

L'immersion pour l'appréhension des outils de modélisation paramétrique en conception architecturale

Adeline Stals^{1,*}, Catherine Elsen², et Sylvie Jancart¹

¹LNA, Faculté d'Architecture de l'Université Liège, Belgique

²LUCID, Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Liège, Belgique

Résumé. L'évolution des besoins des architectes en matière d'outils de conception les a poussés à adopter et adapter des outils d'abord dédiés à d'autres secteurs. Certains de ces outils dits paramétriques sont davantage utilisés dans les grands bureaux d'architecture que dans les petites agences, qui représentent pourtant la majorité des acteurs de la conception architecturale (Stals *et al.*, 2017). Le papier se concentre dès lors sur l'analyse du ressenti d'architectes intégrés à ces plus petites structures et participant à une journée de formation. Leur appréhension des outils de modélisation paramétrique est évaluée comparativement en début et en fin de formation selon trois attributs émergeant tant de la littérature que de leurs propres réponses. L'article développe donc les résultats selon trois attributs : créativité, aspects techniques, fonctionnalités. La pertinence de l'usage de tels outils dans de petites structures est également discutée.

Mots-clés. Outil de conception, Modélisation paramétrique, PME.

Abstract. The changing needs of architects for design tools have led them to adopt and adapt tools that are initially dedicated to other sectors. Some of these so-called parametric tools are more used in large architectural offices than in small agencies, which represent the majority of architectural design actors (Stals *et al.*, 2017). This article therefore focuses on analyzing the experiences of architects integrated into these smaller structures and participating in a training day. Their apprehension of parametric modeling tools is evaluated comparatively at the beginning and at the end of training according to three attributes emerging from both the literature and their own responses. The article therefore develops the results according to three attributes: creativity, technical aspects, and functionalities. The relevance of using such tools in small structures is also discussed.

Keywords. Design tools, Parametric modeling, SME

* Corresponding author: adeline.stals@uliege.be

1. Introduction

Depuis toujours, les architectes s'interrogent quant à l'usage des outils numériques de conception, principalement en ce qui concerne leur pertinence et leur impact à différents stades du processus de conception. Les outils numériques en conception architecturale ne cessent d'évoluer, et s'avèrent le plus souvent d'efficaces soutiens aux tâches quotidiennes de l'architecte praticien. Cependant, plusieurs difficultés associées à la nouvelle génération d'outils subsistent et résultent essentiellement de la complexité globale de ces logiciels : leur maîtrise minimale est difficile à acquérir, leur logique sous-jacente est largement incomprise, leurs interfaces sont peu attractives. Les outils de modélisation paramétrique en conception architecturale, en particulier, ont d'abord été développés dans d'autres secteurs avant d'être approchés et modifiés pour être adaptés aux besoins des architectes. Les « architectes stars » ont pu s'équiper très tôt de ces outils numériques spécifiques pour surmonter certaines lacunes technologiques (Shelden, 2002). Cependant certaines recherches poussent à constater que l'adoption de ces logiciels par les bureaux d'architecture de plus petite échelle (Petites et Moyennes Entreprises, ou « PME ») reste nettement en deçà (Stals *et al.*, 2017). Comment les architectes au sein de ces structures perçoivent-ils l'usage de ces outils ? Quelle compréhension ont-ils de la modélisation paramétrique ? L'appréhension des outils de modélisation paramétrique pourrait-elle expliquer leur faible taux d'appropriation sur le terrain ?

Ces diverses questions trouvent réponse au travers de l'analyse des résultats de deux formations d'une journée dispensées dans le cadre d'une formation continue sur le processus BIM (pour *Building Information Modeling*).

2. La modélisation, la conception et les outils paramétriques en conception architecturale

2.1 Distinction de deux pratiques architecturales

Les récents développements informatiques ont nourri l'émergence de deux logiques de modélisation, ayant toutes deux acquis de la reconnaissance mais induisant parfois aussi certaines formes de confusion (figure 1) entre ces deux pratiques architecturales : la modélisation paramétrique (2) d'une part, et le BIM (*Building Information Modeling*) (3) d'autre part. Ces deux termes, couramment utilisés, se recoupent et sont parfois employés à mauvais escient. En effet, ces deux logiques de modélisation partagent l'objectif de l'intégration de données diverses dans le projet architectural. Alors que la modélisation paramétrique peut intégrer directement les données dans un processus de morphogénèse également appelé le *design computationnel*, l'intégration des données dans le processus BIM rime avec adjonction d'une couche supplémentaire d'information au modèle géométrique, cantonnant les données à des éléments statiques complémentaires.

