, par une valeur proche de 1, le cas d'objets extrêmement petits ( $P_m$  tendant vers 0) caractérisés par un très grand écart morphologique<sup>6</sup>.

Le taux d'irrégularité doit donc pouvoir dépendre un phénomène qui pourrait éventuellement être infini ( $e_{Ms} \rightarrow +\infty$  ou  $P_{ms} \rightarrow 0+$ ) dans l'intervalle réduit  $[0,1]$ . Chacun sait que la fonction exponentielle permet de résoudre ce genre de problème :  $k^{-x}$ , avec  $x$  positif, varie de 1 à 0.

L'expression du taux pourrait donc être de la forme :

$$\tau_S = f\left(k^{-\frac{e_{ms}}{P_{ms}}}\right) \quad (2)$$

Il est possible de fixer la définition de la régularité par rapport à une valeur préalable dont chacun connaît les propriétés. Ici,  $k$  est égal à un neper  $e$  et donne le taux naturel d'irrégularité ou le taux népérien d'irrégularité, en référence au logarithme naturel ou népérien. Par commodité, on emploie l'abréviation de taux d'irrégularité.

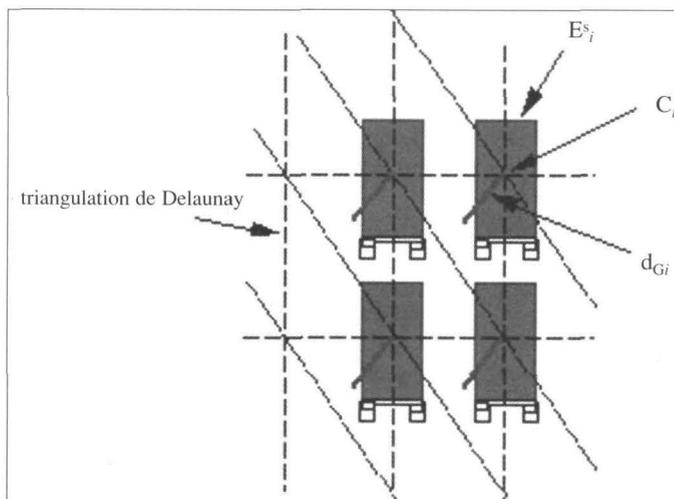


Figure 3

## 6.2. La position relative

La détermination des coordonnées des points du contour, indispensable pour le calcul de l'écart morphologique, passe inévitablement par une mise en repère particulière (cf. note 6). La forme et la taille de chaque élément ne peuvent être comparées que si l'on adopte un protocole de repérage précis. Cette opération n'est réalisable que si l'on assimile chaque système à un graphe planaire sans isthme, où chaque élément a la particularité d'être représenté par une boucle dont le noeud est le point d'intersection entre son périmètre et le segment  $d_{Gi}$ , (cf. figure 3) La création de chaque arc se fait alors *sinistrorsum* et chaque point de brisure représente un *vertex*. Le réseau des noeuds constitue ainsi un graphe dual structuré grâce à une triangulation (de Delaunay). La mise en repère se fait dans un repère orthonormé orienté haut/bas ou nord/sud ayant pour origine le centre de gravité de la face obtenue par la triangulation. Chaque système est considéré comme une couverture (*coverage*) liée à une base sémantique construite à partir d'attributs définis par un corpus (afin de correspondre à une structure de type SIG).

### 6.2.1. La triangulation de Delaunay

Attardons nous à ce stade sur la nature de la triangulation et ses implications sur les caractéristiques du taux d'irrégularité. A cette fin, permettons-nous un rapide rappel.

La triangulation de Delaunay<sup>7</sup> est un protocole particulier de création de tessellation à partir de quelques contraintes, de la simple liaison entre points d'un nuage à la discrétisation optimisée pour le maillage d'objets aux contours complexes.

