

Copier-coller des processus ? La réutilisation comme stratégie d'apprentissage pour la conception de l'architecture numérique

Aurélie DE BOISSIEU

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris La Villette, Laboratoire MAP-maac

Résumé : Si la modélisation paramétrique remporte un certain succès, son usage pour la conception architecturale reste le fait d'experts. Une aide, potentiellement puissante, par "patterns" est développée par R. Woodbury : il propose de réutiliser des fragments de processus, qui sont autant de stratégies de modélisation récurrentes pour concevoir un modèle paramétrique en conception architecturale. Cette aide pose question: Quelles sont les activités cognitives impliquées par ce travail de réutilisation de processus de modélisation? Comment rendre accessible et pertinente cette aide même pour les débutants? Comment ces activités cognitives interfèrent ou enrichissent les activités de conception ? Cet article interroge la possibilité de créer une médiation de la méthode des patterns par des samples et, analyse les activités cognitives qui entourent le "copier-coller de processus" dans la conception.

mots clefs :

modélisation paramétrique, patterns, conception architecturale, pédagogie, samples

1. Introduction.

Depuis quelques années, la modélisation paramétrique rencontre un certain succès dans la conception architecturale. A l'origine développée pour l'aéronautique et l'automobile, la modélisation paramétrique est un mode de représentation informatique qui permet de représenter des systèmes géométriques informés, dirigés par un certain nombre de variables indépendantes (les paramètres) et par des relations définies entre les objets par le concepteur du modèle. Lorsqu'un paramètre ou une relation est transformée au sein d'un modèle paramétrique, la transformation est "propagée" dans le système et la géométrie qu'il génère mise à jour (Aish & Woodbury 2005). Cette technologie permet à la fois d'accompagner le concepteur dans l'explicitation des propriétés géométriques de son projet (de Boissieu 2013), structurant ainsi la conception d'un processus de morphogenèse plutôt que d'une forme fixe (Cache 1997, Deleuze 1988, Migayrou 2003, Cingolani 2012). Mais si ce médium est puissant, il nécessite des compétences très pointues pour le maîtriser: en plus de ses compétences et savoirs sur la conception architecturale, le concepteur doit maîtriser cette nouvelle logique, le modelleur utilisé lui-même ainsi que certains éléments de programmation informatique, de géométrie, de logique, etc. (de Boissieu 2013). Aujourd'hui encore, même dans les agences les plus investies dans cette technologie (comme peuvent l'être Gehry Partners, Zaha Hadid Architects ou Foster and Partners), la modélisation paramétrique reste une pratique experte.

Des aides existent pour accompagner la conception de modèles paramétriques en conception architecturale. Entre autres, Robert Woodbury propose une méthode basée sur des patterns (Woodbury 2007, 2010). Le concept de pattern est à l'origine proposé par Christopher Alexander pour la conception architecturale (Alexander 1971, 1977) et a été par la suite réapproprié pour la conception de programmes orientés objet (Gamma & al. 1993). Un pattern peut être défini comme une solution générique répondant à un problème récurrent (Woodbury 2010). Si cette méthode est puissante dans les savoirs qu'elle cristallise, ces savoirs restent trop génériques pour être aisément adaptés à des contextes différents, ils sont donc très difficiles à aborder pour des non experts de la modélisation paramétrique...

Comment rendre abordable l'usage de la modélisation paramétrique en conception architecturale par des non experts de l'informatique ? Qu'implique la réutilisation de fragments de processus géométriques pour la conception de modèles paramétriques voire pour la conception architecturale qu'elle supporte ? Dans cet article, nous revenons dans un premier temps plus précisément sur les patterns de Woodbury pour en proposer une médiation par des samples. Puis, dans un deuxième temps, nous présentons une analyse de l'usage de ces samples pour la conception. Cette analyse nous permettra d'éclairer les activités cognitives impliquées par la réutilisation de fragments de processus de modélisation paramétrique. Enfin, dans un troisième temps, à partir des résultats de l'analyse je proposerai un outil didactique permettant d'assister la réutilisation de processus.

1.1. Les patterns en modélisation paramétrique.

Les patterns de Robert Woodbury (Woodbury 2005, 2010) visent explicitement à accompagner la conception de modèles paramétrique par des architectes en situation de conception architecturale. Ils ne visent ni à supporter directement la conception architecturale elle-même, ni à supporter tous les cas d'usage de la modélisation paramétrique. On observe dans le Tableau 1 une comparaison synthétique de ces trois acceptions.

