

## **01Design11**

**Adeline Stals (1), Catherine Elsen (2), Sylvie Jancart(3)**

adeline.stals@uliege.be

(1) et (3) Université de Liège, Faculté d'Architecture - LNA

(2) Université de Liège, Faculté des Sciences Appliquées – LUCID

### **Génération de formes complexes par la paramétrisation dans les PME**

# Génération de formes complexes par la paramétrisation dans les PME

## RESUME

Les outils de conception numérique et plus particulièrement les outils de modélisation paramétrique sont en train de modifier le processus de conception architecturale. De nombreux chercheurs ont étudié les influences des outils paramétriques dans de grands bureaux dont les pratiques paramétriques sont relativement poussées. Ils font état de leur influence et de l'intérêt croissant pour les architectes compte tenu des nouvelles perspectives qu'ils ouvrent (rythme de travail et diversité morphologique). Cependant, les applications dans les agences d'architecture de petite et moyenne taille (PME) sont de ce fait ignorées. Cette contribution analyse comment les PME belges se positionnent par rapport à la complexité croissante des outils numériques de manière générale, et à l'appréhension des logiciels paramétriques. Nous analysons les résultats recueillis à la lumière de la théorie de Sébastien Bourbonnais sur les notions de « lâcher prise » ou de « laisser aller ».

## MOTS CLEF

Modélisation paramétrique, outils paramétriques, PME, complexité

## INTRODUCTION

La revue de la littérature catégorise fréquemment l'outil numérique de deux façons opposées : soit comme le prolongement du dessin à la main, c'est-à-dire rien de plus qu'un outil de représentation augmenté de quelques options d'assistance; soit comme un outil médiateur qui refaçonnera véritablement le cœur de la réflexion et de la pratique architecturale. Différents projets architecturaux désormais réalisés nous poussent à considérer l'outil numérique comme un des nouveaux leviers de l'innovation en matière de morphologie architecturale (Stals et al., 2016). Parmi les outils numériques en vogue, on retrouve notamment les outils dits paramétriques qui modifient profondément le processus de conception architecturale traditionnel.

À l'origine, la modélisation paramétrique a été développée pour la conception dans des domaines tels que l'aérospatiale et l'automobile (Dilys & Burry, 2010). Les «architectes stars», grâce à leurs grandes équipes multidisciplinaires et les ressources dont ils disposent pour former ces équipes à un nouveau processus de travail, sont parvenus à adopter et adapter ces outils innovants à leurs besoins. Les études de Shelden (2002) et de de Boissieu (2013), analysent en détail ces grands bureaux dont les pratiques paramétriques sont reconnues, mettant de côté le travail produit dans les agences d'architecture de petite et moyenne taille (PME).

Cet article, en analysant les résultats d'un questionnaire en ligne sur les pratiques et usages des outils numériques en architecture, ouvre la discussion sur l'état des pratiques actuelles du paramétrique dans les petites structures belges.

## REGARD THEORIQUE DE LA PRATIQUE PARAMETRIQUE EN ARCHITECTURE

L'intégration des outils numériques en architecture a créé ce que l'on peut considérer comme trois ruptures : entre la forme et la structure ; à l'interface des compétences et savoirs multidisciplinaires au service du processus de conception et au niveau de l'échelle et de la tectonique du projet (Picon, 2010 ; Stals et al., 2016). Faisant ce constat, le défi à relever consiste donc à conserver la diversité et la richesse morphologique de l'architecture tout en retissant les liens avec la structure et la

technique, et en rétablissant un cheminement de transmission de l'information cohérent entre phases de conception et de réalisation.

D'après Oxman et Gu (2015), la modélisation paramétrique détiendrait quelques-unes des clés susceptibles de rendre au processus une cohérence, depuis la conception jusqu'à la construction contrecarrant ainsi au moins en partie l'établissement de ces ruptures. Elle permettrait ainsi une coordination et une diffusion plus aisées des éléments d'un projet, à tous les stades, à toutes les échelles et à tous les acteurs. De ce point de vue, les outils paramétriques s'inscrivent dans la démarche de conception car ils permettent de travailler de manière flexible au sein d'une démarche tout à fait itérative.

