

Elaboration de nouvelles configurations à partir de cas existants du patrimoine bâti

Conception architecturale paramétrique

**C. Chevrier, N. Charbonneau, P. Grussenmeyer et
J.P. Perrin**

C. Chevrier et J.P. Perrin

UMR MAP 694, Equipe CRAI, ENSA-Nancy, 2 rue Bastien Lepage, 54000 Nancy, France. Tel.: 0033383308129, Fax:

0033383308127

email : (chevrier, perrin)[@crai.archi.fr](mailto:(chevrier, perrin)@crai.archi.fr)

N. Charbonneau et P. Grussenmeyer

UMR MAP 694, Equipe Page, INSA de Strasbourg

nathalie.charbonneau@umontreal.ca,

pierre.grussenmeyer@insa-strasbourg.fr

RÉSUMÉ. A l'origine conçu pour la modélisation 3D de monuments historiques, notre outil GOP permet la reconstruction 3D virtuelle à partir d'éléments architecturaux décrits par des paramètres. Dans le cadre de la conception paramétrique, un concepteur-architecte peut utiliser notre logiciel pour élaborer de nouvelles configurations à partir de cas existants en faisant varier les paramètres mis à sa disposition. Notre outil devient alors un support d'aide à la créativité et va permettre de générer des ensembles de configurations inédites.

MOTS-CLÉS objet paramétrique, conception architecturale, modélisation 3D, patrimoine, outil informatique.

1. Introduction

Alors que le recours à l'informatique pour documenter les biens patrimoniaux est chose courante depuis déjà plusieurs années (archivage de données, images de synthèse, études scientifiques et architecturales, visites virtuelles pour une meilleure compréhension du monument, etc.) nous proposons le recours à des technologies numériques non seulement dans l'optique de consigner et diffuser l'information, mais également afin d'en permettre l'exploitation.

Nous travaillons depuis deux ans sur un outil logiciel d'aide à la modélisation 3D de monuments historiques et de sites archéologiques à l'aide d'éléments architecturaux paramétrés (Chevrier, 2008). Basé sur les règles de construction architecturales et les techniques de construction, nous pensons que notre outil interactif peut avoir une autre utilité, cette fois pour les concepteurs ; les objets paramétriques décrivant des éléments architecturaux (murs, toitures, portes, fenêtres, etc.) peuvent permettre l'élaboration de configurations inédites, ce qui peut constituer un support d'aide à la créativité. Chaque élément architectural est décrit par un ensemble de paramètres permettant de générer en 3D divers cas de figure. La multiplicité des cas de figure et des paramètres permet une combinatoire importante que l'utilisateur peut explorer afin de retenir des configurations formelles nouvelles.

Après une introduction, nous présentons un état de l'art dans le domaine des objets paramétriques utilisés en tant qu'outils visant à stimuler la créativité du concepteur architectural (partie 2). Dans la partie 3, l'objet paramétrique est abordé en tant qu'outil entérinant une certaine ré-adhésion aux processus typologiques. Nous expliquons ensuite les principes et les avantages de notre méthode dans la quatrième partie. La partie 5 retrace les étapes de la démarche. La partie 6 présente les études de cas et exemples. Enfin nous concluons dans la partie 7.

2. État de l'art

Les logiciels de modélisation tridimensionnelle offrent, pour la plupart, des principes de modélisation proches les uns des autres. Des logiciels comme AutoCAD, 3d Studio Max ou Maya fonctionnent tous sous le même modèle et offrent des éléments paramétrés : cube, sphère, cylindre, cône, tore, etc. Le concepteur élabore la forme architecturale en juxtaposant et en modifiant ces primitives géométriques. Le recours aux logiciels

commerciaux lui offre la possibilité de visualiser la volumétrie du bâtiment en développement, ce qui l'amène généralement à remanier et à peaufiner le concept. Ainsi, dans une certaine mesure, le logiciel commercial de modélisation 3D peut faire figure d'outil d'aide à la conception. Cependant, d'autres directions sont actuellement explorées pour mettre à contribution de façon plus effective le potentiel de l'ordinateur dans ce domaine.

L'objet paramétrique est une approche sur laquelle les chercheurs travaillent. Par exemple, Wetzel *et al.* ont proposé des opérateurs morphosémantiques paramétrables (Wetzel 2007 et 2008) pour générer des variations formelles qui, par ajustements successifs, en viendront à être en adéquation avec l'idée formulée par le concepteur. Les démonstrations n'ont toutefois été effectuées que sur des formes géométriques simples (cube, cylindre, etc.).