	Patterns construits par Alexander	Patterns construits par Gamma et alii	Patterns construits par Woodbury
Problèmes assistés :	Problèmes de mesure de l'espace	Problèmes de conception de programmes	Problèmes de mesure d'un modèle paramétrique
Visées des patterns :	Assister la conception (architecturale)	Assister la conception de programmes orientés objet	Assister la modélisation paramétrique pour les architectes
	- Aide à l'explicitation d'un « contexte » de conception (les variables d'inadaptation) - « profondément changer la vie des gens » (Alexander 1999, p.74)	- Aide à la communication, -aide à la formalisation de savoirs - pointent et explicitent des problèmes récurrents	- Aide à la communication, -aide à la formalisation de savoirs - pointent et explicitent des problèmes récurrents
Utilisateur visé :	architectes	informaticiens	architectes

Tableau 1: Comparatif des acceptions de patterns par Alexander, Gamma et alii et Woodbury

Grâce à des observations participantes (Qian & al. 2007), R. Woodbury et son équipe a identifié un certain nombre d'enjeux récurrents dans l'usage de la modélisation paramétrique en conception architecturale (comment sélectionner des objets, extraire des informations d'un modèle, contrôler un objet à partir d'une variable qui lui est extérieure, etc.). A partir de ces enjeux, 22 patterns sont proposés. Chacun de ces patterns est générique et peut être considéré comme une stratégie de modélisation. Chaque pattern est constitué d'une courte description et est illustré dans des applications appelées "samples".

1.2. Limites de la méthode des patterns

Cette méthode paraît puissante et rencontre un certain succès auprès des chercheurs et enseignants qui la développe. Néanmoins, elle rencontre peu de succès auprès des utilisateurs débutants de la modélisation paramétrique (de Boissieu 2013). Les utilisateurs débutants semblent plutôt se tourner vers les ressources publiées en ligne sur grasshopper3d.com. On peut s'étonner de ce manque de succès de cette méthode auprès des acteurs, pourtant friands de ressources en ligne, qu'elle concerne en premier lieu.

Cette méthode, très abstraite, nécessite une connaissance préalable des enjeux du paramétrique, alors qu'elle se propose justement de les décrire et de lui donner accès. Pourtant, à un moment de son apprentissage où le concepteur a tout particulièrement besoin d'appréhender les stratégies de modélisation nouvelles propres à la modélisation paramétrique, l'usage de cette méthode semble cruciale. Comment rendre accessible les connaissances encapsulées dans les patterns aux utilisateurs débutants ?

2. Copier-coller des processus ? Enseigner par l'exemple : propositions de "samples".

Je propose ici une médiation de la méthode des patterns par l'usage d'exemples spécifiques : les samples. Le terme « sample » est utilisé dans le champ de la composition musicale pour désigner un « échantillon » (extrait de musique ou son) pouvant être réutilisé en dehors de son contexte d'origine. Le terme « Sample » est couramment utilisé par les acteurs de la modélisation paramétrique. Nous utilisons ici ce terme dans une acception proche de celui défini dans le champ de la musique : celle d'échantillon ou de module visant à être utilisé, modifié et/ou recomposé dans un nouvel objet.

Pour chaque pattern, Woodburry propose des « samples » visant à illustrer les stratégies proposées. Un sample est un fragment de modèle mettant en œuvre une stratégie proposée par un pattern. C'est une forme de pattern appliqué. Un sample est un appareillage de plusieurs fonctions composant un fragment de modèle paramétrique. Cet appareillage peut être utilisé au sein d'un modèle paramétrique plus complexe et spécifique à un projet. Si l'on situe les différents éléments manipulés lors de la modélisation paramétrique sur une échelle du plus générique au plus spécifique (cf. Figure 1), on observe alors une gradation allant des langages de programmation, avec lesquels un très grand champ de possibles est ouvert pour qui sait les manipuler, au modèle paramétrique propre à un projet et définissant un domaine de solutions déjà précis, pour aller ensuite jusqu'à l'instance qui est une forme géométrique spécifique à un modèle paramétrique et à une définition de ses paramètres. Un « Sample » se situerait donc entre la fonction (ou le feature logiciel) et le modèle paramétrique.

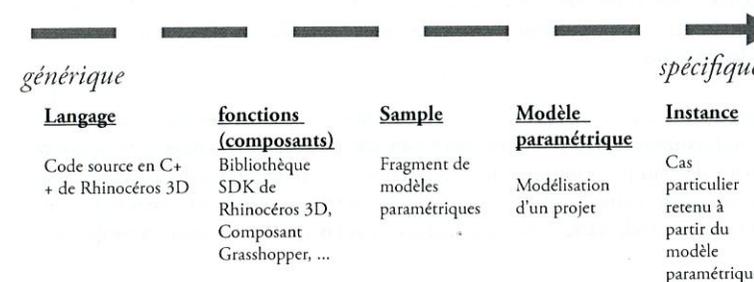


Figure 1 : Proposition de conceptualisation des granularités de la modélisation paramétrique, du langage aux instances géométriques, exemplification pour le cas de Grasshopper et Rhinocéros 3D

Par exemple le Sample « ReacCirclesRadius » [designpatterns] est un exemple d'application du Pattern Reactor. Le Pattern Reactor permet de contrôler un élément du modèle par un objet autre. Dans le sample ReacCirclesRadius, les rayons d'une trame de cercles sont contrôlés par la distance de chacun des cercles à un point. Comme on le voit pour une des instances de ce sample, à gauche de la Figure 2, plus les cercles sont proches du point, plus leur rayon est réduit. Le sample est ici composé de plusieurs fonctions (les composants Grasshopper, visibles dans le modèle paramétrique, à droite de la Figure 2) et, on peut imaginer l'utilisation de ce sample dans un modèle paramétrique plus complexe, comme par exemple pour modéliser une façade aux ouvertures multiples et irrégulières dont on voudrait contrôler la porosité par rapport à des points remarquables (vues à ménager, entrées de lumière, etc.).

