



SCAN'16 Toulouse

Séminaire de Conception Architecturale Numérique

Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet

Sous la direction de Jean-Pierre Goulette et Bernard Ferries

PUN - Editions Universitaires de Lorraine.

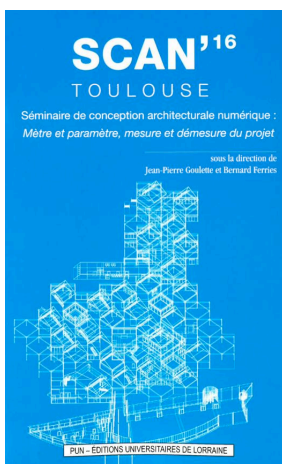
ISBN: 978-2-8143-0289-1

Titre de la publication :

La modélisation paramétrique comme aide à la conception des villes durables denses - Atelier de projet urbain « Densités Complexes »

Auteurs :

Sandro Varano, Emmanuelle Rombach, Olivier Poulat



Cette publication (présentée dans ce document en version auteur acceptée), est parue dans les actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique SCAN'16 – Toulouse - *Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet*, 07-09 septembre 2016, Toulouse

Tout usage du contenu de cette publication doit mentionner la référence de l'ouvrage, du titre et de(s) auteur

Tout usage du contenu cette publication doit mentionner la référence de l'ouvrage, du titre et de(s) auteur(s).

La modélisation paramétrique comme aide à la conception des villes durables denses

Atelier de projet urbain « Densités Com- plexes »

**Sandro Varano, Emmanuelle Rombach, Olivier Pou-
lat**

*École Nationale Supérieure d'Architecture de Strasbourg
AMUP Architecture Morphologie/Morphogénèse Urbaine et Projet
6-8 boulevard du Président Wilson, 67068 Strasbourg*

sandro.varano ; emmanuelle.rombach ; olivier.poulat@strasbourg.archi.fr

RÉSUMÉ. Cet article pédagogique présente les problématiques et les méthodes de l'atelier de projet urbain « Densités Complexes » pour la conception des villes durables denses. Ses approches se basent sur l'analyse et la scénarisation urbaines, l'utilisation d'outils paramétriques et la constitution d' « actions paramétriques » réutilisables.

MOTS-CLÉS : Modélisation paramétrique, Conception urbaine, Ville durable dense

ABSTRACT. This pedagogical article presents the objectives and methods of the urban studio "Complex Densities" dedicated to the design of dense sustainable cities. These approaches are based on urban analysis, urban scripting, the use of parametric tools and the creation of reusable "parametric actions".

KEYWORDS: Parametric modeling, Urban design, Dense sustainable city.

1. Introduction

L'article présente un travail de recherche qui s'appuie sur les pratiques pédagogiques portées par l'atelier Densités Complexes de l'ENSA Strasbourg ; elles s'inscrivent dans une démarche expérimentale et scientifique qui prolonge l'axe « Ambiances, dispositifs innovants et ville durable » du laboratoire de recherche AMUP.

L'article rend compte de travaux portés par l'atelier depuis sa création en 2013 qui propose d'expérimenter de nouvelles méthodes de modélisation paramétrique des tissus urbains dans l'objectif de concilier densité urbaine et optimisation énergétique à l'échelle micro climatique.

Les étudiants sont initiés aux outils informatiques paramétriques et sont amenés à expérimenter le projet urbain à partir de données quantitatives en vue de produire un projet mesurable et qualitatif.

L'atelier questionne également les stratégies à mettre en place pour l'enseignement du paramétrique dans un cadre pédagogique. Ces stratégies se basent sur la création d'« actions paramétriques » constituant une base de données réutilisable.

Après avoir restitué notre travail dans son contexte général, nous effectuerons une description de l'atelier « Densités Complexes » et de certains travaux réalisés par les étudiants. En termes de conclusion et de perspectives, nous verrons dans quelle mesure l'informatique paramétrique peut aider la conception urbaine durable.

