

---

# L'impact des méthodes computationnelles sur l'intention des architectes dans le processus de conception

## Entre design intentionnel et libération du geste créatif au risque d'une décontextualisation du projet

Salma Akrouf – Calixte Xavier – Pierre Leclercq

### Résumé:

Cet article discute des avantages et des dérives des démarches génératives de la conception architecturale sur l'intention du concepteur et l'authenticité du geste créatif. Suite à une pratique où le code informatique devient le nouveau crayon des architectes, tout le système procédural et cognitif de la conception se redéfinit pour décrire une approche intentionnelle et préméditée.

Sur la base d'une analyse de différentes séquences de processus paramétriques observés in situ, notre approche tente de comprendre les processus assistés par les méthodes computationnelles et motivés par la libération du geste créatif malgré les risques de décontextualisation. L'article explique la hiérarchie et la structuration du design intentionnel instrumenté d'outils paramétriques dans le cadre de la conception architecturale et tente de quantifier la part de créativité, vu ici comme le design non intentionnel.

### Mots clés:

*Méthodes computationnelles, conception architecturale paramétrique, automatismes génératifs, geste créatif, processus cognitifs, design intentionnel structuré, design non intentionnel.*

## 1. Introduction

Les outils informatiques deviennent les alliées incontournables des concepteurs et révolutionnent visiblement la conduite des processus de conception, dont celui de l'architecture. Les paradigmes basculent rapidement suite à l'intégration des nouveaux langages de l'informatique qui offrent des outils capables de paramétrer une série d'actions intentionnelles dans le processus créatif. La démocratisation du web et l'abondance de l'information ouvrent l'accès à l'apprentissage de nouvelles pratiques de conception et influencent la stratégie intentionnelle et non intentionnelle des concepteurs. Les logiciels de conception s'orientent vers une approche de détournement-réutilisation basée sur les automatismes génératifs pour redéfinir tout un mode de production des supports informationnels et changent l'approche de gestion des données relatives au projet architectural et à son processus.

Nous traitons dans cet article la question de l'impact du design paramétrique comme design intentionnel structuré et assisté par des modeleurs génératifs sur le processus créatif de la conception architecturale. Suite à une analyse de diverses enquêtes dans le contexte de l'architecture paramétrique, nous discutons de l'authenticité du produit architectural face aux spécificités de cette conception paramétrique basée sur la réutilisation de données et de modèles.

Nous questionnons une pratique de la conception qui redéfinit le geste créatif du concepteur entre une rationalisation augmentée et une démesure du design qui renvoie à une potentielle décontextualisation de l'architecture produite.

## 2. La conception paramétrique une approche avancée d'assistance à l'activité des architectes

### 2.1. La conception paramétrique une procédure intentionnelle pour générer le projet architectural

L'approche de conception paramétrique a fait l'objet de plusieurs recherches qui démontrent son origine dans la logique mathématique (Akrou, 2021). Bien avant l'instrumentalisation numérique de cette approche, le travail d'Alexander (1977) a mis en évidence le concept du « design patterns »<sup>1</sup> pour définir une logique de conception paramétrique faite main, la « Sagrada Familia » de Gaudi reste l'exemple le plus connu réalisée grâce à cette approche. Le travail de Woodbury (2010) a révolutionné l'usage de la conception paramétrique en y intégrant cette idée de "patterns" comme une aide aux architectes pour rendre la modélisation (paramétrique) plus accessible en réutilisant des séquences préétablies du processus afin de résoudre des problématiques récurrentes. De Boissieu (2014) questionne les activités cognitives impliquées dans ce travail de réutilisation qu'elle vulgarise en utilisant le terme « copier-coller », une expression qui nous pousse à réfléchir sur cette pratique vis-à-vis de l'authenticité de l'intention conceptuelle, du processus et de son produit.