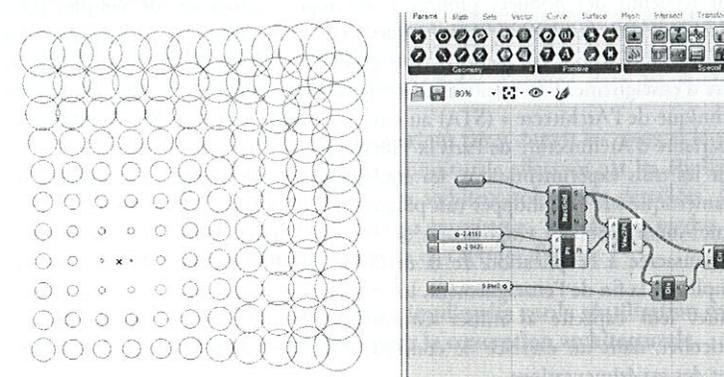


Figure 2 : "ReacCirclesRadius", à partir de [designpatterns.GH]

Samples et Patterns sont donc ici bien différents : là où le Pattern propose une stratégie de conception de modélisation paramétrique (pour aider à générer une géométrie, à structurer un modèle, à extraire des données, etc.), le sample est une application spécifique d'une stratégie. Les Samples permettent d'opérer des

« copier-coller » de solutions techniques. L'aide à la conception de modèles paramétriques qu'ils proposent complète donc les stratégies génériques proposées par les patterns.

Je propose donc les samples comme medium des patterns puisqu'il semble que par induction, comme pour une pédagogie par l'exemple, les apprenants puissent à partir des samples comprendre et généraliser les stratégies de modélisation plus générales des patterns. Pour interroger la pertinence de cette méthode, une analyse des activités cognitives impliquées dans l'usage des samples est proposée.

2. Analyse de l'usage de samples dans un contexte pédagogique de conception architecturale

La recherche présentée ici a été menée dans le cadre d'un travail de doctorat, dont l'objet, plus général, visait à caractériser les opérations cognitives de conception impliquées dans l'usage de la modélisation paramétrique en conception architecturale. L'analyse proposée ici vise à reconstituer des opérations cognitives de conception architecturale et de modélisation paramétrique. La discipline sollicitée pour interroger ces opérations de conception est l'architecturologie (Boudon et al. 2010; Lecourtois 2011). Les opérations de conception y sont entendues comme opérations d'attribution de mesures. L'analyse proposée ici vise à lire des traces du processus de projet (paroles, productions graphiques, etc.) afin d'identifier des opérations cognitives de conception. Cette analyse s'appuie sur les méthodes de l'architecturologie appliquée (Lecourtois 2011).

2.1. Expérimentation menée

Pour recueillir des données propres à interroger l'utilisation de samples pour concevoir des modèles paramétriques en conception architecturale, des expérimentations ont été menées. Trois expérimentations ont été menées dans le cadre d'enseignement de la modélisation paramétrique dans le champ « Science et Technique de l'Architecte » (STA) au sein des Master 1 et 2 de l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris la Villette.

Pour les trois expérimentations, les étudiants, ont été formés à la modélisation paramétrique sur Grasshopper (un plugin de Rhinoceros3d) par François Guéna et moi-même pendant vingt heures de Travaux Dirigés. Une séance de travail a été consacrée à l'explication de la méthode des Patterns et à l'utilisation des Samples. A la fin de l'enseignement, les étudiants ont été soumis à un test visant à évaluer leur capacité à utiliser Grasshopper en général, et les samples en particulier, dans un exercice de conception architecturale. Ces tests sont pour nous des expérimentations.

Protocole.

Lors de cet exercice, il était demandé aux étudiants de concevoir une piscine sur un site fourni par les enseignants et modélisé sur Rhinocéros3D. L'exercice devait

être mené sur Grasshopper et impliquer l'usage des patterns vus en cours. Les étudiants travaillaient en binômes, ce qui les amenait à verbaliser leurs activités. Le protocole de ces expérimentations visait à recueillir des traces d'opérations cognitives (de conception architecturale, de modélisation paramétrique ou encore de logique ou de collaboration), au travers :

- des notes manuscrites et schémas effectués durant l'expérimentation,
- des modèles paramétriques,
- des enregistrements audio des expérimentations et,
- des vidéos de captures d'écran effectuées par le logiciel CamStudio¹⁸ tout au long de l'exercice.

Des données sur les étudiants eux-mêmes ont également été recueillies à partir d'un questionnaire. Ce questionnaire s'attachait à retracer le parcours de l'étudiant, par :

- L'identification de l'étudiant (nom, mail),
- La reconstitution de son parcours (Erasmus ? Précédent diplôme ? Travail en agence ?), ceci en particulier pour identifier les étudiants suivant des formations d'ingénieurs-architectes ainsi que pour évaluer les connaissances préalables de l'étudiant en modélisation et en programmation ;
- Provoquer des retours ouverts et plus personnels de la part de l'étudiant : quelques lignes étaient à leur disposition pour répondre aux questions suivantes : « Pourquoi avez-vous choisi cet enseignement ? Qu'en attendiez-vous ? » et « Pensez-vous utiliser Grasshopper pour le projet ? Pourquoi ? ».