2. Contexte général de la recherche

2.1. État de l'art

Comme le souligne Jean-Pierre Traisnel du CNRS, la forme urbaine influence directement les consommations énergétiques des bâtiments (Huang, 2010). Celle-ci peut donc être pensée de manière à permettre une meilleure exploitation des ressources naturelles, même dans un contexte de densification. Ceci est abordé de manière empirique et essentiellement sur le critère d'ensoleillement et d'éclairement naturel dans quelques projets, mais aucune méthode systématique n'est encore disponible. L'état de l'art sur ces méthodes est difficile à faire tant ce sujet est à la fois récent et très vaste.

Les recherches européennes et internationales qui traitent de thermique du bâtiment, se concentrent sur l'effet du microclimat sur un bâtiment (« CitySim », développé à l'EPFL (Robinson, 2009¹) pour les effets de masque solaire, « GreenCanyon » développé par l'Université de Séville pour l'effet de rue canyon (Sanchez de la Flor & al., 2004²). Certains, plus rares, introduisent un couplage entre bâtiment et microclimat, mais dans le seul but d'analyser l'impact des usages sur le climat local (Asawa, 2009³ ou Chen & al., 2007⁴).

Un nouveau champ de recherche se forme à l'interface bâtiment/ville, dont les résultats montrent clairement que la problématique thermique du bâtiment doit prendre en compte d'une manière plus précise la thermique de l'environnement urbain, qui modifie fortement les flux auxquels le bâtiment est soumis (Malys, 2012⁵ ; Bueno, 2011⁶). Dans un site urbain, le potentiel bioclimatique d'un bâtiment est fortement modifié par son environnement. Cette modification peut être caractérisée à différentes échelles : la ville ou le quartier pour caractériser le phénomène d'îlot de chaleur, la zone plus proche pour mieux apprécier les échanges convectifs et radiatifs entre les parois du bâtiment et leur environnement. Elle fait intervenir différentes caractéristiques de l'environnement : la forme urbaine, les matériaux (y compris la végétation et l'eau) et les activités. Ces évolutions apparaissent dans un contexte urbanistique qui a évolué, la conception combine les échelles.

-
1. Robinson, D., Haldi, F., Kampf, J., Leroux, P., Perez, D., Rasheed, A., & Wilke, U. (2009). *Citysim : comprehensive micro-simulation of resource flows for sustainable urban planning*. Eleventh International IBPSA Conference.
 2. Sanchez de la Flor, F., & DOMINGUEZ, S. A. (2004). « Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings ». *Energy and Buildings*, 36(5), 403–413.
 3. Asawa, T. (2009). *Prediction of sensible heat flux from buildings and urban spaces using detailed geometry model of a substantial urban area - Introduction of a prediction model of anthropogenic heat into an urban heat balance simulation model*. ICUC7, Yokohama, Japan.
 4. Chen, H., Ooka, R., Huang, H., & Nakashima, M. (2007). *Study on the impact of buildings on the outdoor thermal environment based on a coupled simulation of convection, radiation, and conduction*. ASHRAE Transactions, JULY.
 5. Malys, L. (2012). *Évaluation des impacts directs et indirects des façades et des toitures végétales sur le comportement thermique des bâtiments*. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Nantes, Nantes, France.
 6. Bueno, B., Pigeon, G., Norford, L.K. & Zibouche, K. (2011). « Development and evaluation of a building energy model integrated in the TEB scheme ». *Geoscientific Model Development Discussions*, 4 : p. 2973-3011.

En effet, si les architectes et urbanistes souhaitent réellement répondre aux défis du Développement Durable et de la Qualité Environnementale, la conception ne peut plus se suffire à l'échelle seule des bâtiments, mais doit se percevoir dans une conception plus élargie et globale de l'« Habitat » à l'échelle urbaine. Notre « Habitat » peut en effet jouer un rôle déterminant pour faire émerger de nouvelles formes de solidarités permettant de concilier préservation de l'environnement, efficacité économique et équité sociale.