D'autres chercheurs ont, quant à eux, travaillé sur des formes architecturales plus « complexes » et d'une plus grande richesse géométrique. Par exemple, Barrios (2005), Strehlke et Loveridge (2005), ainsi que Colakoglu et Dionyan (2005) ont exploré la problématique de l'objet paramétrique en architecture en travaillant respectivement sur des colonnades, des motifs ornementaux et du mobilier. Les paramètres de ces divers objets peuvent se voir affecter des valeurs interchangeableables, transformant ainsi la morphologie de l'entité; la modification itérative des valeurs permet la génération de tout un ensemble de variantes, à des fins exploratoires. Le concepteur dispose ainsi d'un outil d'investigation lui permettant d'explorer les multiples configurations pouvant être générées à partir de l'objet de base.

Bien que certains travaux démontrent qu'il est possible d'avoir recours à l'objet paramétrique pour développer de nouvelles variantes à partir d'éléments architecturaux existants, il semble qu'il n'existe pas (ou peu) de bibliothèques d'objets paramétrés réalisés à partir d'une typologie d'éléments architecturaux patrimoniaux. La carence dont nous venons de faire état nous a conduit à explorer cette approche et à élaborer une bibliothèque de modèles 3D paramétriques, réutilisables aussi bien dans un contexte de restitution de la forme architecturale que dans un contexte de conception.

3. La rupture des processus typologiques

On peut considérer que, jusqu'au XIX^{ème} siècle, l'art de bâtir est fondé sur la tradition. L'évolution des formes se fait graduellement; les nouvelles configurations sont basées sur les précédentes et modifiées dans le but de les adapter à divers contextes. Ce type d'évolution constitue ce que Caniggia et Maffei (2000) appellent un processus typologique; les modifications progressives des formes de l'architecture vernaculaire entraînent l'émergence de nouvelles configurations, constituant divers filons, pouvant être organisés sous forme d'une structure arborescente.

À partir du milieu du XX^{ème} siècle, il y a rupture du processus typologique qui caractérisait, depuis toujours, la production du bâti, notamment en raison de l'industrialisation croissante de la fabrication des composantes du bâtiment. Le modernisme entraîne alors une standardisation de la configuration des éléments architecturaux, ce qui tend, dans nombre de cadres bâtis, à gommer le caractère particulier de l'architecture vernaculaire. De cette rupture, découle un appauvrissement notable du vocabulaire architectural.

Étant donné que, dorénavant, les nouvelles configurations de l'objet architectural ne sont plus basées sur les précédentes, les cadres bâtis en viennent, dans une certaine mesure, à être caractérisés par la discontinuité. Les corrélations entre le milieu construit existant et l'apport de l'individu qui est appelé à y intervenir sont, dans bien des cas, insuffisantes. Les innovations proposées par le concepteur sont pour ainsi dire détachées du contexte dans lequel elles sont insérées (Caniggia et Maffei, 2000).

Nous voulons ici démontrer que, bien que les processus aient été interrompus, les filons typologiques développés au cours des siècles ne sont pas nécessairement taris. Pour peu que l'on entreprenne d'explorer l'espace de solutions défini par un vocabulaire architectural donné, des configurations entièrement nouvelles peuvent émerger, nous semble-t-il, à partir de collections de formes appartenant au passé. L'objet paramétrique, qui a été présenté à la section précédente en tant qu'agent apte à diversifier le répertoire d'images du concepteur, pourra ainsi favoriser une certaine ré-adhésion aux processus typologiques. Il nous apparaît que notre outil de modélisation paramétrique serait susceptible de constituer un auxiliaire précieux dans cette recherche formelle et pourrait favoriser une certaine réappropriation de la richesse géométrique propre au bâti ancien.

4. Principes de la méthode

Les éléments architecturaux (murs, toitures, ouvertures, etc.) sont tout d'abord étudiés pour différents styles architecturaux et différentes époques à partir des données bibliographiques et des techniques de construction (partie 5). Chaque composant est ensuite décrit par ses paramètres et sa méthode de création 3D.

Lorsque l'utilisateur choisit un objet dans la bibliothèque, ce dernier est créé en temps réel avec les valeurs des paramètres lus dans le fichier. Les paramètres peuvent alors être modifiés (Fig 1) pour adapter la forme aux désirs de l'utilisateur. On peut partir, par exemple, d'une fenêtre simple et y ajouter un linteau, un appui, composés eux-mêmes de divers éléments. Les différentes instances créées pour un élément donné avec diverses valeurs pour les paramètres sont ensuite enregistrées dans des fichiers de paramètres dans une bibliothèque, permettant une réutilisation ultérieure.

