



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 :

De la conception paramétrique génératrice d'Ambiances architecturales/urbaines/paysagères à son introduction pédagogique

Auteurs :

Houda BENDIB, Houda BENDIB



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(s).

De la conception paramétrique génératrice d'Ambiances architecturales/urbaines/paysagères à son introduction pédagogique

Houda BENDIB

*Laboratoire CRESSON-UMR 1563 « Ambiances, Architectures, Urbanités », CNRS-MCC-ECN, Grenoble, France
bendib.h@grenoble.archi.fr*

Thomas FIERS

*Architecte D.E. à Paris, France
thomasfiersarchitecte@gmail.com*

Les ambiances urbaines peuvent être abordées comme des systèmes paramétrés dont la constitution est issue d'un assemblage de composantes. Ainsi traduites, elles sont à la fois compatibles avec les outils de conception paramétrique et expérimentables par la seule intention du concepteur. Cela fut le sujet d'un enseignement de Master à Paris.

MOTS-CLÉS : Ambiances, Paramétrique, Architecture, Conception, Système, Algorithme, Expérimentation, Pédagogie, Prospective.

Urban environments can be addressed as configured systems whose constitution is the result of an assembly of components. Once they are translated, they are compatible with parametric design tools and testable with the sole intention of the designer. This was the topic of a Master course in Paris.

KEYWORDS: Ambiances, Parametric, Architecture, Design, System, Algorithm, Experimentation, Pedagogy, Prospective.

1. 1. Introduction

La relation entre une ambiance urbaine et une méthode de conception paramétrique semble, au premier abord, improbable. En effet, une ambiance urbaine est un phénomène dont l'existence est principalement basée sur le ressenti de celui qui en fait l'expérience, au sein du lieu qui la « propose ».

La conception paramétrique porte, elle, sur la gestion et l'interaction d'éléments complémentaires bien définis, dont les interactions constituent le projet du concepteur.

Pourtant, la clef pour permettre le travail des ambiances par une méthode paramétrique est avant tout une question de compréhension du phénomène étudié et de la méthode souhaitée par un langage commun. Alors, le concepteur doit devenir un traducteur, exercice plus ou moins évident selon les cas, mais tout à fait accessible si l'on sait comment l'aborder.

2. 2. Les ambiances, une association de paramètres

5.1.2.1. Un phénomène fragmenté en diverses composantes

Une ambiance est a priori un phénomène complexe, insaisissable. Comme le mentionne Luc Adolphe :

“ Une ambiance architecturale ou urbaine est la synthèse, pour un individu et à un moment donné, des perceptions multiples que lui suggère le lieu qui l'entoure. En ce sens, cette ambiance est unique. L'élaboration de ce lieu architectural ou urbain cumule des savoirs et des savoir-faire provenant de registres variés : arts plastiques, sciences et techniques, sciences sociales...” (Luc Adolphe, *Ambiances architecturales et urbaines*, 1998, p. 7).

Pourtant, selon l'angle avec lequel on appréhende le phénomène, celui-ci peut devenir transposable en une forme plus compréhensible, surtout en vue d'une exploitation ultérieure. Cette forme peut s'apparenter à des paramètres concrets : comme l'a défini Christopher Alexander, un paramètre est “ un facteur mesurable qui forme un ensemble définissant

un système, ou qui définit les conditions de son fonctionnement. ” (Christopher Alexander, Notes on the Synthesis of Form, 1964).

En ce qui concerne la décomposition d'une ambiance en paramètres, c'est une approche qui a déjà été effectuée :

“ L'approche que nous développons ici se propose de considérer une ambiance comme une configuration d'objets, qui sont définis comme des « atomes » de cette ambiance telle qu'elle est perçue. [...] Le tout ambiance est alors décrit [...] comme le résultat de l'organisation de ses éléments atomiques [...]. ” (Philippe Woloszyn, Daniel Siret, Ambiances architecturales et urbaines, 1998, p. 49).

Cette organisation va permettre l'observation de l'ambiance en tant qu'entité paramétrée, puis son exploitation et sa modification par l'altération de ses paramètres, si volonté il y a du concepteur.

La sélection des paramètres à modifier dépend de l'objectif du concepteur, aussi, pour une même ambiance, plusieurs transpositions en diagrammes sont possibles, présentant les liens en des paramètres différents.