Les samples proposés aux étudiants reprenaient les patterns de Woodburry, en lien avec les notions vues en cours, telles que : structurer un arbre de données avec tels et tels composants, mener à bien telle transformation géométrique d'objet, etc.

Méthode d'analyse.

Après une première analyse, des cas particuliers d'appropriations de samples ont été identifiés pour une analyse plus approfondie. Cette analyse a porté sur ce qui a été supprimé, modifié et conservé des Samples d'origine dans les modèles produits.

Suite à ces premières analyses et aux observations faites durant les cours et le test, des extraits de processus de conception architecturale effectués par les étudiants ont été choisis pour être l'objet d'analyses architecturologiques détaillées. Ces analyses portent à la fois sur les conversations enregistrées, les schémas rendus, les modèles paramétriques produits et les vidéos de captures d'écran.

2.2. Opérations cognitives de conception impliquées par la réutilisation de fragment de processus paramétriques pour la conception architecturale.

¹⁸ Logiciel libre faisant des captures d'écran systématiquement à une fréquence choisie. Ici la fréquence choisie a été d'une capture toutes les 13 secondes, ceci afin d'obtenir des vidéos de moindre poids. En effet CamStudio ne prévient pas en cas de bug lié à une surcharge de mémoire : on ne se rend compte du problème que lors de l'enregistrement de la vidéo, à la fin de la séance, les données sont alors perdues.

2.2.1. Comportements d'explorations en vue de la réutilisation.

L'analyse montre plusieurs comportements récurrents liés à l'exploration de samples en vue de leurs usages. Lors des expérimentations, cette exploration s'est appuyée sur différents supports : - Les catalogues de samples référencés dans le cours; - Les supports de cours et, plus généralement; - Internet et les moteurs de recherche, pour expliciter des notions. C'est ainsi qu'un des binômes s'appuie sur Google pour chercher des informations sur les diagrammes de Voronoi ou encore explore des fonctions permettant de générer des courbes paramétriques sur le site [mathcurve]. Les samples eux-mêmes ne sont donc pas les uniques sources permettant leurs usages. Par ces explorations, l'étudiant interroge des savoirs géométriques ou informatiques qui lui permettent de s'appropriier les samples. En effet, l'appropriation d'un fragment de modèle développé par un autre fait appel à des références, techniques ou culturelles, qui peuvent être nouvelles pour l'étudiant et qu'il lui faut donc construire.

Ces recherches d'informations sont complétées par une exploration du contenu des samples eux-mêmes. Le Sample choisi est intégré dans le modèle : par copier-coller d'un fichier existant (personnel ou non); ou bien par reconstruction d'une partie ou de la totalité d'un Sample. Dans le cas où le sample est copié-collé, les entrées et sorties du modèle peuvent être testées et manipulées directement. L'exploration du sample se fait alors par l'observation et le test des impacts de modifications successives. Dans ce cas, l'exploration s'accompagne déjà d'une appropriation : le sample, est testé pour être compris, puis modifié en fonction de la nouvelle modélisation visée. Lors de ces explorations, les étudiants font parfois des transformations majeures du modèle et, ont alors parfois besoin de revenir au fichier original, en l'ouvrant ou en observant les images qui rendent comptes du modèle d'origine.

Finalement, on observe deux types d'exploration des samples: d'une part une exploration des samples au travers de descriptifs disponibles ; d'autre part une exploration par le test du contenu du sample. La spécification de ces deux mécanismes d'exploration et de compréhension des samples permet de proposer, dès à présent, des éléments nécessaires à associer à une aide à la modélisation paramétrique par patterns appliqués :

- les notions techniques se rapportant aux samples doivent être explicitées, c'est-à-dire les savoirs et leurs mises en oeuvre, comme notamment les particularités des différentes structures de données, les opérations « créer une liste de liste » ou les produits vectoriels.
- les contenus des modèles doivent être visibles au premier coup d'œil, sans avoir besoin d'ouvrir le sample.

2.2.2. Dimensionner un modèle construit par un autre : Réutilisation et reconstruction.

Dans la plupart des cas d'usage de samples observés lors des expérimentations, le sample utilisé par les étudiants était copié-collé au sein du modèle développé, puis manipulé et transformé pour correspondre à leurs intentions. Dans ces cas là, le fragment de modèle proposé par le sample est directement intégré au modèle paramétrique conçu par les étudiants, puis il fait l'objet d'opérations de

conception visant à lui donner des mesures spécifiques au modèle paramétrique visé. Le sample est alors utilisé comme une dimension (ce sur quoi porte la mesure (Boudon & al. 2000)) d'opérations de conception de modèle paramétrique (de Boissieu 2013).