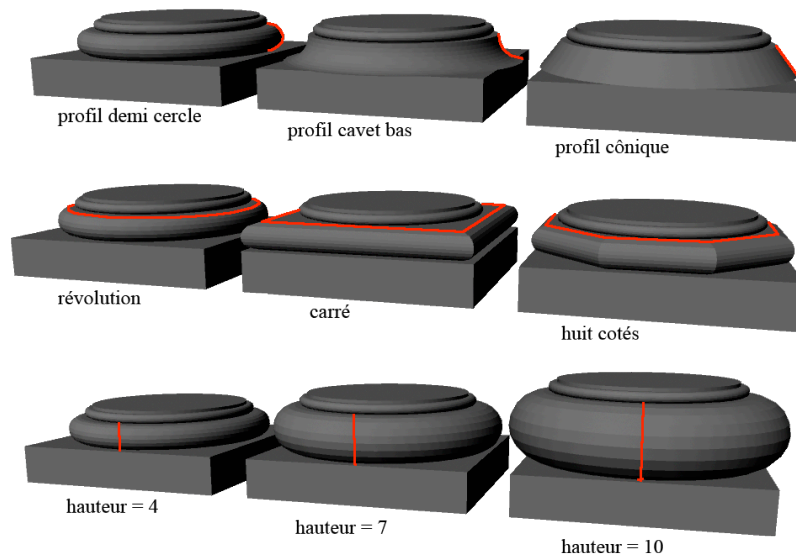


Figure 1 : Modification des paramètres de l'élément moulure (rayon, hauteur et forme).

Le développement du logiciel a été réalisé dans l'environnement Maya (MEL et C++). Maya (Maya 2008) permet l'ajout de plugins et de

menus à l'interface utilisateur. A chacun de nos composants architecturaux, correspond un objet Maya; à chaque paramètre, correspond un attribut Maya modifiable dans l'interface.

En outre, Maya permet l'utilisation de toutes les fonctionnalités du modeleur pour l'adjonction d'éléments particuliers non prévus. En d'autres termes, lorsque l'objet paramétrique ne permet pas à l'utilisateur d'élaborer le volume requis, il est possible d'avoir recours aux fonctionnalités du logiciel pour modifier le volume ou en peaufiner les détails. Enfin Maya n'est pas seulement un modeleur, mais aussi un logiciel de synthèse d'images qui peut être utilisé pour diverses finalités : présentation 3D du projet, simulations diverses, etc.

5. Etude architecturale

Dans cette partie, nous allons exposer la démarche adoptée pour la consignation de l'information, la classification des cas de figure et le paramétrage.

5.1. Consignation de l'information

Nous travaillons à délimiter le corpus d'artéfacts qui sera ultérieurement pris en considération. Bien évidemment, pour un élément architectural donné, il ne saurait être question de prétendre à l'exhaustivité; il s'agit plutôt de constituer une collection d'éléments représentatifs de la diversité des configurations existantes. Nous avons entrepris d'une part une recherche documentaire afin d'obtenir des représentations graphiques des éléments architecturaux dans les cas où les plans et élévations des bâtiments ont été archivés. D'autre part, nous procédons à des relevés photographiques pour constituer une banque d'images illustrant la diversité des cas de figure.

5.2. Classification

La deuxième phase de la démarche est une classification de l'information. Face à une collection d'artéfacts appartenant à une même famille, l'élaboration d'une typologie est la stratégie que nous avons adoptée pour tenter de faire émerger un sens à partir d'une réalité complexe. La démarche typologique consiste d'abord à effectuer un classement sommaire en fonction d'attributs intrinsèques, c'est-à-dire des

caractéristiques formelles. Il s'agit ensuite, par le biais d'un processus itératif, de modifier les facteurs de classification et la composition du corpus, jusqu'à en arriver à une organisation satisfaisante.

5.3. Paramétrage

La troisième phase est l'exploitation des données collectées. Nous analysons la morphologie de chacun des cas de figure appartenant aux types identifiés, dans le but de formaliser la façon dont les volumes sont constitués et organisés. Cela nous permet d'identifier les paramètres (par exemple dans le cas d'une fenêtre : morphologie du châssis et du linteau, nombre et configuration des vantaux, présence de montants, meneaux, imposte, etc.) et d'analyser les relations entre ceux-ci. Nous repérons ce qui est constant et ce qui varie au sein des différents regroupements afin d'en décrire la nature et les interconnexions.