Aujourd'hui la conception paramétrique s'appuie principalement sur les capacités de l'outil informatique et les algorithmes complexes, elle se rattache à la pratique de la modélisation paramétrique via des modeleurs génératifs. Il s'agit d'une démarche de programmation visant la création de formes à partir de paramètres à valeurs variables. Elle permet d'explorer des niveaux supérieurs de la complexité géométrique en favorisant la génération d'objets flexibles, adaptables et évolutifs par l'exécution de codes informatiques (Akrou, 2021). La modélisation paramétrique est devenue plus accessible aux architectes grâce aux modeleurs paramétriques (comme l'exemple du plug-in « Grasshopper »)<sup>2</sup> puisqu'ils se basent sur la programmation visuelle<sup>3</sup> de nœuds<sup>4</sup> et ne nécessitent pas l'écriture directe d'algorithmes complexes pour la construction des modèles géométriques. L'interface des modeleurs paramétriques permet un affichage interactif de la géométrie générée en parallèle à la programmation par code de script visuel. Le concepteur se retrouve face à deux types de représentation pour un même objet : une première interface qui lui permet d'agir sur les fonctions paramétrées et une deuxième propre à la volumétrie générée par ces fonctions (de Boisseau et al., 2010).

### 2.2. La conception paramétrique, comme structure du design intentionnel.

Nous nous joignons aux références qui présentent la conception paramétrique comme une approche de « pensée différente » (Oxman, 2007-2016; Davis, 2013; Woodbury, 2010; Trezidis, 2010; Schumacher, 2009). Le concepteur se voit concevoir autrement en explicitant des liens et des relations logiques entre différents paramètres responsables de l'élaboration d'objets dessinés auparavant d'une manière plus intuitive. L'agencement et la connexion de divers paramètres de

---

<sup>1</sup>« Design pattern » un concept initié par l'architecte Christopher Alexander avec sa compilation de modèles réutilisables (repris ensuite par plusieurs informaticiens). « Design Patterns » traduit en français par modèles, schémas, patrons ou motifs de conception. Un "pattern" de conception est une solution générale réutilisable pour un problème récurrent d'architecture ou d'autres problèmes (techniques, sociaux...) (Akrou, 2021).

<sup>2</sup>Un modeleur paramétrique - un environnement de programmation visuelle des plus accessibles conçu par David Rutten (2007) pour être attribué comme plugin au logiciel de modélisation explicite Rhinocéros 3D (créé en 1999 par McNeel et associés).

<sup>3</sup> La programmation visuelle ou programmation graphique est un langage de programmation informatique qui permet de créer des « scripts » à partir d'un assemblage d'éléments graphiques, représentés généralement sous forme de boîtes appelées « nœuds » (Akrou, 2021).

<sup>4</sup>Les « nœuds » appelés aussi « blocs » sont des capsules préétablies qui protègent les codes (des fonctions ou des sous programmes). Les nœuds s'affichent sous la forme d'une boîte fermée avec des éléments d'entrée et de sortie et permettent leurs mises en relation et l'affectation de paramètres et ensuite l'exécution du programme (Akrou, 2021).

nature différente permettent de décrire un champ d'application très vaste. Concrètement, en modifiant quelques valeurs, il devient possible de tester rapidement plusieurs combinaisons tout en garantissant la traçabilité du processus. La capacité générative intègre l'intelligence artificielle en utilisant des algorithmes de recherche méta-heuristiques<sup>5</sup> pour découvrir de nouveaux résultats très performants au sein d'un système de conception donné. La prise en charge des opérations de conception avec des calculs complexes laisse une grande marge à l'imprévisible dans l'approche du design. L'architecte peut orchestrer en même temps beaucoup de problématiques dans le but d'optimiser intentionnellement sa réponse mais ne peut anticiper complètement la résultante de l'objet conçu.

L'approche paramétrique influence le rôle du concepteur, celui-ci « *ne se limite plus à l'élaboration d'un objet exclusif, mais plutôt à la conception d'une famille de formes, dont la solution retenue représentera un état significatif au sein de cet ensemble de potentialités. Le concepteur ne dessine plus un objet mais un système d'objets possibles, une machine à explorer les virtualités* » (Marin, 2018).