Le premier exercice consiste donc à lier entre eux les points constituant un semis (noté  $N$ ). Si nous voulons arriver à la même liaison à chaque fois que nous tentons de construire une tessellation, nous sommes contraints de fixer les modes de liaisons, et d'appliquer des règles strictes que chacun devra respecter afin d'aboutir à des résultats identiques. La triangulation de Delaunay est obtenue par ce type de règles<sup>8</sup>.

Ces règles consistent en premier lieu à dessiner le périmètre des proximités extrêmes des points  $P_i$  de  $N$ ; on délimite ainsi les secteurs  $S_i$  formés des points  $P$  tels qu'ils vérifient la condition suivante :

$$S_i = \{P / d(P, P_i) \leq d(P, P_j); \forall j \neq i\} \quad (a)$$

On appelle chacun des secteurs  $S_i$  cellules ou polytopes de Wigner-Seitz.

Ces cellules constituent des secteurs de proximité selon la métrique des distances que nous aurons choisie. Elles sont délimitées par des polygones en plan, par des polyèdres en volume et des  $d$ -polytopes dans un espace à  $d$  dimensions.

On appelle le réseau composé des arêtes de ces polygones ou des cellules de Wigner-Seitz une tessellation de Dirichlet. En dimension  $d$ , on l'appelle diagramme de Voronoï. Si l'on considère que le diagramme de Voronoï est un graphe planaire sans isthmes, alors le graphe dual topologique dont les sommets sont les points du nuage représente une triangulation de Delaunay de  $N$ .

Le treillis obtenu finalement est composé de triangles dont les sommets sont les points  $P_i$  et les arêtes les médianes des côtés des  $d$ -polytopes. Ce treillis respecte les formules d'Euler (ou en  $d$  dimension celles de Dehn-Sommerville), à savoir :

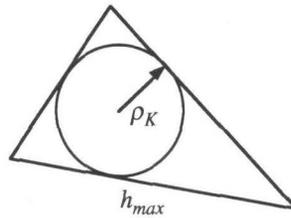
$$\begin{aligned} \text{pour } d=2; & \quad ns - na + ne + c = 2 \\ \text{et pour } d=3; & \quad ns - na + nf - ne = ct \\ \text{avec} & \quad ns \text{ le nombre de sommets,} \\ & \quad na \text{ le nombre d'arêtes,} \\ & \quad ne \text{ le nombre d'éléments} \\ & \quad nf \text{ le nombre de faces.} \end{aligned} \quad (b)$$

Un treillis qui ne respecte pas la formule d'Euler est composé de triangles dits non-conformes.

Ainsi, si on utilise le diagramme de Voronoï pour analyser la position des points les uns par rapport aux autres, comme nous le faisons dans l'étude de la régularité morphologique, il faudra comparer la morphologie des  $d$ -polytopes et mesurer l'écart qui les sépare. Un écart non nul signifie un système de points irréguliers.

### 6.2.2. La qualité d'un maillage et son adaptation dans l'analyse de la régularité

A la manière du coefficient de forme que l'on utilise pour caractériser la géométrie de certains objets, il existe des indicateurs pour décrire la qualité géométrique d'un triangle (et par déduction celle du maillage d'un objet). Il arrive que l'on appelle cette qualité *forme* d'un triangle.



Soit un triangle de plus grand côté  $h_{max}$  (diamètre) dont le cercle inscrit est de rayon  $\rho_K$ . Sa qualité  $Q_k$  est égale à :

$$Q_k = \alpha \frac{h_{max}}{\rho_K} \quad (c)$$

La qualité unité ( $Q_k = 1$ ) étant attribuée au triangle équilatéral, on a

$$\alpha = \frac{\sqrt{3}}{6}.$$

$Q_k$  varie de 1 pour le triangle équilatéral, à l'infini pour un triangle tendant vers un triangle plat. On appelle triangles dégénérés les triangles dont la qualité  $Q_k$  est très élevée (paradoxalement, ce sont des triangles de mauvaise qualité).