Nous envisageons de rendre possible, pour le concepteur, un processus exploratoire faisant intervenir le hasard. Pour chacun des paramètres, l'utilisateur pourra modifier la valeur qui sera assignée par le système de façon aléatoire, à l'intérieur d'une fourchette de valeurs acceptables. Le recours à la méthode heuristique, pour élaborer des configurations nouvelles et créer rapidement diverses alternatives, pourra créer un effet 'contre-intuitif' venant enrichir le répertoire d'images de l'individu ayant entrepris la démarche exploratoire. Ce dernier aura ainsi accès à ce que le philosophe Pierre Lévy (1990) appelle « l'imagination assistée par ordinateur ».

6. Études de cas et exemples

Les objets paramétriques que nous développons sont exploitables aussi bien dans un contexte de restitution que dans un contexte de conception. En ce qui a trait aux projets de restitution de bâtiments patrimoniaux, GOP dispose actuellement d'un certain nombre d'objets architecturaux classiques comme les voûtes, coupoles, colonnes et profils moulurés. Ceux-ci nous ont permis de construire le modèle 3D de divers monuments historiques tels que l'abbatiale Saint-Sauveur à Figeac ou la mosquée Suleymaniyé à Istanbul. L'utilité des objets paramétrés, ajustables aux données existantes, n'est plus à démontrer dans ces cas-là.

Par ailleurs, les éléments architecturaux qui se retrouvent aussi bien dans le bâti ancien que dans l'architecture contemporaine (murs, toitures,

portes, fenêtres, etc.) nous offre l'opportunité de tester notre outil dans le cadre de l'élaboration de nouvelles configurations à partir de cas existants (Figures 2 et 3). Notre contexte d'application est constitué des villes de Montréal (Canada) et de Nancy (France). Montréal nous est apparu comme un terrain d'expérimentations intéressant puisque, à partir du XIX^{ème} siècle, les ramifications de la structure arborescente constituant le processus typologique se sont développées dans des directions inédites. La pluralité des sources d'inspiration (période gothique, Renaissance, classicisme, etc.) nous offre une grande diversité de configurations d'éléments architecturaux à partir desquels élaborer les objets paramétriques. Le cas de Nancy, quant à lui, constitue un cadre bâti historiquement plus étendu et plus varié (gothique, renaissance, classique, art nouveau). Il est clair, ici, que l'intérêt de l'approche proposée repose sur la flexibilité des objets paramétriques élaborés et donc sur la richesse géométrique des vocabulaires architecturaux sur lesquels ils ont basés.

Comme nous l'avons établi à la section 3, la rupture des processus typologiques amène parfois le concepteur architectural à proposer des innovations détachées du contexte dans lequel elles sont insérées. Ce que nous cherchons ici à mettre en avant, c'est la possibilité de développer un outil d'aide à la conception adapté au milieu culturel dont le concepteur architectural est issu. Il ne s'agit pas ici de miser sur la nostalgie du passé, sur ce que Chaoy (1992) appelle une « hypervalorisation » du patrimoine; notre intention est plutôt de mettre en valeur la richesse géométrique de cadres bâtis existants et de réfléchir aux moyens à mettre en œuvre pour faire fructifier cette richesse.

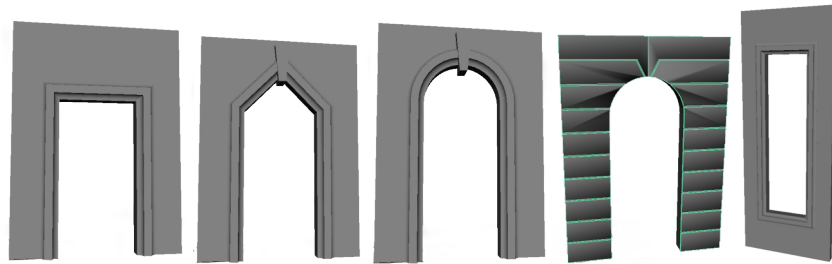


Figure 2 : diverses formes de linteaux pour les portes (horizontal, triangulaire et en arc de cercle) avec présence ou non d'une clé. Exemple de porte avec des rainures et d'une fenêtre avec un profil mouluré.