De plus, là où porte notre intérêt, nous constatons qu'avec les mécanismes génératifs offerts par les modeleurs paramétriques, les concepteurs s'investissent intentionnellement dans la structure générative de l'objet conçu, c'est-à-dire la manière d'organiser le processus créatif en tant que tel (Akrouf, 2021; de Boissieu et al., 2010).

La pratique se traduit d'une part, par l'instanciation et le contrôle associés à l'encodage et la gestion des paramètres, et d'autre part par l'émergence et l'itération associées de l'objet généré. Le média numérique est utilisé comme outil de création et de transformation des formes, il ouvre l'exploration via une « *morphogenèse numérique* » (Kolaravic, 2003). Bien qu'elle libère l'exploration et qu'elle permet à des automatismes de prendre en charge quelques opérations, l'approche paramétrique dépend toujours de la capacité humaine (Pramod, 2019). C'est au concepteur de varier manuellement les paramètres et d'évaluer les résultats. Les caractéristiques précédentes positionnent la conception paramétrique dans un dilemme entre contrôle (l'intentionnel) et liberté (le non intentionnel), sur lequel nous construisons notre réflexion en révisant d'autres caractéristiques comme la réutilisabilité de patterns, (Oxman, 2007 ; Woodbury 2010) et le phénomène du lâcher prise décrit par Bourbonnais (2017) comme une mutation numérique du geste architectural comme le présente

### 2.3. Problématique associée à la structuration du processus de conception paramétrique.

Nous considérons la conception architecturale comme un processus particulier en vue de produire une architecture ou sa représentation. Il s'agit ici de gérer différentes catégories d'informations dès le début du processus (énoncés, programmes, contraintes, pré-acquis du concepteur, etc.) qui se transformeront suite à une série d'activités cognitives instrumentées en un objet complexe représentant l'objet architectural. Appliquer une approche paramétrique à ce processus ajoute un nouveau type d'informations : langage algorithmique, code informatique, mise en œuvre technique, patterns, représentations spécifiques, structure générative de géométries, etc. Cet usage change la méthode de conception dite classique par une structuration outillée des intentions et nécessite de ce fait d'autres compétences et connaissances tant dans l'approche que dans la maîtrise des outils numériques employés. L'utilisation de ces outils paramétriques amène le concepteur à s'investir dans différentes activités cognitives supplémentaires comme les « *opérations pragmatiques d'usage* », les « *opérations logiques* » liées aux relations associatives des paramètres (de Boissieu, 2013). Le travail de modélisation paramétrique induit deux niveaux dans la conception architecturale : la conception du modèle paramétrique et la conception d'une instance (de Boisseau et al., 2010). L'effort cognitif devient double pour alterner entre connaissances de conception et

---

<sup>5</sup>C'est un algorithme qui vise la résolution des problèmes difficiles d'optimisation (souvent issus des domaines de la recherche opérationnelle, de l'ingénierie ou de l'intelligence artificielle) pour lesquels on ne connaît pas de méthodes classiques plus efficaces" (Hachimi,2013).

règles algorithmiques avec en plus la gestion même de l'outil et de son interface. Une étude menée par Yu et al (2015) démontre que l'effort cognitif consacré aux problématiques de conception baisse devant l'amplification de l'effort dédié aux opérations logiques et aux règles algorithmiques en avançant dans le processus.

Sur ce constat, nous avons développé notre problématique autour de deux questions engendrées par l'usage de l'outil paramétrique dans la conception que nous considérons ensuite comme des objets de discussion :

- En augmentant la charge cognitive du concepteur, la structure du processus ne réduit-elle pas la liberté créative (design non-intentionnel) ?
- L'utilisation de patterns (automatismes génératifs) dans le modèle paramétrique permet-elle de déduire l'effort et de gagner le temps qui sont dédiés à l'activité principale de la conception ?