Les logiciels permettant de supporter un processus BIM sont, en réalité, en partie des logiciels de modélisation paramétrique (1). Dès lors, pour différencier ces deux logiques de modélisation nous nous référons aux écrits de Janssen et ses collègues. Ils reprennent ces deux types de modélisation paramétrique selon les capacités techniques des outils sous les termes de « modélisation procédurale et de flux de données » (4), utilisés dans les logiciels de *design computationnel* tels que *Autodesk Dynamo*®, *Mc Neel Grasshopper*® ou *Bentley GenerativeComponents*®, qu'ils discutent selon le type d'itération que les logiciels peuvent supporter (Janssen, 2015 ; Janssen et Stouffs, 2015), en contraste avec la « modélisation associative » (5), utilisée dans les systèmes BIM tels que *Autodesk Revit*®, *Graphisoft ArchiCAD*®.

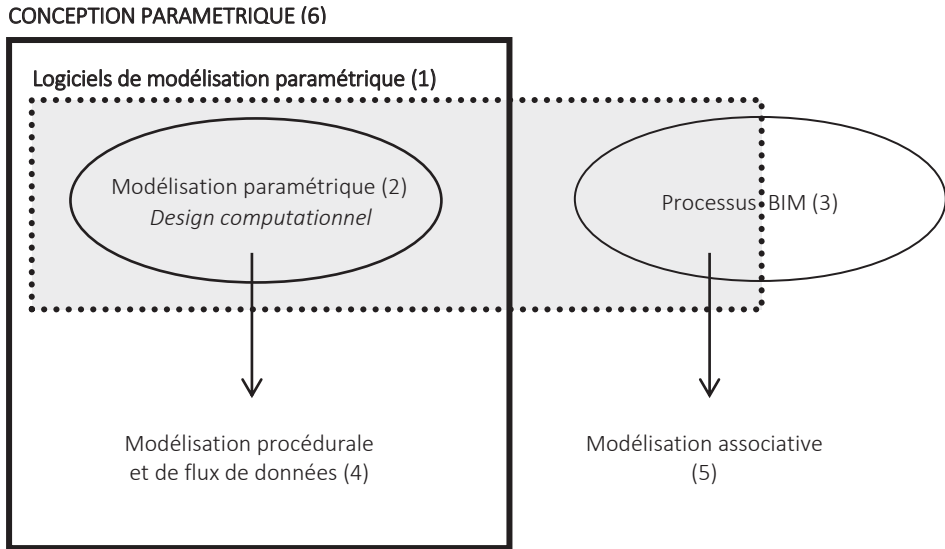


Figure 1. Schématisation reprenant les différents termes employés autour de deux logiques de modélisation.

De la sorte, nous parlons de manière distincte dans cet article d'une part des logiciels dits « BIM » et, d'autre part, des logiciels de *design* computationnel, associés ici au terme « d'outils de modélisation paramétrique », plus familier aux architectes débutants dans le domaine et sur lesquels nous nous penchons dans cet article.

Les termes étant précisés, nous pouvons alors définir la conception paramétrique (6). Il est important de remonter aux recherches formelles menées par Antonio Gaudi, notamment pour la génération des voûtes à courbure funiculaire de la *Sagrada Familia*. La conception paramétrique fut jadis analogique et ses recherches peuvent être effectivement considérées comme faisant partie des toutes premières réflexions qui mènent à la conception paramétrique actuelle entendue dans sa version numérique. Dès lors, nous pouvons définir la conception paramétrique comme une méthodologie de conception qui permet, entre autres, de générer des formes à partir de l'exploitation et la manipulation d'une grande quantité de données de type environnemental, acoustique, structurel, social ou encore urbain repris comme « paramètres ». Dans le processus de conception paramétrique, une fois les règles implémentées, un nombre illimité d'alternatives de conception peuvent être générées en parallèle (Woodbury et Burrow, 2006). Ce processus de conception est caractérisé par trois principes définis par Woodbury (2010) :

- Les concepteurs conçoivent des règles et définissent leurs relations logiques dans la création de modèles de visualisation 3D ;
- Les concepteurs peuvent modifier leur modèle à tout moment,
- Des alternatives de conception peuvent être développées en parallèle à n'importe quelle étape du processus.