2.2.Objectifs

Les caractéristiques morphologiques des bâtiments influent de façon évidente sur leur potentiel bioclimatique et celui de leurs voisins. La méthodologie proposée devra permettre de définir les principales caractéristiques morphologiques à adopter pour maximiser l'exploitation des ressources de l'environnement, minimiser les besoins énergétiques des nouveaux bâtiments ainsi que, ce qui est rarement pris en compte, les interactions climatiques.

Au regard des recherches européennes et internationales qui traitent de thermique du bâtiment, notre positionnement est original car il propose un réel couplage entre bâtiment et environnement dans une optique d'optimisation à l'échelle microclimatique.

3. Cadre pédagogique

3.1.L'atelier Densités Complexes

L'atelier Densités Complexes enseigne le projet urbain en Master 1 à l'ENSA de Strasbourg. Son objectif est la sensibilisation aux questions de densités abordées à partir de l'échelle de la ville.

Une analyse approfondie des typologies urbaines existantes regardées tant sous l'angle morphologique que dans leur contenu socio-économique et démographique permet de faire le lien entre un dispositif spatial, une densité chiffrée, et une manière d'habiter la ville.

Les étudiants sont invités à observer l'ensemble des tissus urbains en présence afin de les comprendre, de les mesurer et d'en vérifier les qualités d'usages et d'ambiances.

L'atelier s'intéresse en particulier aux effets des flux migratoires sur la structure urbaine des villes confrontées à une forte augmentation de leur

population. Après Strasbourg en 2013, New York en 2014, l'atelier a choisi de travailler sur Mumbai (Inde) en 2015.

L'atelier propose d'associer étroitement au processus de densification d'un territoire, une réflexion approfondie sur les dispositifs d'accompagnement à mettre en place pour subvenir aux besoins alimentaires et énergétiques des nouveaux habitants et habitats. Le projet est abordé comme un éco-système vivant. Cette approche prend appui sur des données nombreuses et diverses qui sont transcrites sous la forme de diagrammes, schémas pré-formels qui permettent aux étudiants de passer d'une dimension abstraite et quantitative à une formalisation progressive et qualitative de leurs intentions de projet.

3.2.Approche paramétrique de l'atelier

Modèle paramétrique

Un modèle paramétrique peut être défini comme un nombre d'éléments hétérogènes mis en relation en un tout cohérent (Barrios, 2007 ; Gane & Haymaker, 2007 ; Woodbury & al. 2007). Ce travail de modélisation paramétrique induit deux niveaux dans la conception architecturale : la conception du modèle paramétrique et la conception d'une instance (de Boissieu & al. 2010).

Dans l'atelier Densités Complexes, l'approche paramétrique invite les étudiants à énoncer et retranscrire leurs intentions de projet en paramètres modélisables, ce qui permet de construire un modèle paramétrique spécifique à leur projet urbain.

Le modèle paramétrique a pour objectif de vérifier les interactions du projet sur le contexte urbain de façon dynamique et itérative. Il offre la possibilité d'identifier les modèles les plus performants au regard des critères énoncés. Les typologies et ambiances urbaines sont évaluées tout au long du processus de conception permettant ainsi des ajustements permanents. Il s'agit d'explicitier, pour chaque test de densité, la définition du plein et du vide, l'impact des constructions sur l'ambiance des espaces intérieurs et extérieurs, d'évaluer les coefficients de densité et d'emprise, ... L'informatique permet d'abord d'implémenter ces données pour créer un modèle paramétrique, de tester ensuite différentes variantes (les instances) qui découlent des hypothèses émises, en vue de produire un projet mesurable et qualitatif.

Ce processus paramétrique et itératif se distingue ainsi par (Figure 1) :

- l'identification des paramètres entrants et sortants (Inputs/Outputs),
- l'exploration des instances,
- l'évaluation des instances selon des paramètres d'analyse (éclairage, ombrage, quantités, ...).