### 3. Analyse du processus de conception paramétrique et de ses aspects caractéristiques

Pour répondre aux questions précédentes, nous étudions l'utilisation des modeleurs à capacité générative dans les processus de conception architecturale ; le choix de notre étude se porte sur le cas du plug-in Grasshopper associé au logiciel de modélisation explicite Rhinoceros. Pour augmenter la qualité et la complémentarité des données nous avons réalisé :

- des observations pour comprendre l'usage réel des outils paramétriques et leur impact sur le processus. Pour ce faire et afin de maîtriser l'environnement, nous avons mis en situation (pratique paramétrique) des novices dans un exercice de réalisation architecturale spécialement adapté à leur niveau (6h);
- des entretiens auprès d'une dizaine de concepteurs adeptes de la démarche ;
- un questionnaire en ligne pour identifier les stratégies opérationnelles des usagers de l'outil paramétrique;

Chaque méthodologie cible une population particulière et répond à un objectif précis (tableau 1).

<b>Technique de collecte de données</b>	<b>Groupe cible (profils)</b>	<b>Objectif</b>	<b>Traitement et analyse</b>
<b>Observation in situ d'activités de conception paramétrique (+ une série d'entretiens – confrontations)</b>	<b>2 Experts et 3 Novices (5 processus)</b>	Comprendre les stratégies opérationnelles + approches de la pensée paramétrique/Analyser des processus et modéliser les activités cognitives. Comprendre l'usage de l'outil paramétrique au-delà de la modélisation des formes Complexes	Analyse des processus
<b>Entretiens semi-directifs</b>	<b>Experts (au nombre de 10: enseignants, chercheurs et architectes)</b>	Retour d'expertise technique et procédurale ; définir les motivations exploratoires de l'usage de l'outil paramétrique + les états de l'intention de l'architecte.	Analyse de contenus thématiques
<b>Entretiens directsifs / questionnaire en ligne</b>	<b>Novices (60 canevas)</b>	Problématiques de prise en main de l'outil de conception paramétrique et motivations d'usage	Dépouillement statistique + analyse de contenus (réponses ouvertes)

**Tableau 1** : *Le corpus de données : méthodologie, objectifs et traitement déployé.*

Nous avons adapté à chaque méthodologie le traitement des données adéquat (tableau 1):

- Les observations sont traitées de diverses manières vu la variété des supports recueillis (prise de notes, documents produits par les acteurs, enregistrements vidéos, etc.). L'objectif était la mise en évidence des séquences d'usage de l'outil paramétrique et de comprendre la construction de sens dans l'activité cognitive du concepteur. L'analyse de l'activité observée nous permet d'identifier la nature des intentions de conception entre intentionnel et non intentionnel.
- Concernant les entretiens, ils font l'objet d'une analyse thématique (verbatim) pour comprendre la manière de penser et les objectifs des concepteurs lors de l'utilisation des outils numériques paramétriques.
- Enfin, pour le questionnaire, nous utilisons une procédure classique de dépouillement, de codage et d'analyse à la manière des traitements statistiques, sauf pour les réponses texte qui sont codifiées pour une analyse de contenu thématique.

#### 4. Résultats et discussions

Notre discussion tourne principalement autour de l'authenticité du processus et du geste créatif vu ici comme la part non intentionnelle du design qui est souvent influencé par l'emploi des automatismes génératifs dans des phases exploratoires de la conception.

Le tableau suivant (tableau 2) est une synthèse de l'analyse des séquences de processus paramétriques observées ou discutées (entretiens). Nous mettons en parallèle 3 séquences : la procédure, la mise en œuvre paramétrique et la satisfaction du résultat. Malgré les différences entre les différents processus de conception paramétrique observés (tableau 2) nous soulignons des caractéristiques majeures dans la pratique et nous y développons notre discussion.