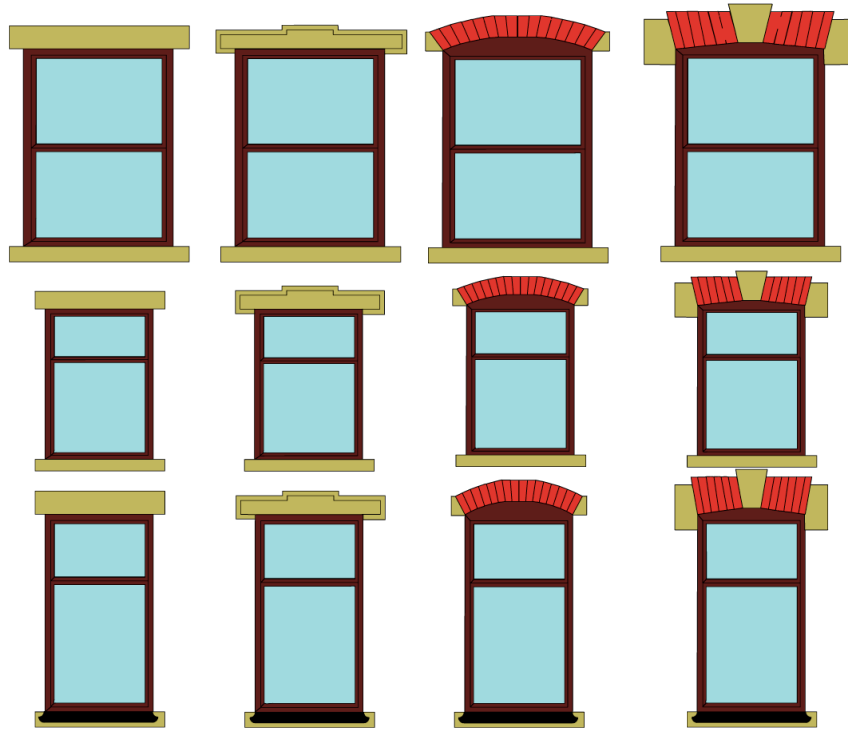


Figure 3 : Multiplicités de solutions pour une fenêtre de type guillotine.

7. Conclusion et travaux futurs

Nous avons présenté l'outil que nous développons pour la génération de formes architecturales inspirées du bâti ancien. Il s'agit là d'un projet en cours de réalisation; beaucoup de travail reste à faire. Nous n'en sommes encore qu'au tout début de l'étude de la classe des ouvertures et de son implémentation. Nous entreprendrons sous peu la création d'une interface permettant à l'utilisateur d'explorer les multiples configurations pouvant être dérivées à partir d'un objet de base.

Il s'agira par la suite de découvrir si cette démarche peut être utile au concepteur architectural, sur le plan cognitif. Nous serons amenés à vérifier dans quelle mesure il est possible d'enrichir un processus de conception. Dans cette optique, nous testerons nos interfaces avec des étudiants

en architecture et/ou des architectes en pratique privée. La question à laquelle nous serons alors en mesure de fournir des pistes de réponses est la suivante: La richesse géométrique des types identifiés, jumelée à la variété des valeurs pouvant être affectées aux divers paramètres, rend-elle possible un processus exploratoire à des fins créatives ?

Bibliographie

- Barrios, C. (2005). Transformations on Parametric Design Models. *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, Vienne.
- Colakoglu, B., Dionyan, S. (2005). A Parametric Form Generator: ConGen. Digital Design: The Quest for New Paradigms. *23rd eCAADe Conference Proceedings*, Lisbonne.
- Caniggia, G. et Maffei, G. L. (2000). *Composition architecturale et typologie du bâti*. Versailles, Ville recherche diffusion.
- Chevrier, C et J.P. Perrin (2008) : Laser range data, photographs and architectural components, *ISPRS conference*, Beijing, July 3-11, p 1113-1118.
- Choay, F. (1992). *L'allégorie du patrimoine*. Paris, Seuil.
- Lévy, P. (1990). *Les technologies de l'intelligence*. Paris, La Découverte.
- Strehlke, A. L. et Loveridge, R. (2005). The redefinition of Ornament. *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures*, Vienne.
- Wetzel J.P, S. Belblidia et J.C. Bignon (2007) : Proposition d'opérateurs morpho-sémantiques paramétriques d'assistance à la conception de formes architecturales, *SCAN 2007*, Liège, Belgique, 10-11 mai, pp.
- Wetzel J.P, S. Belblidia et J.C. Bignon (2007) : Specification of an operator for the design of architectural forms: "Pleating", *eCAADe* , 26-29 sept, Frankfurt, Allemagne, pp

Logiciel Maya 2008 : <http://usa.autodesk.com>