Lors de la manipulation directe des samples, trois modes de dimensionnement (Boudon & al. 2000) peuvent être observés :

- le dimensionnement des variables numériques indépendantes du sample ;
- le dimensionnement d'entrées spécifiques au sample ;
- la transformation directe de la chaîne de dépendance établie dans le sample.

Ces différentes stratégies de dimensionnement sont décrites dans la section suivante.

3. Opérations cognitives de conception de dimensionnement observées lors de l'usage des samples

3.1. Réutilisation par le dimensionnement de variables numériques

Dimensionner les variables numériques indépendantes (les paramètres) d'un sample en fonction d'une pertinence (Boudon & al. 2000) du modèle paramétrique visé est un mode courant et souvent incontournable de l'appropriation d'un sample. Cette manipulation de variables numériques est simple (déplacer un slider par exemple) et plus accessible qu'une réelle transformation du modèle préconçu, demandant des compétences plus avancées en modélisation.

Par exemple, un binôme s'est approprié le sample Panel-dispatch en dimensionnant le paramètre « hauteur » d'un panneau en fonction d'une pertinence fonctionnelle¹⁹ : les volumes des « panneaux » étant utilisés pour modéliser des cabines de bain (cf. Figure 3). Ici la manipulation du paramètre "hauteur" du sample donne une pertinence propre à une fonction "cabine de bain" à un sample à l'origine simplement dimensionné pour "calepiner une surface".

¹⁹ L'échelle fonctionnelle relève de l'activité de donner de la mesure à un objet « en correspondance à quelque élément extérieur qui en règle la destination, l'utilisation, ou l'adapte à un usage » (Boudon et al. 2000, p.168).

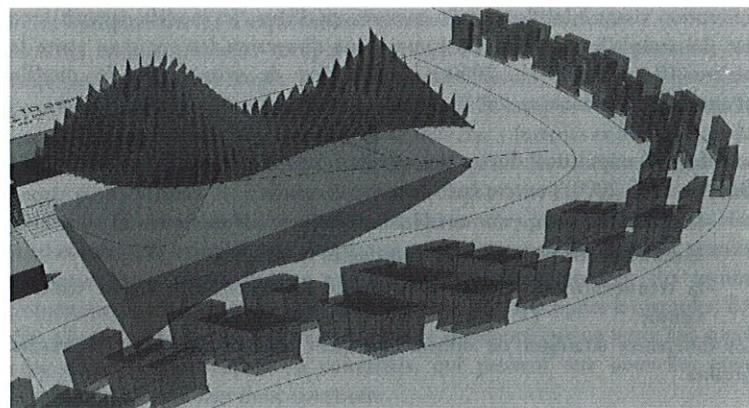


Figure 3 : Dimensionnement du sample Panels-dispatch en cabines de bain

3.2. Réutilisation par la conception d'entrées spécifiques

La conception d'« entrées » spécifiques est une autre des stratégies de dimensionnement des samples observés. L'« entrée » d'un modèle paramétrique est une donnée ou un groupe de données visant à être traitée.

Par exemple, dans le cas du projet d'un binôme, la conception d'une surface est utilisée comme l'entrée de deux samples : le sample Panel_Dispatch générant une couverture aux ouvertures aléatoires et le sample Créer-motif-maillage générant une structure en treillis sur la partie inférieure de la couverture (cf. Figure 4). Les concepteurs écrivent à ce sujet : « L'enveloppe de la piscine principale serait composée de deux sous-enveloppes : l'une ayant une fonction structurelle, l'autre une fonction esthétique tel un signal dans le paysage » (Note d'intentions architecturales, binôme C1, Expe1). Cette assertion met en avant la pertinence technique²⁰ donnée par les étudiants au sample Créer-motif-maillage, et la pertinence optique²¹ donnée par les étudiants au sample Panel-dispatch.

Ici, pour l'utilisation de ces deux samples dans le modèle paramétrique voulu, une surface a été conçue sur Rhinocéros selon d'autres pertinences: cette surface répond, entre autres, à des échelles de voisinage²² (la surface se soulève au niveau

²⁰ L'échelle technique correspond à l'activité d'« Utiliser des considérations d'ordre technique pour induire une modalité d'attribution de mesures à une partie ou un tout de l'espace architectural » (Boudon et al. 2000, p.175).

²¹ L'échelle optique correspond à l'activité de « tenir compte d'un point de vue –au sens propre- pour donner à une partie ou à un tout de l'espace architectural une mesure qui fasse intervenir les modalités suivant lesquelles il est vu » (Boudon et al. 2000, p.167).

²² L'échelle de voisinage consiste à : « attribuer des mesures par contiguïté, relativement à des éléments appartenant au voisinage et induisant une continuité spatiale » (Boudon et al. 2000, p.171).

des bâtiments existants) et de visibilité²³ (la surface est orientée vers la « vue dégagée »).