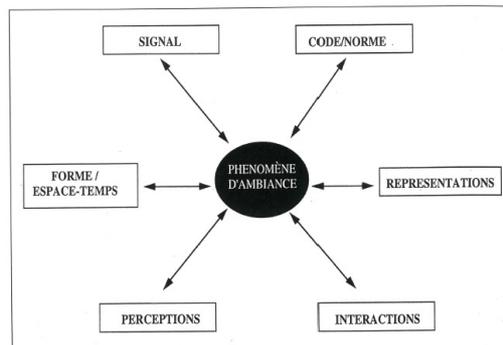


Figure 1. Modalités d'un phénomène d'ambiance in situ (Jean François Augoyard, Ambiances architecturales et urbaines, 1998, p. 19).

La figure 1 présente un exemple de diagramme analytique de certains paramètres d'ambiance retenus volontairement. Cette représentation a été établie pour communiquer au mieux les relations entre les composantes de l'ambiance définies.

5.2.2.2. Une représentation des ambiances par un assemblage « d'objets » (géométrie des ambiances)

Représenter par un diagramme le fonctionnement inhérent à une ambiance définie permet de le transposer mentalement en système. Ainsi

traduit, des caractéristiques propres à chacune des composantes retenues sont applicables. Cela devient intéressant lorsque l'on peut introduire dans ces caractéristiques des notions d'espace, des notions de temps, des notions visuelles.

“ L'espace de configuration ou repère d'ambiance que nous avons défini est indexé à un lieu, à une occurrence temporelle et à une situation perceptive donnés. Ces trois variables étant fixées, il est possible de reconstituer l'ambiance d'un lieu [...] L'ambiance perçue apparaît alors comme une configuration de points dans le repère d'ambiance défini. Nous obtenons de cette manière [...] une figure géométrique caractéristique dans le repère d'ambiance.” (Philippe Woloszyn, Daniel Siret, *Ambiances architecturales et urbaines*, 1998, p. 56).

Par ce biais, il devient possible traduire les composantes en paramètres compatibles avec des outils de conception volumétrique, et ainsi obtenir et modifier une ambiance reproduite artificiellement pour un projet.

Cette démarche doit cependant faire face aux limites des logiciels dédiés. Ceci est dû principalement au traitement des données propre au contexte définissant le lieu du projet, et non pas le projet lui-même. Elles semblent indispensables à la matérialisation d'une ambiance, mais les outils paramétriques se mettent, eux, au service de la création nouvelle. Si l'on veut véritablement obtenir directement à l'écran l'ensemble du contexte qui contribuera à créer l'ambiance sur place, il faut prendre le temps de le retranscrire en 3D en simulant matériaux, couleurs, végétation, lumière, et toutes les caractéristiques de l'existant, sans que le logiciel puisse accélérer cette étape comme il peut le faire pour la conception.

“ De telles méthodes de conception s'auto-référencent and ne prennent pas en considération le contexte dans lequel l'artefact conçu existe, tel que le site, [...] l'environnement [...]. Ici se trouve le danger de concevoir dans un monde sans contexte qui est principalement dicté par les sens esthétiques et plastiques du concepteur. ” (İpek Gürsel Dino, *Creative designs by parametric generative systems*, 2012, pp. 212-213).

Entretemps, la représentation volumétrique du projet seul propose une ambiance indépendante, qui ne fait que suggérer ce que peut être l'application de ses paramètres sur le lieu.

5.3.2.3. La représentation en fonction du système

Représenter les composantes d'une ambiance et les hiérarchiser doit avant tout prendre en considération l'objectif recherché. C'est lui qui régit le choix des composantes retenues pour l'analyse et qui va superviser la formalisation graphique du système. Selon le système ambiance

analysé, le diagramme analytique et la transposition volumétrique seront différents.

“ Les techniques de simulation et de modélisation peuvent être mises au service d’une « intentionnalité d’ambiance », en détournant ou en adaptant leur logique propre de développement vers des applications architecturales qui échappent aux travers de la représentation cartésienne, du simulacre ou de la croyance en la possible reproduction du réel. ” (Pascal Amphoux, Ambiances en débats, 2004, p. 107).