Par ailleurs, la « modélisation paramétrique » sous-jacente à la conception paramétrique doit être définie en regard de la modélisation algorithmique (figure 2). Ces deux types de modélisation se distinguent principalement au niveau des types de modélisateurs utilisés. Dans le cadre des logiciels de modélisation paramétrique (7), tels que *Rhinoceros*® ou *Digital Project*®, l'utilisateur est amené à lier des paramètres et des dimensions à des contraintes géométriques préprogrammées. Par exemple, pour créer un cercle dans *Rhinoceros*®,

l'utilisateur utilise la fonction préprogrammée « cercle » et il lui fournit des paramètres (dont la position du centre et le rayon). Par contre, dans les logiciels de modélisation algorithmique (8), tels que *GenerativeComponents*© ou *Grasshopper*©, l'utilisateur est amené à utiliser un langage de programmation textuel ou visuel semblable à un code de programmation informatique qui lui permet de passer outre les limites de l'interface utilisateur (Leach, 2014). Dans la suite de cet article, bien que l'appellation « paramétrique » soit conservée car usuellement employée dans le vocabulaire architectural, nous nous concentrerons uniquement sur les logiciels de modélisation algorithmique et plus précisément sur ceux possédant une interface de programmation visuelle. En effet, ce mode de fonctionnement semble adapté et adopté par les architectes propulsant *Grasshopper*© au rang de logiciel paramétrique le plus utilisé en général (Cichocka *et al.*, 2017) mais également en Belgique (Stals *et al.*, 2017).

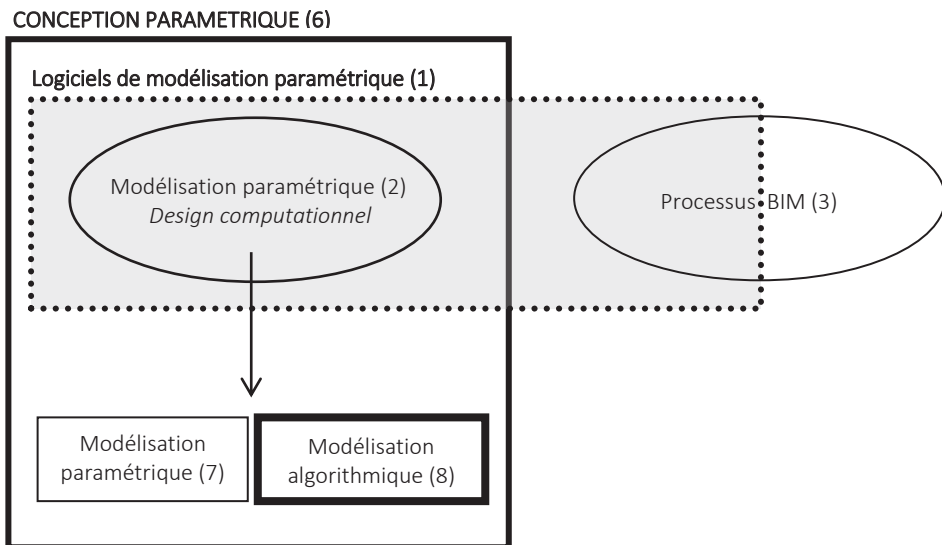


Figure 2. Schématisation reprenant les différents termes employés autour de deux logiques de modélisation.

2.2 Attributs caractérisant les outils paramétriques

Dans la suite de cet article, nous aborderons les outils paramétriques selon trois attributs.

Le premier attribut est défini selon un angle pragmatique et recouvre tous les *aspects techniques*. Plusieurs chercheurs, dont Davis et ses collègues, posent en effet la question de la complexité d'un modèle paramétrique du point de vue de la lisibilité informatique de sa structure, des éléments qui la composent et des relations entre ceux-ci (Davis *et al.*, 2011). Les évocations relatives à ce champ de réflexion décrivant la technicité informatique des logiciels sont résumées par cet attribut.