Motivation pour l'usage de l'outil paramétrique	Modéliser une forme complexe		Paramétrer les contraintes physiques		Traduire et paramétrer un concept abstrait
Processus	P1- Processus 1 (étudiant)	P2-Processus2 (expert)	P3- Processus 3 (étudiant)	P4- Processus 4 (étudiant)	P5- Processus 5 (expert)
Eléments de synthèse					
1) Organisation du travail-procédure	Usage immédiat de l'outil  Usage fréquent des documents fournis maquette physique  <b>Recours à internet : site spécialisé, tutoriels, exercices et modèles préétablis dans le cours ( en vue de réutiliser)+documents divers</b>	Usage immédiat de l'outil  Usage fréquent des documents fournis+ maquette physique  <b>Recours aux patterns pré-utilisées (Bibliothèque personnelle) Utiliser des volumes capables + patterns génériques</b>	Procédure d'esquisse classique  Phases de réflexion <b>recours fréquent aux tutoriels/patterns préétablis</b>  Alterner avec la maquette physique	Procédure d'esquisse classique  Phases de réflexion <b>recours fréquent aux tutoriels/blog/patterns préétablis</b>  Alterner avec la maquette physique	<b>Esquisse la modélisation:</b> (annoter des fonctions, paramètres et logiques de liaison)  <b>Recours aux sites spécialisés-tutoriels</b>  <b>Révision de patterns préétablis</b>
2) Problématiques conception vs mise en œuvre paramétriques	effort + temps supérieurs dédiés à la mise en œuvre	effort + temps supérieurs dédiés à la mise en œuvre	effort + temps supérieurs dédiés à la mise en œuvre	effort + temps supérieurs dédiés à la mise en œuvre	effort + temps supérieurs dédiés à la mise en œuvre
3) Etat du résultat/ Satisfaction du concepteur	Conforme/ Satisfaction assurée	non conforme/ Satisfaction limitée	non conforme/ Satisfaction limitée	Non conforme/ Satisfaction assurée	Résultats conformes/ Satisfaction assurée

**Tableau 2 :** Synthèse des processus de conception observés.

Les résultats du questionnaire et des entretiens servent à expliciter et nuancer les résultats obtenus lors de l'observation. Nous opérons nos analyses en alternance dans une procédure de construction de sens qui mise sur la triangulation des différentes données collectées.

#### 4.1. L'impact de la démarche paramétrique sur le processus de conception

Lors de nos observations, nous avons observé des étapes dites *pré-opérationnelles* à la modélisation paramétrique. Même si la manière et le timing différent d'un concepteur à l'autre (d'un processus à l'autre), nous avons constaté qu'une partie non négligeable du temps consacré à la réalisation de l'exercice était exclusivement consacré à la structure de la démarche. En effet, si on s'attarde sur les processus P3 et P4 (tableau 2) on identifie différents moments fragmentés dans le processus dédié à la démarche paramétrique et qui représente un cumul de 4 heures sur 6 au total (c'est-à-dire 2 heures seulement de l'exercice sont réservées aux problèmes de conception).

Une étape préliminaire à la préparation de la modélisation paramétrique s'ajoute ainsi à celles du processus de conception architecturale. Cependant, elle ne garantit pas pour autant, le succès immédiat des opérations entreprises et encore moins le résultat généré. C'est notamment le cas du P2 (tableau 2) dont le processus de conception n'aboutira pas, bien qu'il ait été mené par une personne maîtrisant la technologie.