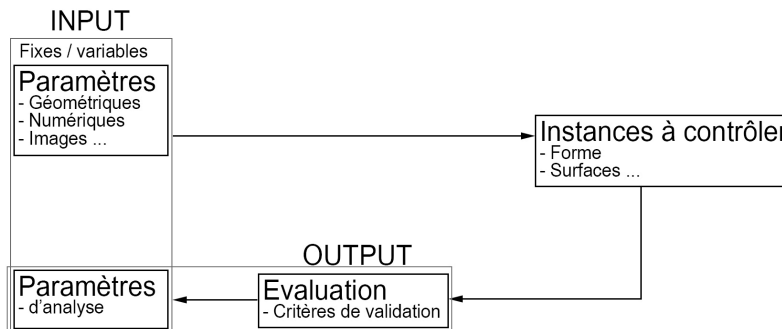


Figure 1. Processus itératif paramétrique.

Trois logiciels sont associés : le logiciel algorithmique *Grasshopper* combiné d'une part au modèleur géométrique *Rhino 3D*, et d'autre part au logiciel de simulation climatique *Diva*. Les étudiants sont initiés de façon progressive à l'utilisation de ces logiciels, qui est associée directement au travail d'analyse urbaine et de conception.

Actions⁷ paramétriques

L'enseignabilité de l'approche paramétrique dans le cadre d'un atelier de projet urbain s'est posée d'emblée.

Le travail d'analyse urbaine et de conception étant directement associé à l'usage de l'informatique paramétrique, il s'agissait pour chaque étudiant de réinterpréter ses intentions de conception en opérations de transformations géométriques simples. Ceci dans le but d'identifier les « actions paramétriques » et leurs paramètres capables de décrire leur projet. Ainsi, chaque projet a nécessité la création d' « actions paramétriques » spécifiques ou génériques (grilles 2D, nuage de points, surface subdivisée, image bitmap, extrusion, random, multiplication, zonage, CES, COS, dispatch, occlusion, éclairement, ...), mises en œuvre dans Grasshopper, et connectables.

7. Le terme « Action » fut utilisé lors du Workshop « Évolution des espèces » en 2012, entre l'ENSA Strasbourg et The Why Factory à l'Université Technologique de Delft. Une publication a été réalisée en 2015 (Maas & al., 2015).

La complexité réside dans les nombreuses combinaisons de connexions possibles, décrivant des géométries (instances) visibles dans Rhino 3D. Les instances évoluent lorsque les paramètres du modèle sont modifiés, elles s'inscrivent alors dans un champ de solutions possibles à évaluer et sélectionner (Figure 2).

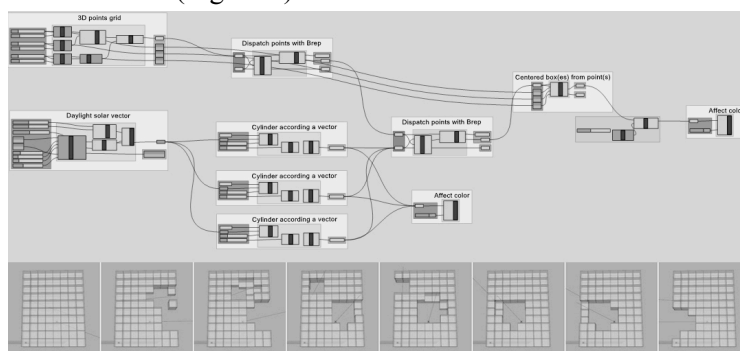


Figure 2. Un modèle paramétrique constituée d'« actions » (en-haut) et des instances géométrique (en-bas).

D'année en année, les actions paramétriques créées constituent une base de données accessible à tous.