Cet exemple qui concerne une « application architecturale » peut s’appliquer d’une façon plus globale, parce que la problématique se présente pour la plupart des applications : l’objectif doit certes être gardé à l’esprit mais les codes de représentation propres au domaine pour lequel l’ambiance va être traduite doivent être laissés de côté pour que la transcription graphique de cette dernière découle plus « naturellement » de la perception qu’a le concepteur de son fonctionnement. Dans l’exemple suivant (Figure 2), le choix des composantes et l’organisation du système ont été faits en fonction de l’objectif d’habiter au sein d’une ambiance particulière :

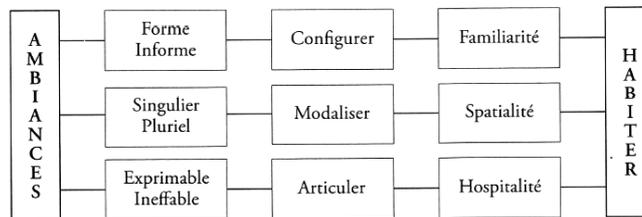


Figure 2. Modalités d’un phénomène d’ambiance in situ (Jean-Paul Thibaud, Ambiances en débats, 2004, p. 158).

La détermination d’un objectif est ce qui dicte la façon dont l’organisation du système ambiance sera représentée par le concepteur en vue de l’altération ou de la reproduction de ses paramètres, et une fois ces prérequis complétés, l’utilisation d’une méthode de conception paramétrique peut s’effectuer pour recréer une ambiance urbaine.

3. 3. La conception paramétrique en tant que gestion de la causalité

5.4.3.1. Logique et rigueur

Utiliser une méthode paramétrique de conception architecturale, c'est adopter une posture nouvelle vis-à-vis de la réflexion du projet, mais aussi de la façon de le concevoir concrètement, avec des outils spécifiques dédiés à cette prise de position.

La conception paramétrique en architecture est, avant tout, une approche rigoureuse du projet.

“ On considère la modélisation paramétrique comme une externalisation avancée qui respecte les premières ébauches de conception. [...] Les modèles paramétriques conçus doivent être facilement transformables, particulièrement pour les étapes de conception. ”
[Notre traduction] (Mohamed-Anis Gallas, Vincent Delfosse, Sketch-based and parametric modeling : Association of two externalization processes for early daylight optimization, 2015, p.229).

En effet, cette méthode permet de considérer chaque élément existant et chaque élément du projet, mais surtout les liens que le concepteur souhaite créer entre eux. Ainsi, il sera question de définir les conditions qui seront appliqués aux éléments constitutifs du projet et de caractériser ses réactions physiques et volumétriques. Ce phénomène de causes et de réactions peut être qualifié de « causalité ». C'est une question d'adaptation permanente et globale, qui offre certaines garanties.

“ Cela représente une façon de concevoir et d'optimiser ce qui est sujet à de l'incertitude, de la modularité flexible ou même de l'adaptabilité. Les paramètres représentent une approche hostile de la conception; la méthode « essayons tout et n'importe quoi et voyons ce qui fonctionne » ferait probablement pleurer certains des ingénieurs hautement qualifiés que je connais. Mais pour des structures complexes, on en arrive à un point où le seul jugement du concepteur ne suffit plus. ” [Notre traduction] (Thomas Michael Wallace, Parametric Design, octobre 2013).

5.5.3.2. Des outils interprètes d'une réflexion mentale particulière

La plupart des outils dédiés à cette méthode présente une interface indirecte avec le visuel traditionnel du projet d'architecture, à savoir plans, élévations, vue en trois dimensions... en effet, ceux-ci proposent comme "terrain de jeu" principal une grille sur laquelle le concepteur place ses éléments d'environnement, de terrain et, bien entendu, du projet, sous

forme de piles abstraites auxquelles il donne une identité, des caractéristiques (visuelles, physiques, structurelle ou encore énergétique), et un rôle dans le projet.

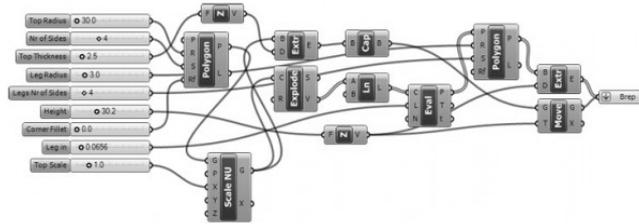


Figure 3. Parametric Furniture Exercise (Tuğrul Yazar, Parametric Furniture Exercise, designcoding.net, 2012).