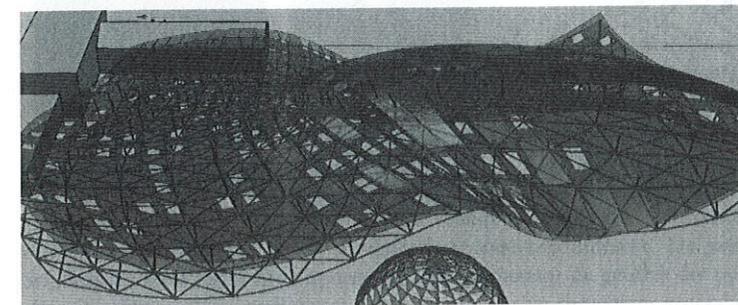


Figure 4: Capture d'écran du modèle paramétrique développé par le binôme C1

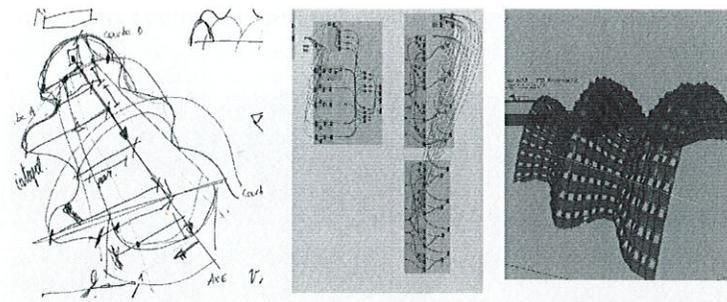
La conception d'entrées spécifiques aux samples a parfois été, pour les étudiants, le lieu d'opérations de conception de modèles paramétriques visant à positionner les géométries générées dans le site imposé. Plusieurs stratégies ont été mises en place par les étudiants pour ancrer leur modèle paramétrique modélisé sur Grasshopper dans le site modélisé sur Rhinocéros. On observe par exemple des stratégies visant à :

- Placer des points sur Grasshopper dont les coordonnées renvoient au système de Rhinocéros ;
- Faire appel dans Grasshopper à des éléments modélisés dans la scène Rhinocéros : comme des éléments du site (la surface de la parcelle par exemple) ou des éléments créés par les étudiants (même si cela leur a été interdit dans les protocoles des expérimentations).

La plupart des étudiants se sont appuyés sur des éléments de la scène Rhinocéros pour positionner les géométries produites par leurs modèles paramétriques. Ces éléments peuvent être les géométries du site (contour de la parcelle, points remarquables, etc.) ou être construits, par les étudiants eux-mêmes, par commodité. C'est le cas d'un binôme qui a décidé de penser son projet à partir d'un axe « vers la vue dégagée »²⁴ (cf. Figure 5). Par facilité, cet axe a été dessiné sur Rhinocéros puis directement utilisé dans le modèle Grasshopper (cf. Figure 5).

²³ L'échelle de visibilité rend compte d'opérations cognitives visant à « situer un objet ou une partie d'objet de manière à ce qu'il soit vu d'un lieu ou qu'il ait vue sur un lieu » (Boudon et al. 2000, p.174).

²⁴ Extrait de retranscription, groupe A2, 9h48 : Sebastiaan : « on peut commencer par définir l'axe », Rebecca : « vers la vue dégagée », Sebastiaan « l'axe sur rhino et les points on peut les définir comme ça ».



Esquisse rendant visible l'axe structurant la géométrie du projet

Modèle paramétrique développé

Géométrie modélisée : l'axe est visible en jaune

Figure 5 : Traces de conception produites par le groupe A2

3.3. Réutilisation par le dimensionnement de la chaîne de dépendance établie dans le sample

De rares cas ont procédé à des opérations de dimensionnement de la chaîne de dépendance définie par le sample lui-même. Ces appropriations de samples donnent lieu à une modélisation riche mais restent peu courantes.

Ces le cas du travail développé par les étudiants dont nous avons exposé le travail sur les cabines de bain (cf. Figure 3). Nous avons vu que les paramètres numériques du sample ont été modifiés. La variable de hauteur des panneaux a été mise à une « échelle fonctionnelle » des « cabines de bain ». Mais le sample a également été modifié pour transformer l'implantation des panneaux-cabines. Par défaut, le sample Panel-dispatch découpe une surface d'entrée en sous-surfaces sur lesquelles sont générées aléatoirement des panneaux. Afin de ménager des accès aux cabines de bains (échelle fonctionnelle) le modèle paramétrique du sample a été dimensionné pour que les sous-surfaces générées, sur lesquelles se construisent aléatoirement les panneaux-cabines, soient réduites à une rangée sur deux (cf. Figure 3). Ce dimensionnement consiste en la modification de la structure du flux de données parcourant le sample, en vue de ne conserver qu'une rangée sur deux de sous-surfaces.

On observe donc ici que lorsqu'un sample est utilisé en étant directement l'objet de dimensionnements, deux types de découpage²⁵ sont observables. On observe des opérations de dimensionnement portant sur les paramètres des samples, que

²⁵ L'opération de découpage est celle par laquelle ce sur quoi porte la mesure, c'est-à-dire la dimension, est identifié (Boudon & al. 2000).

ces variables soient numériques ou géométriques, et des opérations de dimensionnement portant sur la chaîne de dépendances du sample.