Nous pouvons confirmer que l'usage d'un logiciel paramétrique n'est pas aussi intuitif que décrit dans la littérature. Le concepteur, avant d'utiliser un de ces outils, doit d'abord définir tous les éléments nécessaires à l'identification d'une forme (topologie, typologie, caractéristiques et relations entre les différents éléments...), puis codifier l'information sous forme de paramètres (liés ou non) dans le langage de la technologie choisie. On constate un détournement de l'activité cognitive du concepteur au profit de la stratégie technique et opérationnelle. A travers l'ensemble du corpus étudié, nous retenons que le concepteur, quelque soit son niveau de maîtrise consomme beaucoup de temps à la structuration de la démarche et à l'exploration de la méthode en comparaison avec le temps consacré aux aspects relatifs à la réponse architecturale. Ce que nous ajoutons par rapport à la littérature, c'est cet effet de détournement de l'intention et la perte du fil conducteur à la réflexion de l'objet conçu, car le processus est coupé par une série d'opérations de modélisation qui n'est pas toujours fructif.

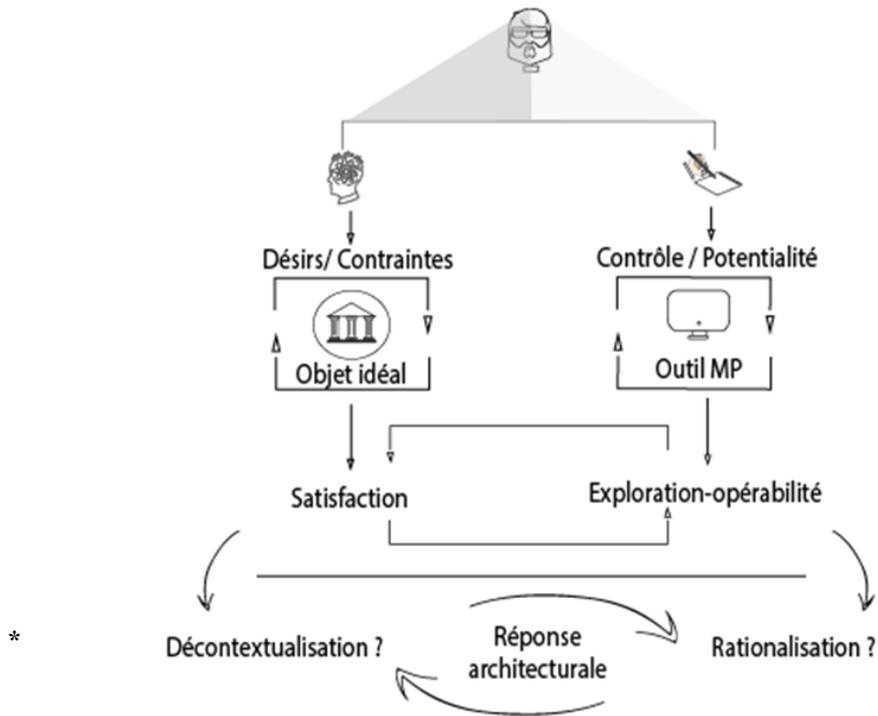
#### 4.2. La réutilisation des patterns au service du processus de conception

La pratique de la réutilisation des patterns (automatisation générative) est observée à des degrés différents chez les concepteurs. Deux facteurs exprimés justifient cette pratique : le gain de temps et la prise de risque réduite.

Pour le processus P2 (tableau 2), le concepteur assume cette pratique en soulignant l'importance de travailler sur des solutions génériques pour gagner du temps, et réduire la charge mentale au profit d'autres problématiques plus importantes. Ce qui est paradoxal, c'est que le processus n'aboutit pas au résultat dans les temps et le concepteur reste insatisfait. Dans un autre processus étudié, P3 (tableau 2), le concepteur explique ouvertement son intention de réutiliser des patterns déjà essayés dans un précédent projet. Enfin si être authentique s'oppose à toute forme de « copier-coller », la question qui en découle est : jusqu'à quel point la reproduction du même schéma de conception peut-elle impacter l'authenticité de l'objet conçu ? Malgré l'anticipation de la démarche, la précision de certains paramètres de départ et de leurs relations, le processus reste une manifestation imprévisible (design non intentionnel) qui survient en cours de route suite à l'usage du modéleur paramétrique. L'effet surprise n'est pas toujours apprécié de la même façon, dans certains cas observés le résultat dépasse les attentes, pour d'autres, c'est un facteur perturbateur. L'exemple du processus P4 apprécie l'imprévisible qui a permis d'enrichir la conception, mais le concepteur du P3 exprime sa frustration face à cet effet qui lui fait perdre le contrôle sur son processus.