La qualité d'un maillage  $M$  est déterminée par celle du plus "mauvais" élément du maillage. La qualité globale d'un maillage peut donc être définie comme la valeur maximale que peut prendre  $Q_k$  :

$$Q_G = \max_{k \in M} Q_k$$

Afin de mesurer la régularité de la position relative à partir de la triangulation de Delaunay, on considère, en postulat, comme parfaitement régulier tout système infini dont les centroïdes forment une résille bidirectionnelle à  $90^\circ$ . Le triangle de référence d'un tel système ne peut donc être équilatéral et le maillage triangulaire doit obligatoirement correspondre à une résille tridirectionnelle  $45^\circ$ - $90^\circ$ . En d'autres termes, pour qu'un système soit parfaitement régulier en ce qui concerne la position relative, on exige que sa qualité prenne pour référence le triangle rectangle isocèle et que

$$\alpha = \frac{1}{2} \operatorname{tg} \frac{\pi}{8} = 0,2071.$$

Ainsi, on dira qu'un système d'éléments urbains ou architecturaux tend vers une régularité semi-complète, lorsque la qualité du maillage obtenu sur le nuage formé par les centroïdes des éléments est égal à 1 pour  $\alpha = 0,2071$ .

### 6.3. Le nombre d'éléments d'un système

Comme la définition le précisait plus haut (§5), il ne suffit pas que  $\tau_s$  soit une fonction de  $e_{ms}$  et  $P_{ms}$  et qu'il oscille dans l'intervalle  $[0,1]$  pour satisfaire aux conditions d'un taux expressif. Il faut, en outre, que cet indicateur distingue entre grand et petit système au regard du nombre d'éléments.

A cet égard, l'intuition indique que l'impression de forte régularité s'amplifie quand le nombre de ses éléments grandit, alors que la taille globale du système (son importance en termes de superficie par exemple) et son écart morphologique ne varient guère. Par suite, l'expression mathématique dépeignant la régularité finale, doit impérativement contenir, en plus d'une information relative à l'envergure du système, une information sur la taille de celui-ci. C'est pourquoi elle doit être de la forme :

$$\tau_s = 1 - k \frac{e_{ms}}{P_{ms} \Phi(T_s)} \quad (3)$$

où  $\Phi(T_s)$  est une fonction décroissante de  $T_s$ .

Comme pour la valeur de  $k$ , seule une étude psychologique poussée, recherchant une corrélation précise entre l'impression de régularité et le nombre d'éléments répétés, peut déboucher sur une expression fiable de  $\Phi(T_s)$ . L'objectif central, avoué dès les premières lignes de cette démonstration, étant l'élaboration d'un appareil théorique stable et objectif, il importe peu que l'expression adoptée pour  $\Phi(T_s)$  ne tienne compte que partiellement de la forme exacte de cette corrélation. L'important est d'obtenir des conditions théoriques de mesure rigoureusement stables. C'est la raison pour laquelle nous remplaçons directement  $\Phi(T_s)$  par  $1 - e^{-T_s+1}$  dans l'expression de  $\tau_s$ .

L'expression finale du taux d'irrégularité est donc :

$$\tau_s = 1 - e^{-\frac{e_{ms}}{P_{ms}(1-e^{-T_s+1})}} \quad (4)$$

Cependant, il est indispensable de savoir que  $T_s$  n'agit sur le taux d'irrégularité qu'à travers  $\Phi(T_s)$ , et qu'il agit également par le biais du protocole de triangulation lui-même.

En effet, la régularité globale d'un système dépend directement du nombre de triangles dégénérés que construit la tessellation sur le nuage formé par les centroïdes. Ce nombre dépend de la configuration du système et du nombre de ses éléments. L'effet de ce nombre sur la triangulation se quantifie grâce au calcul de la variance des distances  $d_{Gi}$ , séparant le centroïde  $C$  du centre de gravité du triangle de Delaunay selon le protocole du schéma de la figure 3.

Si l'on appelle  $T_s$  le nombre d'éléments contenus dans un système et  $\sigma^2$  la variance<sup>9</sup> calculée à partir de tous les  $d_{Gi}$ , il est assez facile de démontrer que celle-ci respecte toujours l'expression :  $\sigma^2 = \beta \cdot d_{Ga}$ , avec  $d_{Ga}$  une distance  $d_{Gi}$  quelconque prise comme référence, et  $\beta$  un paramètre dépendant de la configuration du système.