Ce rôle est défini par les conditions que la pile impose aux autres piles auxquelles elle est liée, et/ou par ses réactions aux conditions qu'on lui impose.

Pour tester le projet dans différents environnements, grâce à la hiérarchie entre chaque pile, le gain de temps peut, en fonction de la complexité du projet, être considérable. Une véritable réaction en chaîne automatique a lieu entre toutes les piles concernées et liées, à partir du simple changement d'un seul paramètre.

“ Le statut de l'objet changera selon les valeurs attribuées aux paramètres. Un modèle paramétrique incorpore facilement la transformation et l'évolution. ” [Notre traduction] (Mohamed-Anis Gallas, Vincent Delfosse, Sketch-based and parametric modeling : Association of two externalization processes for early daylight optimization, 2015, p.227).

L'adaptabilité du projet peut généralement, grâce à ces outils, être observée dans sa représentation plus conventionnelle en temps réel, afin de constater ce qu'une condition modifiée peut avoir comme impact concret sur le futur plan, la future façade, le volume.

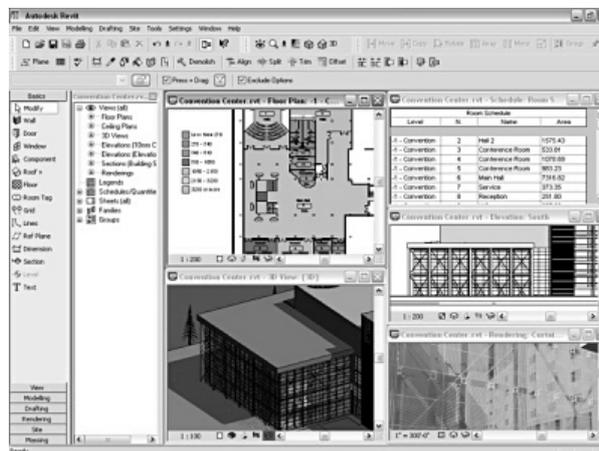


Figure 4. Avec une modélisation paramétrique dans les règles de l'art, le logiciel peut coordonner une modification effectuée partout, y compris sur des plans prêts à imprimer. (Rick Rundell, *1-2-3 Revit: Not All BIM is Parametric*, cada-lyst.com, 2005).

Ces documents sont une finalité conceptuelle. Mais le paramétrique permet un cheminement mental particulier pour y parvenir. Un tel cheminement a été utilisé à de nombreuses reprises par le passé, même en absence d'outils informatiques.

“ Le travail de Xenakis et Le Corbusier en 1958 nous permet d'établir que l'absence de logiciel de design paramétrique n'était pas un obstacle pour le développement de surfaces complexes. Dans le cas de l'idée architecturale de la continuité intérieure et de l'innovation extérieure, ce développement est établi à travers l'utilisation de formes coniques et de paraboloides hyperboliques. Le processus de génération de forme était lent et laborieux, mais ce n'était pas une raison pour qu'il soit vague et restrictif. ” [Notre traduction] (Rodrigo Garcia Alvarado, Jaime Jofre Muñoz, *Control of shape : origins of parametric design architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw*, 2012, p. 116).

5.6.3.3. En paramétrique aussi, l'humain comme seul maître de ses choix

Si ce cheminement peut sembler rigide et machinal comparé à des façons plus anciennes de concevoir un projet d'architecture, le concepteur humain reste pourtant bien le seul décisionnaire à chaque étape du développement de son projet : il récupère les données de l'existant pour pouvoir utiliser une base précise sur laquelle tester sa création, il définit les éléments créés du plus grossier aux plus détaillés, distribue stratégiquement

ment les liens qui les unissent entre eux pour former un ensemble adaptable... il est le concepteur, et l'outil est un moyen pour lui de mettre à l'épreuve ses choix, et d'affiner les caractéristiques du projet en fonction des conclusions qu'il tire de ce que répond le logiciel à ses différents essais, jusqu'à en déduire sa constitution finale.

“ A un certain niveau, penser en paramétrique est analogue à la conception conventionnelle dans le sens où un ensemble de conditions - ou paramètres - sont identifiés et analysés, puis synthétisés, testés et réitérés, pour enfin être implémentés. Dans tout processus de conception, si l'ensemble des conditions est mal diagnostiqué ou mal compris, la solution résultante a alors un potentiel limité d'implantation et l'intégrité de la création en souffre. ” [Notre traduction] (Paola Sanguinetti, Chad Kraus, *Thinking in parametric phenomenology*, 2011, p. 40).