#### 4.3. La conception paramétrique comme performance créative et le risque d'une décontextualisation du projet.

Dans la continuité de la discussion autour des enjeux d'une procédure soutenue par des automatismes puissants. Cette performance conduit parfois le concepteur à une attitude de '*lâcher-prise*' (Bourbonnais, 2014) et nous amène à vouloir vérifier l'authenticité du geste créatif et de l'objet conçu. Le concepteur, contaminé dans le contexte contemporain par une tendance esthétique sophistiquée et hyper-médiatisée, mise généralement sur la performance de l'outil pour satisfaire ses désirs (figure 1 – colonne de gauche). Il est alors mis à l'épreuve devant une nouvelle forme d'exploration qui lui fait faire des choses auxquelles il n'aurait pas pensé. D'un autre côté l'approche permet certainement une meilleure optimisation (figure 1– colonne de droite) pour atteindre l'*équilibre* souhaité dans une réponse architecturale entre les désirs du concepteur et les contraintes du projet.



**Figure1.** L'exploration paramétrique : une quête de réponses plus performantes entre rationalisation et désir du concepteur.

Nos résultats montrent que l'activité principale risque d'être détournée vers des résolutions de problématiques opérationnelles ou des explorations superflues qui perturbent l'objectif principal du concepteur, qui est concevoir une architecture dans un contexte précis.

Nous craignons une dé-contextualisation de l'activité et du produit architectural (figure 1-partie inférieure) dans une pratique *qui glorifie l'exploit technique* et l'audace du geste accompli par le concepteur. L'usage *immodéré* de la modélisation paramétrique risque aussi *de sombrer dans un fonctionnalisme réducteur*. À force de vouloir tout calculer, on désinforme le produit architectural de sa poésie. La rationalité augmentée par la gestion de contraintes et les calculs s'oppose à l'esprit même de la conception d'une architecture qui ne peut pas se réduire à « *l'examen d'une gamme de réponses possibles eu égard à la combinaison de quelques variables ou paramètres introduits dans un logiciel de modélisation (...) un bâtiment et son contexte ne sauraient être un produit idéal issu d'une formalisation qui prétend fournir une solution optimale* » (Wachter 2009). Toute la question verse ici dans la capacité d'assurer un équilibre entre les désirs, les contraintes et les capacités génératives sans compromettre le contexte et les dimensions sensibles, à défaut desquels on voit naître des *bâtiments autistes* incapables d'entrer en dialogue avec leur contexte et leurs usagers. Entre contraintes et désirs, contextualisation et liberté de création, *la conception du projet connaît des contradictions et se déroule sous l'empire d'une rationalité limitée* car il s'agit toujours d'une création humaine.

## 5. Conclusion

La modélisation paramétrique pousse le concepteur à mener son processus autrement en procédant par une démarche structurée d'optimisation. Cependant, les performances de la technologie sont susceptibles de détourner l'activité principale de conception au profit d'une mise en œuvre technique qui risque de décontextualiser les intentions de l'architecte et de l'architecture produite. L'observation des pratiques nous a permis de comprendre les usages réels faits de ces outils et de mettre en évidence la charge cognitive, ainsi que le temps nécessaire à la mise en œuvre de la

structuration d'un tel processus. Toutefois, les limites de l'étude pourraient être comblées par de l'observation en situation professionnelle et des questionnaires à plus grande échelle.