On constate cependant que la modélisation paramétrique n'a pas résolu tous les problèmes : la question de la maîtrise du processus de génération de la forme et de la maîtrise de la forme elle-même suscite par exemple encore des débats. Certains architectes perçoivent les outils de modélisation paramétrique comme figés, inadaptés aux premières étapes de la conception. Ils craignent également une perte totale de contrôle sur le processus de conception, au profit de l'ordinateur qui se substituerait à leur expertise.

Mario Carpo discute notamment dans ses écrits cette possible perte d'autorité de l'architecte comme auteur du projet. Il explique que « *les ordinateurs n'imposent pas en eux-mêmes des formes, pas plus qu'ils ne renvoient à des préférences esthétiques.* » (Carpo, 1993, p.16). Il rappelle ainsi qu'il est du ressort des architectes de conserver, ou non, un certain degré d'intentionnalité au sein de leur démarche formelle.

Sébastien Bourbonnais démontre également que l'utilisation des outils paramétriques porte en elle, intrinsèquement, la promesse d'un renouvellement des principes de maîtrise de la forme. Analysant le processus de conception de plusieurs architectes exploitant la modélisation paramétrique, il a investigué les notions de « lâcher prise » ou au contraire de « laisser aller », de « laisser faire ». Ces deux derniers termes sous-entendent que la machine génère des formes de manière complètement autonome avec une intervention de l'architecte uniquement pour choisir une des propositions finales plaçant la machine et le concepteur dans un rapport de force. Il ressort des observations de Bourbonnais, qu'il est plus judicieux de parler en architecture de « lâcher prise », car le concepteur, même s'il laisse l'ordinateur travailler seul durant un certain laps de temps, reste l'unique responsable de la solution choisie, elle-même retravaillée, et ainsi de suite dans un processus itératif qu'il maîtrise (Bourbonnais, 2015).

Plusieurs questions se posent dès lors: les concepteurs actifs au sein de plus petites structures expériment-ils les outils paramétriques de la même manière ? Connaissent-ils les mêmes craintes ? Ont-ils plus fondamentalement un intérêt pour les nouvelles technologies et les logiciels tels que les outils paramétriques? Ces outils sont-ils largement adoptés par cette frange d'architectes à l'heure actuelle?

## **REGARD SUR LES PRATIQUES DES PETITES ET MOYENNES AGENCES D'ARCHITECTURE BELGES**

### **Méthodologie**

La méthodologie invite près de 13.000 architectes et ingénieurs architectes belges à répondre à un questionnaire en ligne élaboré en trois sections principales. Celles-ci reprennent respectivement des données démographiques afin de contextualiser chaque profil, questionnent la culture numérique et

les usages numériques de manière générale et investiguent les connaissances en matière d'architecture paramétrique.

## Description de l'échantillon

La description complète du questionnaire (contenu, mise en œuvre, critères d'exclusion) ainsi que les détails de l'échantillon sont décrits dans l'article (Stals and al., 2017a, 2017b). Après sélection, 572 réponses ont été traitées ce qui représente 4,1% des architectes inscrits aux différents Ordres des Architectes en Belgique.

L'intérêt porté sur les petites structures se justifie d'autant plus qu'une enquête datant de 2014 (Architects' Council of Europe, 2015) présente effectivement des données démographiques tout à fait similaires à l'échantillon étudié ici. Cette étude a par ailleurs démontré que la quantité de bureaux de taille moyenne diminue continuellement, en faveur de structures plus petites. La table 1 illustre donc la pertinence du cas belge et l'intérêt d'un recentrement de la recherche sur des structures de plus petite taille, puisque, selon notre enquête, 42,7% des répondants travaillent dans une agence d'une ou deux personnes et que près de 80% des participants travaillent dans une structure accueillant moins de 10 personnes.