3.3.Exemples de scénarii urbains denses

Les projets présentés ici sont abordés selon trois approches :

- Approche du projet par la compréhension du contexte. Chaque étudiant a une mission spécifique, il est le spécialiste d'un des thèmes/sujets d'analyse identifiés comme essentiels pour comprendre la ville.
- Approche paramétrique du projet : apprendre à définir les paramètres d'un projet et à les traduire de façon numérique.
- Approche du projet par le scénario : à partir d'un scénario, plonger dans l'imaginaire d'un projet de façon humaniste et poétique. Il s'agit de définir le programme d'une colonie d'habitants originaires de différents pays, continents, partageant le même désir de s'installer dans la ville.

2013-2014 : Port du Rhin, Strasbourg-Kehl

Exemple 1 : Grille urbaine perturbée (Delphine Glowacki - Nicolas Graff - Sarah Tanguy)

Le site d'intervention est calqué sur une trame régulière qui est à déformer sur la base de l'analyse urbaine et d'intentions de conception définies (mise en évidence du centre d'activité et de certains points d'intérêts, les tours sont plus hautes en allant vers ce centre, renforcement des vues à certains endroits permettant également un meilleur éclairage naturel, localisation des axes majeurs) ; et sur la traduction de ces données en éléments géométriques perturbateurs (points et courbes d'attraction permettent de contrôler les hauteurs, la distanciation et l'échelle des bâtiments). L'évaluation de l'éclairage naturel a été réalisée en tenant compte de différents coefficients de réflexion des matériaux en fonction de l'orientation des façades (Figure 3).

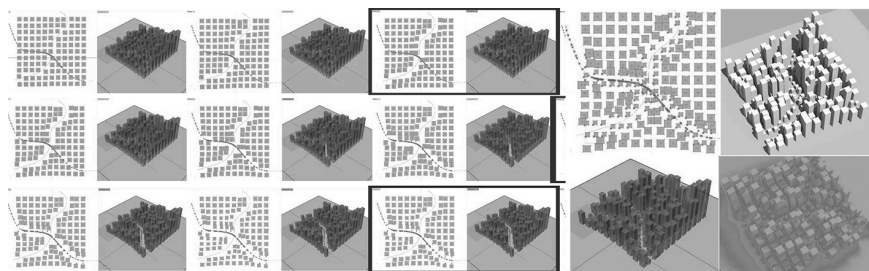


Figure 3. Perturbation de la trame urbaine et exploration paramétrique des hauteurs, de la distanciation et de l'échelle des bâtiments.

2014-2015 : New-York

Exemple 2 : Roosevelt Island (Maelle Bouchu, Lucas Dorschner, Manon Genevois, Manon Labart, Ekin Tunc)

L'intention de départ du projet est de redonner un cadre de développement à Roosevelt Island grâce au rapport qui peut être entrepris avec Manhattan. L'île ne suit pas le modèle de la trame new-yorkaise et l'urbanisme récent crée une structure aléatoire. Le principe est de retrouver sur l'île une certaine hiérarchisation en prolongeant la trame de Man-

hattan : le vide des rues de Manhattan est devenu le plein et inversement. Il est également nécessaire de mettre en valeur le potentiel vert de l'île et de renforcer le rapport à l'eau en aménageant les rives et en équilibrant l'île du nord au sud mais aussi de l'est à l'ouest. Le travail consiste d'abord à explorer les pistes de variations de ce système fort ; le résultat doit permettre ensuite d'inclure le programme dans les bandes bâties.

L'approche paramétrique a permis d'explorer la porosité des barres de logements tout en minimisant les ombres portées à la fois sur les bâtiments existants et sur ces nouvelles barres. Dans ce processus itératif, le paramètre d'analyse, à savoir la somme des rayons solaires calculés sur une période moyenne annuelle, évalue chaque bâti (barres nouvelles et bâti existant) en tenant compte des bâtis voisins.

Les typologies urbaines obtenues ont été classées en six catégories différentes. Chaque typologie correspond à une barre générique à laquelle est associée une circulation spécifique. De par leur largeur, toutes les typologies peuvent abriter plusieurs types de programmes (logements, bureaux, agriculture, espace de détente ou parking), ce qui permet une réversibilité des bâtiments (Figure 4).