3.4. Cas de reconstruction

Nous avons vu dans les paragraphes précédents des cas de dimensionnement direct de samples dans le cadre de conception de modèles paramétriques en conception architecturale. Or, on peut également observer des cas où les samples sont utilisés sans être directement copiés-collés dans le modèle paramétrique en cours de conception.

Par exemple un binôme D1 (cf. Figure 6) a commencé par copier-coller les samples Srf_Projetée et Crv_Voronoi, pour ensuite les manipuler et recombina certains composants en vue de construire un code très différent. Du sample Srf_Projetée a été repris un fragment de code permettant de générer des points aléatoires. Du sample Crv_Voronoi a été repris l'usage du composant générant un diagramme de Voronoi à partir d'un nuage de points. Les deux samples semblent ici avoir servi d'exemple d'usage de composants, c'est-à-dire de support pour un apprentissage autonome de fonctionnalités inconnues des étudiants.

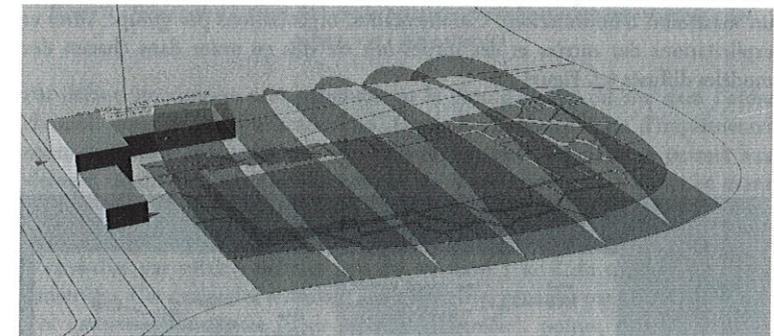


Figure 6 : Capture d'écran du projet développé par le binôme D1 (Expe 1)

Dans ce cas, les samples ont été utilisés par les étudiants comme une aide à la construction des savoirs, savoir-faire et compétences participant à la conception de modèles paramétriques en conception architecturale. Dans cet exemple, l'usage des samples a permis aux étudiants de se construire des références et des points de vue grâce auxquels ils ont conçu leur modèle paramétrique.

A partir de ces analyses, on peut conclure entre autres que les samples sont bien un support d'apprentissage de la modélisation paramétrique car ils permettent de cristalliser et de mettre en regard différents savoirs et savoir-faire nécessaire à la modélisation paramétrique en conception architecturale.

4. Proposition d'un outil didactique pour accompagner la réutilisation de processus via les samples.

A partir de ces résultats, un outil didactique s'appuyant sur la méthode des patterns et des samples peut être proposé. Nous l'avons vu, la structuration des samples eux-mêmes est importante pour une réutilisation pertinente, mais leur contextualisation dans un ensemble de ressources est également indispensable. L'outil didactique que je propose donc ici est une plateforme internet appelé parametric-ressources.com et spécifiquement développée pour supporter la méthode des patterns via la diffusion de samples.

La plateforme [parametric-ressources] vise :

- à rendre les samples visibles, lisibles et accessible à tous, même hors des cours en présence ;
- à inscrire les samples dans un espace des savoirs de la modélisation paramétrique plus large, par la mise en place de liens (références, liens hypertextes, renvois) vers des articles, des sources et des ressources diverses.

Les modèles des samples ont été structurés de manière à être lisibles et à fournir un maximum d'informations. Commentaires, organisations par groupe, titres et explicitations des entrées et des sorties ont été mis en avant dans chacun des modèles diffusés (cf. Figure 7).

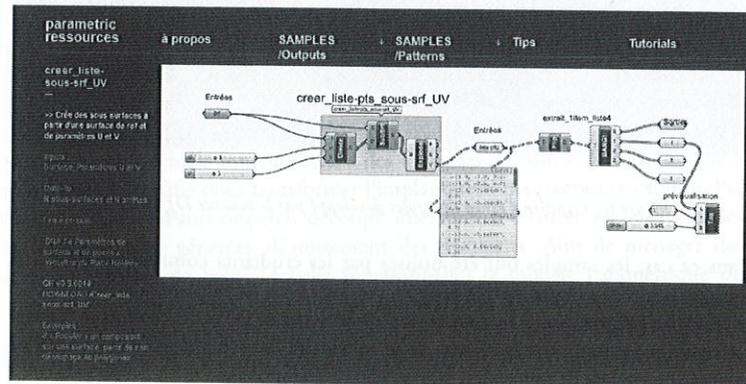


Figure 7 : Exemple de samples visualisé sur parametric-ressources.com

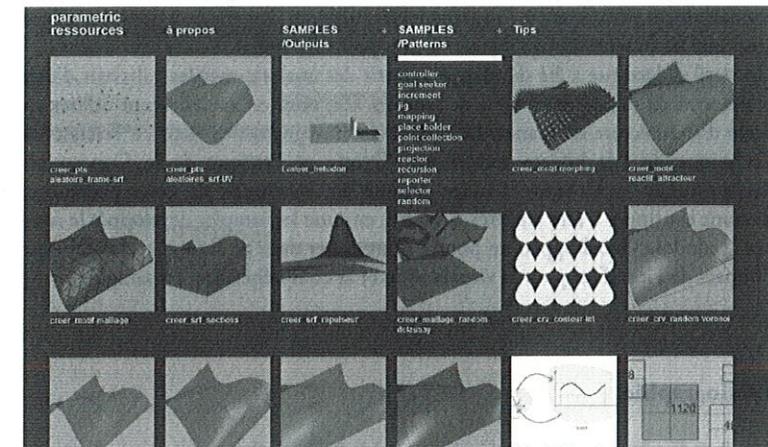


Figure 8 : Présentation a priori des samples par ordre chronologique et catégorisations « par outputs » et « par patterns »