Le recours à une conception architecturale paramétrique et aux outils disponibles pour cela est, à la base, opté par des concepteurs dont la réflexion se compose, dès l'aube du projet, de paramètres. Dans ce cas aussi, ce n'est rien de plus qu'une réaction logique à des conditions issues d'une volonté humaine.

4. 4. Une transcription ludique pour l'enseignement prospectif du projet

5.7.4.1. Volonté humaine et posture mentale

L'existence d'une maîtrise permanente du projet qui met l'outil au service du concepteur, a permis d'introduire une variante de la méthode paramétrique à des étudiants de Master M1 et M2¹, dans le cadre de l'enseignement prospectif du projet, en les dispensant de l'outil. Appliquer cette méthode pour parvenir à produire une ambiance est le travail proposé par cet enseignement.

“ L'évolution de la recherche et de l'enseignement des ambiances dans les écoles d'architecture justifie que l'on s'attache aujourd'hui à fonder ce domaine d'un point de vue théorique. Une piste particulièrement pertinente par rapport aux processus de conception est celle des mécanismes de référenciation. ” (Jean-Pierre Péneau, Pascal Joanne, *Ambiances architecturales et urbaines*, 1998, p. 25).

1. Ce cours de Master s'est déroulé à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette, sous la direction de Jean Magerand, « Projet : Habiter et Nouvelles Technologies » et le séminaire « Prospectives et Histoire de la Prospective ».

Leur attention est alors portée sur les mécaniques mentales que le concepteur qu'ils incarnent doit adopter pour percevoir les composantes qu'ils vont vouloir gérer et se substituer ensuite à l'outil par la création manuelle d'un système propre à chacun.

D'ordinaire, « cet apprentissage se heurte parfois à la raideur de l'approche physique des interactions formes/phénomènes. » (Philippe Woloszyn, Daniel Siret, *Ambiances architecturales et urbaines*, 1998, p. 61). L'idée est donc de proposer à l'étudiant de fixer lui-même l'ensemble des règles que vont respecter les composantes retenues pour produire le projet architectural et ses ambiances.

La vulgarisation du système par une transcription graphique personnelle équivaut à l'interface des « piles » propres aux logiciels informatiques de conception paramétrique. Cette étape offre une vue globale des règles établies et des liens qui régissent ses composantes. Il s'avère que la phase la plus déroutante de l'enseignement, pour les étudiants, reste l'identification des composantes du système et des liens. En effet, l'incorporation d'une « aide » à la toute première étape favorise le lancement du processus mental du concepteur. Cette aide vient sous la forme du choix d'un système référent, aussi appelé « thématique ».

5.8.4.2. Des systèmes et algorithmes existants comme angles d'attaque

La thématique est ludique car choisie librement. Elle offre aussi une garantie de fonctionnement à l'étudiant, puisqu'elle fonctionne dans la nature. Ce raisonnement a déjà été adopté dans d'autres secteurs.

« [...] la feuille de lotus s'appuie sur une double structure constituée d'un épiderme formant des papilles de quelques microns sur lesquelles repose une couche de cire hydrophobe, réduisant drastiquement les points de contact entre la surface et l'eau, qui ne peut alors plus atteindre les interstices de la surface de la feuille. [...] Les chercheurs auraient réussi à définir une approche simple et bon marché permettant de protéger les surfaces métalliques à l'aide d'une fine pellicule de cuivre, à la fois super-hydrophobe, durable et ayant une bonne conductivité électrique. » (Moonzur Rahman, *S'inspirer de l'effet lotus pour créer un revêtement super-hydrophobe*, 2014).

Ainsi, de la même façon que certains domaines technologiques ont transposé un phénomène observé et analysé dans la nature – par exemple, la superhydrophobie appelée « effet lotus »² utilisée dans le domaine textile – les étudiants ont pour objectif de décortiquer un système pour

2. Le phénomène, observé chez certaines feuilles, consiste à maintenir les gouttes d'eau à leur surface et sous leur forme sphérique, empêchant leur absorption par ladite surface.

l'adapter au contexte urbain qui leur est proposé par la suite, une fois l'algorithme établi et maîtrisé.