Taille du bureau (nombre de personnes)	1 à 2	3 à 5	6 à 10	10 à 20	20 à 50	50 à 100	NA
Pourcentage	42,7%	22,6%	12,4%	11,9%	5,2%	3,7%	1,6%

Table 1. Distribution de la taille des bureaux en Belgique selon notre étude.

## L'impact des outils numériques sur de la diversité morphologique

Tout d'abord le sondage a offert aux participants la possibilité d'exprimer leurs appréciations quant aux aspects et fonctionnalités des logiciels qu'ils utilisent en général. Certains concepteurs affirment que *"le projet peut être rapidement modélisé en 3D"* grâce à des outils de conception numérique, *«les changements sont plus faciles à réaliser sans coûts importants (temps, énergie)»*. Le modèle 3D leur permet de *"vérifier l'impact des choix architecturaux"* et *"l'intégration urbaine"*. Les logiciels facilitent également des *«échanges plus rapides»* avec les partenaires.

Parmi les aspects négatifs les plus couramment signalés par les participants, le fait qu'il y ait *«trop d'outils disponibles»* avec des *«mises-à-jour trop fréquentes»* et à des *«prix élevés»* est considéré comme un défi en termes de rythme de travail au quotidien. Un autre critère souligné comme crucial est que *«les formes complexes sont difficiles à représenter»* (ex. les courbes) et dès lors, produire un *«élément non standard est complexe»*, poussant à *«moins de créativité»*. La Figure 1 confirme de manière qualitative ce ressenti en réponse à la question *«Les outils numériques que vous utilisez en conception architecturale dans le cadre de vos projets ont... [pas du tout / légèrement / fortement / pas d'avis] 1. augmenté votre vitesse d'exécution d'un projet 2. favorisé la diversité des formes que vous produisez 3. facilité les échanges avec les intervenants 4. facilité la mise en œuvre de vos projets»*. Les répondants s'entendent sur le fait que les outils numériques ne favorisent majoritairement que légèrement, voire pas du tout, la diversité de la forme conçue et produite.

Au-delà de ce constat, les outils numériques ont fortement accru la vitesse d'exécution des projets, facilité les échanges entre les intervenants ainsi que la mise en œuvre des projets (Figure 1, 55 abstentions).

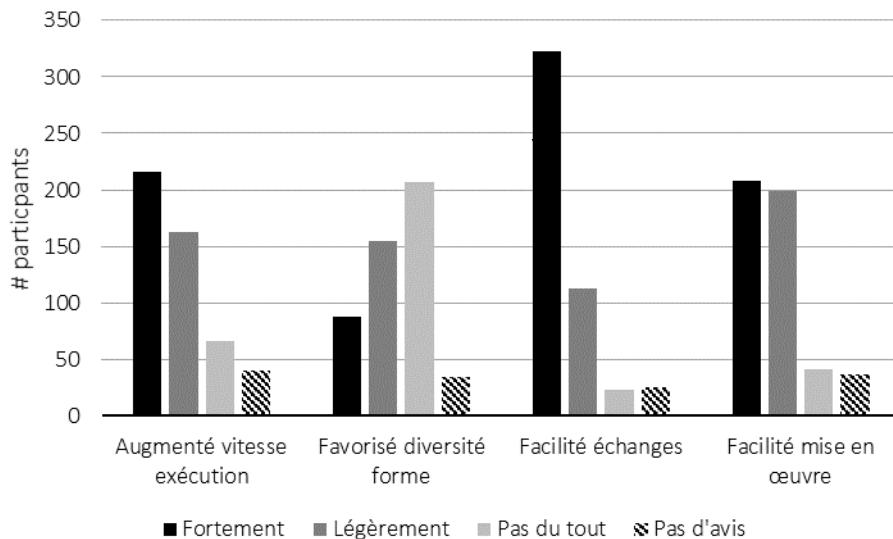


Fig. 1. Influence des outils numériques sur différents paramètres prédéfinis de la conception architecturale.