Suite à notre analyse, nous craignons que certains architectes s'inscrivent dans une vague du marketing compétitif en préconisant une esthétique tape à l'œil au détriment, parfois, d'une architecture utilitaire et en adéquation avec son contexte. Parallèlement, d'autres concepteurs, qui dans une volonté excessive de raisonner leurs conceptions et de contrôler leurs processus s'acharnent sur des calculs immodérés jusqu'à la réduction des dimensions poétiques de l'architecture et/ou qui perd du sens.

Il serait toujours important de croiser « les sauts technologiques » liés aux outils numériques avec le design non intentionnel en vue d'assurer une cohérence inventive entre le processus et son produit dans chaque cas de conception. Cette cohérence doit être en permanence actualisée face à l'évolution rapide des pratiques de conception et des technologies. Il est possible d'envisager que cette cohérence soit assurée par 'le seul concepteur' (maitre de l'œuvre) ou grâce à une approche collaborative pour soulager le processus cognitif d'un seul individu. Aujourd'hui, de nouvelles questions se posent à nous, notamment au sujet des outils d'assistance à la conception. La problématique discutée nous ouvre ainsi différentes perspectives qui peuvent enrichir la réflexion à propos des impacts des méthodes computationnelles sur la conception architecturale.

## 6. Bibliographie

- Akrout, S., Une démarche de compréhension de l'approche paramétrique en conception architecturale : Étude des motivations exploratoires et identification des états de déclaration et de conscience de l'intention de l'architecte, thèse de doctorat de l'Université de Carthage/ Université de Liège, 2021.
- Bourbonnais, S., « Le « lâcher-prise » : mutations numériques des gestes architecturaux », *Appareil 18 | 2017 Art et médium 2 : les médias dans l'art mis en ligne* le 21 septembre 2017. URL: <http://journals.openedition.org/appareil/2398>; DOI : 10.4000/appareil.2398.
- Bourbonnais, S., Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique, thèse de doctorat de l'Université Paris-Est, 2014.
- De Boissieu, A., « Conception et réutilisation Copier-coller des processus? La réutilisation comme stratégie d'apprentissage pour la conception de l'architecture numérique » *01Design'9, Conception et Réutilisation*, 2014.
- Davis, D., *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*. RMIT University, Australie, 2013
- Hachimi, H., *Hybridations d'algorithmes méta heuristiques en optimisation globale et leurs applications*, INSA de Rouen, 2013.
- Kolarevic, B., « Computing the Performative in Architecture. Find in CUMINCAD Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing », Spon Press, London, UK, *Digital Design [21th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-1-6] Graz (Austria) 17-20 September 2003*, p. 457-464. conf.
- Marin, P « D'une conception informée par des données à la généralisation des systèmes cyber-physiques », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* [En ligne], 3 | 2018, mis en ligne le 26 décembre 2018, consulté le 11 mars 2022. URL : <http://journals.openedition.org/craup/1043> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/craup.1043>.
- Oxman, R., « Theory and Design in the First Digital Age, in Oxman R. ed. Special Issue on Digital Design », *Design Studies*, vol 27, n° 3, 2007, p. 229-265.
- Pramod, S., « Conception générative et analyse de l'espace métrique: Un cas d'utilisation de l'algorithme génétique multi-objectif dans la planification de l'espace », <https://towardsdatascience.com/generative-design-metric-space-analysis-e809d949401f>, 2019.
- Prost, R., *Conception architecturale, une investigation méthodologique*. L'harmattan Ville et architecture 1992.
- Schumacher, P., « Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design », *Architectural Design*, 79, 14-23, 2009
- Wachter, S., « Promesses et impasses de l'architecture numérique », *Flux*, 78(4), 24-37. doi:10.3917/flux.078.0024, 2009.
- Woodbury, R., *Elements of parametric design*. London, New York, Routledge, 2010.
- Yu, R., Gero, J., & Gu, N., « Architects' Cognitive Behaviour in Parametric Design », *Architects' Cognitive Beh International Journal of Architectural Computing*, 13(1), 83101, 2015. Disponible sur internet: <http://doi.org/10.1260/1478-0771.13.1.83>.