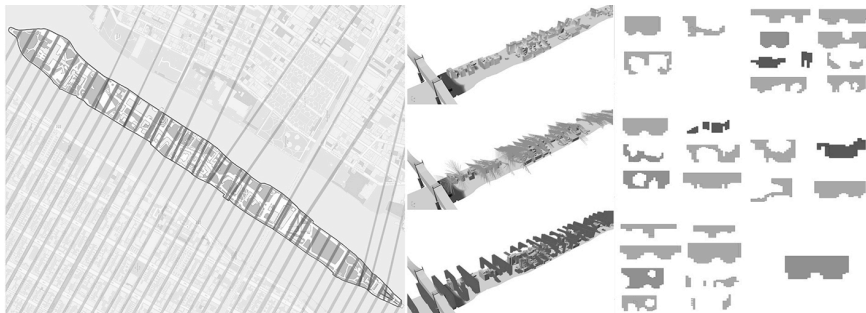


Figure 4. Prolongement de la trame manhattanienne sur Roosevelt Island, exploration de la porosité des barres de logements et classification des typologies urbaines selon le programme.

4. Conclusion

L'atelier Densités Complexes souhaite mettre en place des pratiques pédagogiques innovantes, se prolongeant dans un cadre scientifique.

Les actions paramétriques créées dans le cadre de l'atelier constituent une base de données accessible à tous et réutilisable dans le cadre de nouveaux ateliers. Ce patrimoine numérique offre un cadre pour le déve-

loppement de nouvelles pratiques de conception urbaine et architecturale utilisables dans des contextes variés.

Les interactions entre les paramètres et les variables des processus de conception se sont complexifiées. Il est nécessaire aujourd'hui de représenter cette complexité par des modèles capables d'intégrer les diverses échelles spatiales et temporelles aux enjeux du Développement Durable et en particulier à celui des économies d'énergie.

Se pose ici la question de l'intégration de ces pratiques dans un processus BIM ; entre autre la connexion bidirectionnelle entre la base de données constituée d'actions paramétriques et les maquettes 3D informées, entre les inputs/outputs et les attributs des éléments urbains.

A terme, il s'agit pour nous de démontrer qu'une conception optimisée des projets urbains par l'emploi de modèles numériques paramétriques pourrait faire effet levier pour la durabilité de nos territoires.

Les travaux de l'atelier ont fait l'objet d'un premier échange à Mumbai en février 2016 à l'UDRI (Urban Design Research Institute), pour débattre des pratiques de conception en contexte d'hyper densité urbaine. Cette première rencontre devrait permettre l'organisation d'un workshop franco-indien en novembre 2016.

5. Bibliographie

- Barrios, C. R. (2007). Cognitive models for parametric design. In *Sigradi*. pp.239-242. Mexico.
- De Boissieu, A., Lecourtois, C., & Guéna, F. (2010). Enseigner la conception architecturale avec la modélisation paramétrique : Quelle spécificité cognitive? Actes du colloque *01_Design « Conception assistée par concepteur »*, Europa, Paris, Mai.
- Gane, V., & Haymaker, J. (2007). Conceptual design of high-rises with Parametric Methods. In *Knowledge Modelling*, session 07 eDAADe 25. pp. 293-302. Stanford University. USA.
- Huang, Y. (2010). *Methodology of Climatic Design of Urban District for Buildings Energy Efficiency*. Thèse de Doctorat, École Centrale de Nantes (France) & Huazhong University (China), Nantes.
- Maas, W., Madrazo, F., Hulsman, B., The Why Factory. (2015). *Copy Paste. Bad Ass Copy Guide*. Nai010. The Why Factory, MVRDV, Delft University of Technology, 320 p.
- Woodbury, R., Aish, R., & Kilian, A. (2007). *Some patterns for parametric modelling*. In *ACADIA 2007*, pp.222-229.