### Les outils paramétriques comme outils de réconciliation ?

Les données recueillies révèlent que plus de la moitié des architectes (51,5%) n'ont jamais entendu parler du terme "modélisation paramétrique". Nous constatons qu'une légère tendance à mieux connaître la modélisation paramétrique se marque, plus la taille des bureaux est grande.

Nos résultats soulignent par ailleurs que seulement 14,4% des répondants déclarent être "préoccupés" par l'arrivée de ces outils paramétriques sur le marché, laissant 38,6% des participants non concernés et 47% sans opinion. L'examen de la Figure 2 démontre que plus la taille du bureau est grande, plus le taux d'intérêt pour les outils paramétriques est élevé. Les petits bureaux, tout du moins à l'heure actuelle, y voient donc un intérêt plus limité.

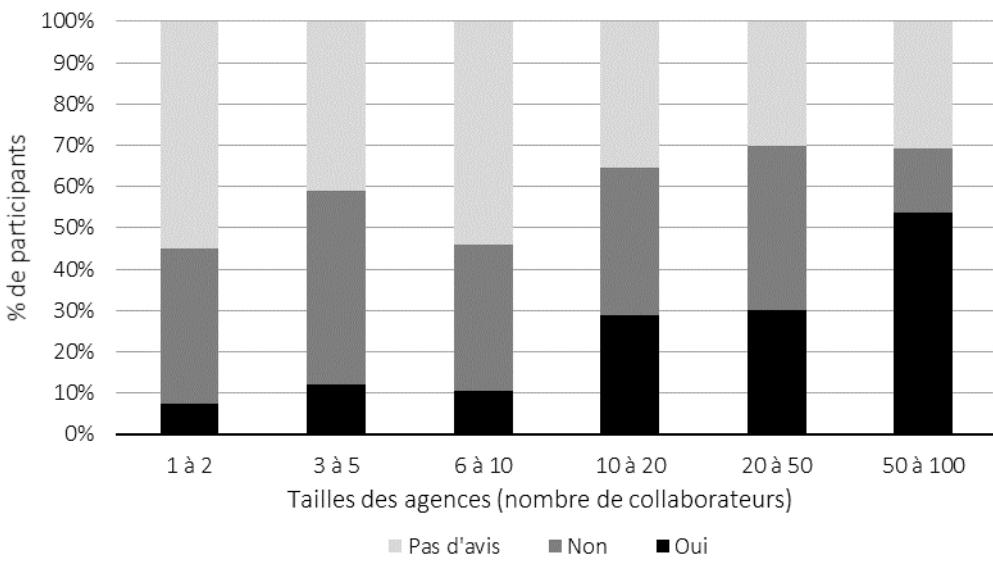


Fig. 2. Taux d'intérêt des outils paramétriques en fonction de la taille des bureaux.

La Figure 3 illustre plusieurs impacts potentiels des outils paramétriques sur le processus de conception et la manière dont les participants évaluent cet impact. La proportion des réponses «je ne sais pas» confirme la méconnaissance générale de l'impact des outils paramétriques. Cependant, lorsque les répondants ont une opinion (bâtonnets noirs) ils considèrent que les outils paramétriques facilitent beaucoup la génération de formes à géométrie complexe. Plus généralement, les

participants reconnaissent que les outils paramétriques facilitent différents aspects du processus de conception confirmant ainsi les recherches d’Oxman et Gu (2015).