Par défaut, les samples sont présentés sur la page d'accueil du site dans l'ordre chronologique de leur publication (cf. Figure 8). L'objectif étant d'implémenter continuellement la base de données de samples, cette organisation permet aux visiteurs réguliers de retrouver les samples qu'ils connaissent et cela met en avant les nouveaux samples publiés.

En outre, les samples sont classés par catégorie. Les catégories « par Outputs » (c'est-à-dire par sorties) définies lors des versions 1 et 2 du catalogue ont été conservées. Ces catégories renvoient aux géométries générées par le sample.

Ces catégories sont : tree (pour arbres de données), points, courbes, surfaces-meshes, evaluation. En outre [parametric-ressources] intègre également un classement des samples par pattern (cf. Figure 8). Les Samples peuvent ainsi être recherchés en fonction de la stratégie de modélisation qu'ils permettent (sélectionner un item en fonction de ses propriétés pour le pattern selector, faire réagir un élément du modèle à sa proximité avec un autre élément pour le pattern reactor, etc.).

5. Eléments de conclusion

A partir de la proposition d'une médiation des patterns par les samples, une analyse des activités cognitives impliquées dans la réutilisation de ces fragments de processus pour la conception de modèles paramétriques en conception architecturale a été menée. Il en ressort que cette réutilisation est pertinente dans la mesure où elle s'avère pouvoir être un support d'apprentissage de stratégies et de savoirs techniques. La réutilisation est alors féconde et permet au concepteur de dépasser son état des connaissances en s'enrichissant de connaissances expertes

qui lui sont fournies. Mais pour que la méthode soit efficace, les fragments de processus qu'on se propose de réutiliser doivent être intégrés dans un réseau de connaissances permettant à l'apprenant de situer rapidement ce à quoi il a affaire ainsi que les potentialités qu'il peut en tirer pour son projet.

Un outil didactique a été développé à partir des analyses menées : il s'agit d'une plateforme de diffusion en ligne de samples. Cet outil est actuellement utilisé en école d'architecture en France dans plusieurs enseignements inscrits en Sciences et Technique de l'Architecte comme en Théorie et Pratique de la Conception Architecturale et Urbaine. L'usage comme les évolutions de cette plateforme devront continuer à être analysés. De plus, comme les samples développés le sont sur le module Grasshopper, on pourra s'interroger dans de futures recherches sur l'impact de l'interface pour la visualisation et la compréhension du sample.

Bibliographie.

- Aish, R. & Woodbury, R., 2005. Multi-level Interaction in Parametric Design. In A. Butz et al., éd. Smart Graphics. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin
- Alexander, C., 1977. A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction, OUP USA editor.
- Alexander, C., 1971. De la synthèse de la forme, Paris : essai Dunod.
- Boudon, P. et al., 2000. Enseigner la conception architecturale : Cours d'architecture 2e éd. rev. et augm., Paris: Editions de la Villette.
- Cache, B., 1997. Terre meuble, Paris : Hyx.
- Cingolani, F., 2012. Network Thinking et apprentissage social: vers une architecture en réseau 2/2. DNArchi.
- Deleuze, G., 1988. Le pli - Leibniz et le baroque., Paris: Editions de Minuit.
- de Boissieu, A., 2013. Modélisation paramétrique et conception architecturale: Caractérisation des opérations cognitives de conception pour une pédagogie. Thèse de doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris la Villette. Paris.
- Gamma, E. et al., 1993. Design patterns: Abstraction and reuse of object-oriented design. In ECOOP'93 - Object-Oriented Programming, 7th European Conference. Kaiserslautern: Springer, p. 406-431.
- Lecourtois, C., 2011. Studying collaborative design, Epistemology and research methodology. In Europa 13 - Design theory. Rome.
- Migayrou, F., 2003. Architectures non standard, Paris : Editions du Centre Pompidou.
- Qian, C.Z., Chen, V.Y. & Woodbury, R., 2007. Participant Observation can Discover Design Patterns in Parametric Modeling. In Expanding Bodies. ACADIA.
- Woodbury, R., 2010. Elements of Parametric Design, London: Routledge.

Woodbury, R., Aish, R. & Kilian, A., 2007. Some Patterns for Parametric Modeling. In Expanding Bodies. ACADIA. Halifax (Nova Scotia), p. 222-229.

[designpatterns] <http://www.designpatterns.ca/>

[mathcurve] <http://www.mathcurve.com/>

[parametric-ressources] <http://www.parametrique-ressources.fr>