Nous définissons ensuite un second attribut à la lumière des recherches de Sanguinetti et Abdelmohsen (2007) et le nommons *créativité*, faisant référence à la notion d'exploration formelle. Traditionnellement, le dessin à main levée est associé à la phase de conception conceptuelle tandis que la modélisation paramétrique est considérée comme un outil intervenant plus tardivement lors du développement de la conception détaillée. Or, force est de constater que la modélisation paramétrique est de plus en plus utilisée pour explorer les

concepts dès le début de la réflexion (Sanguinetti et Abdelmohsen, 2007). En effet, la modélisation paramétrique permet aux architectes de définir un ensemble de paramètres et de contraintes adaptables structurés en règles, et ainsi de générer, modifier, comparer et évaluer très tôt dans le processus de multiples variantes et modèles d'objets conçus à partir de ces règles, elles-mêmes adaptables. La génération de ces multiples variantes, surtout lorsque ces variantes sont maîtrisées en regard de leurs tenants et aboutissants, enrichit considérablement la démarche formelle et conceptuelle, ouvrant un champ d'exploration potentiellement plus large que celui envisagé par la seule conscience humaine.

Le dernier attribut, intitulé *fonctionnalités*, regroupe tous les ressentis quant à l'appréhension du logiciel. Pour expliciter cette catégorie, nous nous référons aux écrits de Yu, Gero et Gu (2015). Il ressort notamment de leurs études que les outils de conception paramétriques permettent aux architectes la génération et la gestion efficaces de formes complexes, l'intégration de paramètres et données externes à la conception pour aboutir à des solutions plus rationnelles, le développement de modèles alternatifs simultanément ainsi qu'à tout moment du processus de conception.

2.3 Questionnement des pratiques paramétriques dans les PME

Bien que de nombreuses études (de Boissieu, 2013 ; Sheldon, 2002) analysent les apports de ces outils dans le processus de conception, leur usage n'est pas généralisé dans tous les types de bureaux. Une étude sur les pratiques numériques des architectes belges révèle notamment que plus de la moitié des architectes interrogés (51,5%) n'ont jamais entendu parler du terme « modélisation paramétrique » et que seuls 14,4% se sentent concernés par l'arrivée de ces outils dans leur profession (Stals *et al.*, 2017). D'autre part, l'étude confirme que plus la taille du bureau est importante, plus le taux d'intérêt pour ces technologies est élevé.

L'intérêt porté, dans la présente recherche, sur les pratiques des petites structures se justifie par ailleurs par le fait que, d'après une étude européenne, le nombre de bureaux de taille moyenne diminue continuellement, au profit de structures encore plus réduites (Architects' Council of Europe, 2015). Lors de cette étude, 74% des bureaux européens comptaient seulement une seule personne. Par ailleurs, une étude réalisée en 2016 (Stals *et al.*, 2017) démontre la pertinence du cas belge puisque 42,7% des répondants à cette enquête travaillent effectivement dans un bureau d'une ou deux personnes et que près de 80% des participants belges travaillent dans une structure accueillant moins de 10 personnes.

La seule étude ayant questionné la façon dont ces plus petites agences traitent de tels outils de conception a été amorcée en Autriche et en Angleterre mais n'a finalement pu être conclue en raison du manque de participation des architectes interrogés (Dokonal et Knight, 2008).

Ces divers résultats confirment la nécessité de se concentrer sur la compréhension et l'appréhension des outils de modélisation paramétrique par des cabinets d'architectes de petite et moyenne taille, peu étudiés par ailleurs alors qu'ils constituent pourtant la plus large proportion d'acteurs impliqués au quotidien dans la pratique professionnelle de la conception architecturale.

3. Méthodologie

La Faculté d'Architecture de l'Université de Liège organise depuis 2017 un certificat d'université en *Building Information Modeling* (BIM) pour petites et moyennes structures. Le but de cette formation continue est de former des « BIM coordinateurs » à se confronter au processus collaboratif BIM et à implémenter le processus dans la structure où ils sont

actifs. Les participants sont de différents horizons dans le secteur du bâtiment : architectes, ingénieurs architectes, ingénieurs spécialisés ou corps de métier. Le corpus est enseigné en 10 demi-journées de cours se répartissant en 6 thématiques d'enseignement, l'une d'elles étant nommée « le BIM et l'architecture paramétrique » et étant encadrée par deux des auteurs de cet article. Deux sessions ont eu lieu sous le même format (avril 2017 et octobre 2017). C'est lors de ces séances que nous avons recueilli des données sur l'impact d'une journée de formation à l'usage d'outils de modélisation paramétrique en architecture. Le logiciel enseigné lors de cette immersion est le plug-in *Grasshopper*© associé au logiciel *Rhinoceros*©.