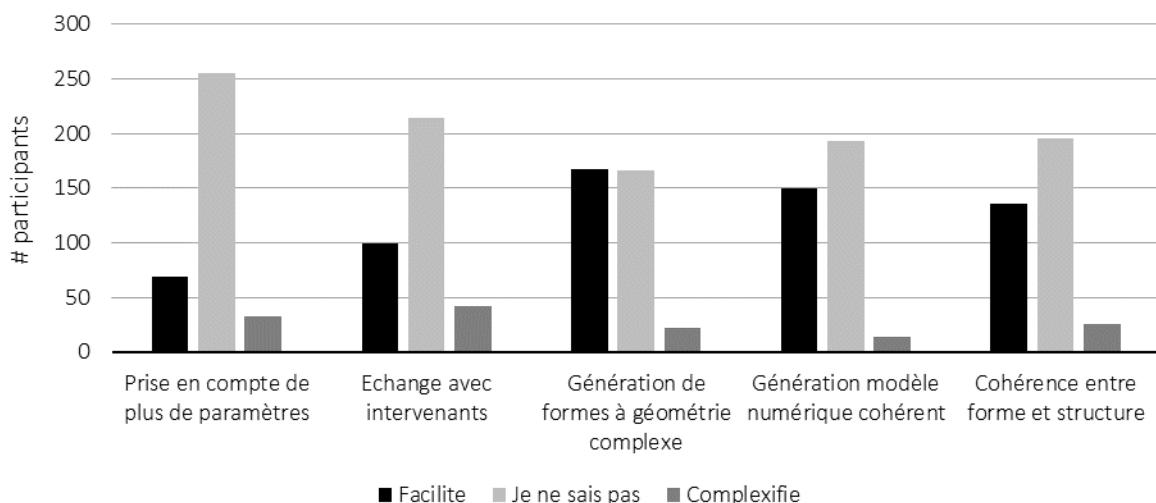


Fig. 3. Influence des outils paramétriques sur divers paramètres du processus de conception.

En examinant comment ces résultats se répartissent en fonction de la fréquence d'utilisation, d'autres observations intéressantes émergent. Parmi ceux qui n'utilisent pas encore d'outils paramétriques, 39,6% pensent qu'ils peuvent notamment faciliter la génération de formes à géométrie complexe. D'autre part, parmi ceux qui déclarent utiliser des outils paramétriques (12,5%), une grande majorité considère qu'ils facilitent de manière beaucoup plus significative la génération de formes complexes (86,4%).

Par ailleurs, près de 60% des non-utilisateurs préfèrent ne pas se prononcer en ce qui concerne l'impact de ces outils sur les différents paramètres énoncés tandis que seuls 18,2% des utilisateurs ont indiqué « ne pas savoir ».

### Raisons majeures du rejet du paramétrique

Comme relevé dans les résultats de l'enquête, la pratique quotidienne du paramétrique contribue à mieux en saisir les intérêts. Ce résultat est en corrélation avec une autre question posée pour clore le sondage. Les participants ont classé six difficultés principales rencontrées, définies à la lumière de l'état de l'art, (ou auxquelles ces non-utilisateurs pouvaient s'attendre) lors de l'utilisation d'outils paramétriques – difficulté de rester à niveau, apprentissage lent et laborieux, interprétations des résultats formels peu aisée, perte de contrôle de la forme de l'architecte au profit du logiciel, processus de travail méthodologique, rapidité d'exécution diminuée. En première position vient l'apprentissage lent et laborieux des logiciels pour 44,3% des répondants utilisant ou non les outils paramétriques. C'est en effet l'un des problèmes rencontrés lors de l'utilisation de logiciels en général. En seconde position, les participants (34,3%) mentionnent la difficulté de rester à niveau en raison des mises-à-jour fréquentes et du coût des formations. Deux difficultés sont ensuite mises en évidence (pour respectivement 30,5% et 18,6% des répondants): la difficulté d'interprétation des résultats formels au niveau technique et structurel la peur de perdre le contrôle de la forme conçue en faveur du logiciel. La méthodologie de travail et la diminution de la vitesse d'exécution associées à l'utilisation d'outils paramétriques semblent être considérées comme moins cruciales pour les concepteurs interrogés (cinquième et sixième position pour respectivement 34,3% et 50,5% des participants).