Comme pour les ambiances, selon les intentions de l'étudiant, la transposition graphique d'un même système peut produire un nombre infini de schémas et de diagrammes différents, tous cohérents et amenant tous à formaliser, par leurs règles, une volumétrie, des espaces, des lieux, et eux-mêmes des ambiances.

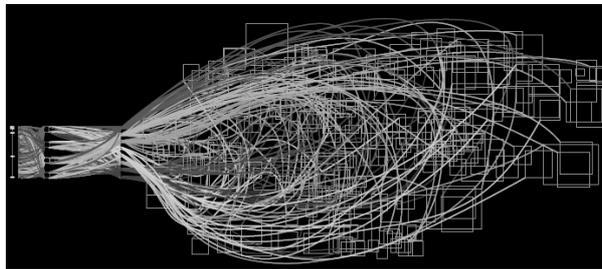


Figure 5. Disposition de séisme par l'organigramme. (Fei Zhou, *Projet : Habiter et Nouvelles Technologies*, 2014).

La figure 5, réalisée par un étudiant sans outil de conception paramétrique, représente l'algorithme du fonctionnement des séismes, répartis à la surface du globe terrestre et partageant des typologies communes reliées entre elles, mais présentant aussi des caractéristiques propres telles que l'amplitude, ici représentée par la taille des carrés.

5.9.4.3. De l'algorithme aux ambiances urbaines

Pour parvenir à adapter le système à un contexte donné, l'étudiant doit passer par deux étapes intermédiaires cruciales : la standardisation de l'algorithme, et la lecture thématique du site où le projet doit se développer.

La standardisation implique de rendre son diagramme générique et d'abandonner le vocabulaire initial, tout en restant distant avec le jargon architectural.

La lecture du site consiste, quant à elle, à traduire le lieu dans les termes du système créé. C'est une question de langage : il est souhaitable que le terrain et le projet parlent le même langage avant de commencer à dialoguer.

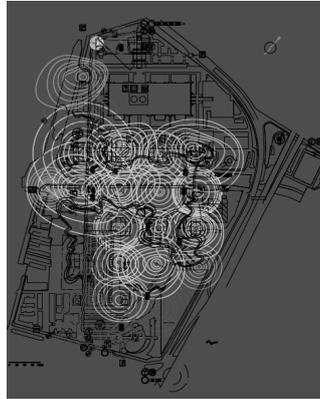


Figure 6. Analyse du terrain par le diagramme des séismes. (Fei Zhou, *Projet : Habiter et Nouvelles Technologies*, 2014).

Dans l'exemple des séismes, l'étudiant a cherché à repérer sur le terrain donné des éléments existants partageant des différences et points communs typologiques similaires à ce que transcrivait son diagramme analytique des différents types de séismes, et ce après avoir standardisé les caractéristiques des variables.

La dernière étape, le développement du projet, est peut-être la plus simple puisque les règles étant fixées, la volumétrie coule de source.



Figure 7. Développement d'un projet issu d'un algorithme d'éco-système (Jonathan Sassi, Simon Taillebois, *Projet : Habiter et Nouvelles Technologies*, 2014).

Il peut alors isoler une scène, se focaliser sur des paramètres d'ambiance pour obtenir un rendu évocateur. Cependant, il faut bien garder à l'esprit que pour produire un environnement construit producteur

d'une ambiance particulière, le cheminement amenant à la détermination des paramètres n'est pas une science exacte :

“ [...] si on effectue des mesures, c'est qu'on a déjà repéré (ou supposé qu'il existe) une ou des ambiances remarquables. La mesure vient alors en renfort d'une constatation (ou d'une intuition), pour tenter de faire apparaître des phénomènes physiques, dont on suppose qu'ils seront représentatifs de l'ambiance existante. ” (Jean-Jacques Delétré, *Ambiances en débats*, 2004, p. 185).

L'identification d'une ambiance se repose sur un ressenti, une intuition et c'est cet état de fait qui permet au paramétrage des ambiances de pouvoir se décliner en autant d'exemples que de concepteurs, et qui facilite son introduction pédagogique par la dimension très personnelle qu'implique un tel travail.

5.10. 4.4. Expérimentations

L'utilisation de la méthode pédagogique de conception paramétrique « mentale » ne se limite pas à un usage à caractère universitaire. En effet, celle-ci a été utilisée pour produire plusieurs propositions de projets en réponse à des concours d'idées.