Par exemple, pour un damier parfait (comme peuvent l'être certaines fondations coloniales), on démontre aussi facilement que :

$$\beta = \frac{1}{T_s^2} (2,44 \cdot T_s^{\frac{3}{2}} - 1,44 \cdot T_s - 1) \quad (5)$$

Cette expression montre que plus un système est de grande taille, moins l'on constate l'effet du nombre de ses éléments ; cela s'explique par le fait que le nombre de triangles dégénérés rapporté au nombre des triangles de qualité égale à 1 évolue selon l'expression  $\frac{2n+1}{(n-1)^2}$ ,  $n$  étant le nombre de lignes et de colonnes formées par le maillage du damier.

On dit que la régularité est complète lorsque  $\sigma^2 = 0$ . Cette régularité n'est réalisable que pour des systèmes de taille infinie.

## 7. Le taux d'irrégularité différentiel

C'est probablement l'indice le plus important pour vérifier l'hypothèse relative au rendement des facteurs morpho-générateurs. Il renseigne sur l'ampleur que prend la régularité d'un système à l'intérieur de l'ensemble des systèmes<sup>10</sup> (à l'intérieur de l'ensemble urbain). Il est égal à :

$$\Delta\tau_s = \frac{S_s}{S_g} \tau_s = \frac{S_s}{\sum_{s=1}^S S_s} \tau_s \quad (6)$$

Les méthodes d'application de ces indicateurs sont diverses et nous allons éviter d'entrer dans le détail de leur exposé. Il faut uniquement préciser qu'une gestion SIG, dans laquelle chaque système est enregistré comme une couverture, est de loin la plus appropriée pour mettre en œuvre le calcul des divers indicateurs. Il faut également signaler que les différentes mesures que l'on s'est contenté de présenter en vue planimétrique, sont transposables à des objets tridimensionnels. Seuls les modes de définition des contours (les enveloppes) correspondent à des protocoles plus complexes et appellent l'usage d'algorithmes intégrant ce que nous appelons lignes de scannage<sup>11</sup>.

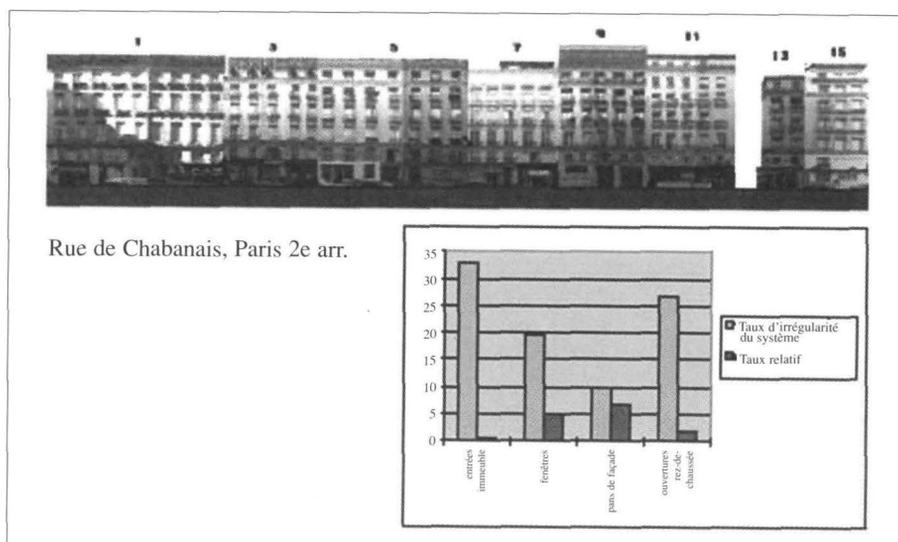


Figure 4

Nous nous limiterons à présenter les résultats de quelques mesures pour une portion du parcellaire parisien (tableau). L'unité spatiale considérée étant la rue, la valeur interprétative de ces mesures demeure très faible (elle devient significative pour d'autres systèmes, en particulier les systèmes en élévation).