Si nous comparons à présent les difficultés rencontrées par ceux qui utilisent déjà les outils paramétriques et ceux qui ne les utilisent pas encore, nous constatons que la peur de perdre le

contrôle de la forme s'atténue fortement classant cette difficulté respectivement à la troisième position pour 18,7% et à la cinquième position pour 15,4% des participants (classement de la difficulté la plus importante à la moins importante).

## DISCUSSION

Suite à cette analyse, nous pouvons affirmer qu'il existe un écart important entre les grandes agences internationales d'architecture et la majorité des architectes belges. Alors que les technologies numériques ont libéré l'exploration morphologique d'une partie des architectes de par le monde, la plupart des architectes belges se sentent plutôt aliénés par ces outils.

L'analyse des résultats révèle que les outils numériques traditionnels ne sont pas considérés comme favorisant la diversité des formes produites. Cependant la nouvelle génération d'outils paramétriques semble constituer une solution possible pour retrouver une recherche formelle flexible au sein du processus de conception dans le quotidien des petites et moyennes agences d'architecture. Les pratiquants de ces outils en sont conscients mais la méconnaissance générale de l'intérêt de ces outils, notamment dans et pour les PME, reste importante.

Nous pouvons en conclure que la méconnaissance des outils paramétriques pousse les concepteurs à trouver la pratique de ces outils trop lente et à créer une peur infondée quant à la perte de contrôle.

Rappelons que les outils paramétriques, au contraire de simples outils de modélisation, permettent d'aller au-delà des simples variations esthétiques de modèles généralement obtenus par des méthodes d'essais-erreurs. La manipulation sur la forme uniquement engendre effectivement la perte de contrôle ; les outils paramétriques, eux, permettent au contraire d'adopter une démarche qui intègre au sein du processus la réflexion technique et structurelle.

La crainte de cette perte de maîtrise de la forme, additionnée à la non-compréhension des principes profonds qui sous-tendent le fonctionnement des logiciels paramétriques, souligne la nécessité de promouvoir la formation des nouvelles techniques et technologies pour les concepteurs dans les petits et moyens bureaux d'architecture en Belgique.

## BIBLIOGRAPHIE

Architects' Council of Europe. *La profession d'architecte en Europe : une étude du secteur*. Etude réalisée par Mirza & Nacey Research (2015), consulté le 10/08/2016 <http://www.ace-cae.eu/>

Bourbonnais, S. (2015). *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*. Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est.

Carpo, M. (1993). *Ten years of folding*. In *Folding in Architecture*. Londres: 1993, nouvelle édition: 2004.

Dilys, F. et Burry, J. (2010). *Software Openness: Evaluating Parameters of Parametric Modeling Tools to Support Creativity and Multidisciplinary Design Integration*. D. Taniar et al. (Eds.): ICCSA

de Boissieu, A. (2013). *Modélisation paramétrique en conception architecturale : Caractérisation des opérations cognitives de conception pour une pédagogie*. Thèse de doctorat de l'université de Paris Est.

- Oxman, R., Gu, N. (2015). *Theories and models of parametric design thinking*. In Proceedings of the 33rd eCAADe Conference.
- Picon, A. (2010). *Culture numérique et architecture*. Bâle : Birkhäuser
- Shelden, D. (2002). *Digital Surface Representation and the Constructibility of Gehry's Architecture*. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology.
- Stals, A., Elsen, C., Jancart, S. (2016). *Ruptures et démesures de l'architecture non-standard à l'ère du numérique : la paramétrisation comme outil de réconciliation*. Actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique.
- Stals, A., Elsen, C., Jancart, S. (2017a): *Practical Trajectories of Parametric Tools in Small and Medium Architectural Firms*. In CAAD Futures.
- Stals, A., Jancart, S., Elsen, C. (2017b). *La complexité dans la pratique architecturale numérique : le cas des bureaux belges de petite et moyenne taille*. Revue Lieuxdits – (anti)crise architecturale ?