Ainsi, notre agence d'architecture HBTF Labor-Archi a élaboré un centre culturel et de loisirs dans le périmètre de la Tour de Londres pour le concours Wilmotte 2014. A l'aide d'une grille en trois dimensions conférant à chaque case un rôle, une volumétrie, un matériau, une couleur en fonction du programme prévu, cela a donné lieu à la création d'ambiances variées, internes et externes, conférant à chaque zone du projet une identité particulière.

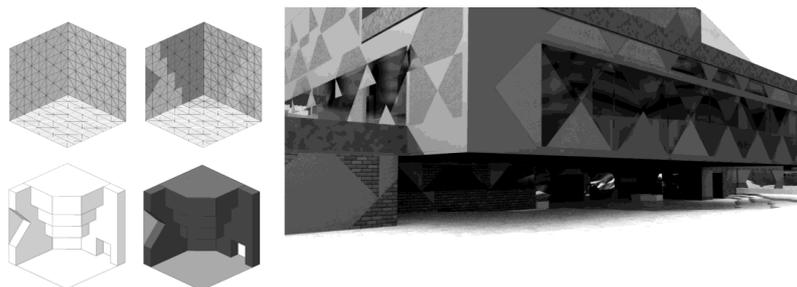


Figure 8. Proposition du centre culturel de la tour de Londres (Agence HBTF Labor-Archi, Concours d'idées, 2014).

Toujours en 2014, l'agence a ensuite conçu une passerelle dans le cadre d'un concours visant à franchir l'Erdre, près de Nantes. Cette fois, la conception paramétrique employée s'est, en s'inspirant du muscle, attardée sur la liaison entre le pont et les rives, créant une continuité formelle avec le relief existant depuis les abords et un séquençage de végétaux, d'ombre, de lumière naturelle et de lumière artificielle le long du parcours obtenu. Chaque portion de la traversée possède alors sa propre composition, pour offrir à l'utilisateur des expériences sensorielles instantanées mais variées en un court laps de temps.

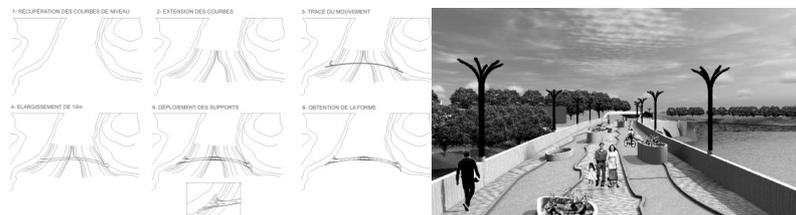


Figure 9. Proposition de la passerelle sur l'Erdre (Agence HBTF Labor-Archi, Concours d'idées, 2014).

Deux exemples parmi d'autres qui montrent que cette démarche conceptuelle sur les ambiances peut amener à des projets très concrets, s'il y a la volonté de l'expérimenter au départ.

5. 5. Bibliographie

- Adolphe L. (1998). *Ambiances architecturales et urbaines*, Les cahiers de la recherche architecturale 42/43 3ème trimestre. Parenthèses.
- Alexander C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form*. Harvard University Press.
- Amphoux P., Thibaud J-P. & Chelkoff G. (2004). *Ambiances en débats*. Bernin : A La Croisée.
- Gallas M-A., Delfosse V. (2015). *Sketch-based and parametric modeling : Association of two externalization processes for early daylight optimization* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : https://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/184425/1/CAADFutures_Gallas.pdf
- Garcia Alvarado R., Jofre Muñoz J. (2012). *Control of shape : origins of parametric design architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2012/cilt29/sayi_1/107-118.pdf
- Gürsel Dino İ. (2012). *Creative designs by parametric generative systems* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : http://jfa.arch.metu.edu.tr/archive/0258-5316/2012/cilt29/sayi_1/207-224.pdf
- Rahman M. (2014). *S'inspirer de l'effet lotus pour créer un revêtement super-hydrophobe* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : <http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/sinspirer-de-leffet-lotus-pour-creer-un-revetement-super-hydrophobe-2390/>
- Sanguinetti P., Kraus C. (2011). *Thinking in parametric phenomenology* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : http://cumincad.scix.net/data/works/att/acadiaregional2011_004.content.pdf
- Wallace T.M. (2013). *Parametric Design* [en ligne] (page consultée le 15/04/2016). Disponible sur : <http://www.beingbrunel.com/parametric-design/>