## Conclusion

Des calculs effectués sur des morceaux de tissus urbains (à partir d'illustrations) ont montré que des villes en damier comme Portland, Chicago, Indianapolis avaient effectivement des taux d'irrégularité nuls, mais qu'une ville comme Savannah, dont le tracé est orthogonal, était aussi irrégulière (5,02 %) qu'une ville comme Hobart (5,32 %) dont certains axes étaient en biais. Ils ont montré également que Sydney, malgré la

	Élément moyen	Périmètre moyen	Aire moyenne (m2)	Aire totale (m2)	Nombre de parcelles	Taux d'irrégularité
Bd. de L'Opéra	152	963	15 996	175 952	11	15 %
Bd des Italiens	266	1 602	53 010 1	113 202	21	15 %
Bd. Haussmann	226	1 515	38 593	501 714	13	14 %
Pl. Boieldieu	378	2 111	100 668	503 339	5	17 %
R. du Taitbout	195	1 488	34 965	209 788	6	12 %
R. Chabanaï	78	708	8 294	74 649	9	10 %
R. Chérubini	90	430	2 770	19 393	7	19 %
R. d'Antin	119	941	14 367	143 667	10	12 %
R. Choiseu	158	1 018	27 447	411 700	15	14 %
R. Gramont	212	1 025	28 735	431 029	15	19 %
R. de Hanovre	158	740	12 031	144 367	12	19 %
R. de Louvois	113	820	10 714	128 570	12	13 %
R. de Michodière	144	1 055 17	779	302 240	17	13 %
R. de Port-Mahu	103	808	10 924	120 163	11	12 %
R. des Italiens	257	1 877	47 483	142 449	3	15 %
R. des Moulins	146	791	12 247	134 713	11	17 %
R. Petits Champs	75	689	7 997	255 916	32	10 %
R. Quatre Sept.	182	1 071	27 581	717 116	26	16 %
R. du Helder	129	829	11 271	101 438	9	14 %
R. Favart	363	2 739	131 754	527 017	4	13 %
R. Gaillon	113	823	11 925	155 020	13	13 %
R. Gréty	213	1 525	53 383	266 916	5	13 %
R. Laffite	260	1 835	55 862	279 312	5	13 %
R. Le Peletier	238	1 535	41 519	166 077	4	15 %
R. Louis le Gr.	150	1 372	31 010	186 063	6	10 %
R. Marivaux	245	1 312	44 382	399 436	9	17 %
R. Méhul	97	542	5 514	16 543	3	19 %
R. Ménars	185	1 961	75 507	151 013	2	14 %
R. Molière	135	1 015	15 347	230 198	15	12 %
R. Monsigny	106	642	9 087	363 465	40	15 %
R. Rameau	119	820	12 248	73 489	6	14 %
R. Richelieu	235	1 555	57 064	399 447	7	14 %
R. St-Anne	97	796	11 581	567 453	49	12 %
R. St-Augustin	112	895	14 213	440 600	31	12 %
R. Thérèse	133	838	12 154	206 616	17	15 %
R. Ventadour	73	767	12 853	64 264	5	9 %
R. Villedo	80	666	7 466	89 589	12	11 %

Tableau : Mesures morphologiques de quelques rues parisiennes

rectitude de ses axes, était assez irrégulière (9,32 %). Bien entendu, l'intérêt de ces calculs demeure limité en plan et impose des applications sur les élévations. Des calculs généralisés à tous les systèmes sont en cours pour une portion du tissu parisien. Ils devraient permettre d'analyser l'homogénéité globale du tissu, de son architecture, de son parcellaire, de ses rues et places, et de connaître le rôle effectif des facteurs que l'on prend pour responsables de l'unité morphologique de certaines villes (nous pensons en particulier aux règlements d'urbanisme). Conçus à des fins de description, ces indicateurs pourront peut-être, un jour, intéresser la prescription.

## Références bibliographiques

- [1] MAIZIA M., 1998 : Systématisation de la forme urbaine, *Urbanisme*, n° 301, juil.-août 1998, pp. 35-39
- [2] Ministère des affaires culturelles, 1972 : *Vocabulaire de l'architecture, principes d'analyse scientifique*, Imprimerie Nationale, Paris, tome 1 et 2
- [3] *Le Dictionnaire technique du bâtiment et des travaux publics*, 1963, Eyrolles, Paris, 147 pages
- [4] DE VIGAN J., 1991 : *Le Dicobat*, dictionnaire général du bâtiment, Arcature, Ris-Orangis, 957 pages
- [5] BERGE C., 1970 : *Théorie des graphes*, Dunod, Paris

## Notes

- 1 - Cette classification des modèles rejoint celle de Trigeassou qui se partage en deux types : le modèle de connaissance que l'on formule par déductions successives et le modèle de représentation qui résulte de l'observation d'une suite d'expériences. Le modèle de représentation a comme inconvénient de ne pas être explicatif. (J. Trigeassou : *La recherche des modèles expérimentaux assisté par ordinateur*, Technique et Documentation Lavoisier, Langage et informatique, Paris, Toulouse, 1988)
- 2 - Cf. Formes urbaines, *Villes en parallèle* 12-13, 1988  
F. Choay, P. Merlin & al... A propos de la morphologie urbaine, rapport pour le Ministère de l'urbanisme, LTMU, mars 1986
- 3 - La forme renvoie à la configuration topologique de l'objet. Cf. également note 6
- 4 - Cette définition rejoint vaguement la définition plus ancienne de la morphologie classique : " *La forme proprement dite d'une parcelle est liée à ces tracés c'est-à-dire à la configuration de ses contours. Une typologie des parcelles élaborée à partir des différentes formes, permettrait de mettre en valeur toute une diversité* " ; p 140, B. Rouleau, Villages et faubourgs de l'ancien Paris.
- 5 - La première allusion à un objet moyen revient à J. P. Maroy, J. P. Peneau, Quand l'architecture veut respecter le caractère, p. 1141, in *La Recherche*, n° 95, Paris, déc. 1978
- 6 - Ce cas pourra paraître très étrange pour un lecteur ou un chercheur en reconnaissance de forme, qui se demandera comment l'on peut observer un écart très important pour des éléments de très petite taille. Cette observation serait fondée en reconnaissance de forme mais nullement en analyse de morphologie. En effet, la distinction entre forme et morphologie permet d'introduire, comme nous l'évoquions, une dimension supplémentaire qui peut être négligée dans le premier cas, à savoir la position relative dans un système de coordonnées. Un système peut être formellement régulier tout en étant morphologiquement très irrégulier. Il suffit, pour cela, que ses éléments soient disposés, relativement les uns aux autres, de manière très désordonnée : des éléments très petits, disposés dans un désordre engendre ainsi un ratio extrêmement grand.
- 7 - B.N. Delaunay, Sur la sphère vide, *Bull. Acad. Sciences USSR VII*, Class. Sciences Math., 1934, pp 793-800  
Pour les algorithmes de construction d'une triangulation de Delaunay par l'algorithme du Convex Hull Insertion cf. V.J.D. Tsai, " *Fast topological construction of Delaunay triangulations and Voronoi diagrams* " in *Computer & Sciences*, vol. 19, n° 10, 1993, pp 1463-1474
- 8 - Pour ce rappel, on considère que  $N$  n'est pas en position générale et donc qu'il n'admet pas pour tous ses points, en plan, une configuration ayant 3 points colinéaires et 4 points cocycliques, ou, en volume, 4 points coplanaires et 5 points cosphériques
- 9 - On choisit comme expression générale de la variance : 
$$\sigma^2 = \frac{n \sum x^2 - \sum x^2}{n^2}$$
- 10 - Appelé également méta-système
- 11 - Une ligne de scannage est une polyligne qui enveloppe un objet avec une certaine résolution. Cf. M Maizia, "Systématisation de la forme urbaine", op. cit.