Lors de chaque séance « *le BIM et l'architecture paramétrique* », les participants ont été interrogés sous différentes formes et à deux reprises : une première fois avant d'entamer la journée et ensuite à sa clôture. Toutes les données ont ainsi été récoltées sur place, le jour-même.

Un premier questionnaire reprenait deux questions qui ont permis de catégoriser les participants selon deux critères : usage ou non-usage du paramétrique et « bonne définition », « définition incomplète », « définition incorrecte » du paramétrique, répartissant ainsi les participants selon 6 types de profil (tableau 1).

En fonction du profil, chaque participant s'est vu attribuer un second questionnaire en ligne interrogeant ses acquis et perceptions en matière de modélisation paramétrique, sa pratique actuelle et la pertinence de l'usage de tels outils dans le processus de conception de projets par des petits bureaux d'architecture. Les différents questionnaires, fondamentalement similaires, questionnaient les participants sur les mêmes thématiques mais adaptées à leur niveau de pratique. Un exemple de question est repris ci-dessous accompagné de la question suivante apparaissant automatiquement en fonction de la réponse sélectionnée par le participant. Ces questionnaires interactifs en ligne, devaient être remplis au moment-même. La formation en tant que telle n'a démarré qu'une fois les questionnaires complétés.

Avez-vous déjà essayé d'utiliser des logiciels dits paramétriques ?

- Si c'est le cas : y a-t-il des éléments qui vous ont séduit ? Si oui, lesquels ?

- Si ce n'est pas le cas : y a-t-il des éléments qui vous ont séduit quand vous avez entendu parler de ce type de logiciels ? Si oui, lesquels ?

En fin de journée, les participants ont répondu à un troisième et dernier questionnaire de 6 questions recueillant notamment leur ressenti quant à l'usage du logiciel enseigné, aux connaissances acquises, à la pertinence de l'usage de tels outils dans le processus de conception de projets par des petits bureaux d'architecture. Certaines questions permettent de comparer l'attitude et l'aptitude des participants avant et après cette journée de formation.

4. Description de l'échantillon

L'échantillon analysé dans cet article ne prend en considération que les profils d'architecte ou ingénieurs architecte ayant répondu à la totalité des questionnaires. Certains participants à la formation n'ont donc pas été comptabilisés dans l'analyse.

Lors des deux sessions dispensées, 27 participants se sont inscrits et 16 ont répondu aux critères de sélection énoncés. Ces 16 participants sont répartis selon leur usage ou non-usage d'outils de modélisation paramétrique mais également selon la définition qu'ils ont donnée à l'expression « modélisation paramétrique ».

Une définition a été considérée comme « bonne » lorsque les participants exprimaient nettement le rapport à la gestion de données et à la recherche formelle. Par ailleurs, les définitions ont été catégorisées comme incomplètes lorsque cette distinction était moins

claire et pouvait faire référence aux logiciels BIM : « Il s'agit de réaliser une maquette 3D, non pas uniquement par le dessin mais également en paramétrant les propriétés des différents objets ». Les définitions considérées comme incorrectes exprimaient généralement la méconnaissance totale du participant face à ce terme : « J'en ai déjà entendu parler mais je ne sais pas de quoi il s'agit exactement ».

Le tableau 1 reprend la répartition des profils analysés en considérant leur connaissance et usage des outils paramétriques.

Tableau 1. Répartition des profils selon leur usage des outils de modélisation paramétrique et leur connaissance du terme « modélisation paramétrique ».

	Bonne définition	Définition incomplète	Définition incorrecte
Usage	2	1	0
Pas d'usage	2	8	3

Cette répartition nette permet de recueillir et de traiter très spécifiquement la perception de non-utilisateurs à ce type de logiciels.

5. Résultats

Nous allons à présent analyser comment les trois attributs sont perçus en début et en fin de formation, afin de visualiser l'évolution de la perception des outils de modélisation paramétrique au terme de cette journée d'immersion. Pour cela nous commençons par relever les intérêts et difficultés soulevés par les participants en début de formation, avant même donc d'obtenir toute information complémentaire relative aux enseignements et au déroulement de la journée.

Au commencement de la formation, les participants ont exprimé leurs intérêts pour les outils de modélisation paramétriques de manière assez factuelle. Du point de vue des fonctionnalités, il leur semble que les logiciels pourraient leur permettre de gagner du temps et de développer une « meilleure gestion ». Les logiciels apparaissent comme ergonomiques, « *user friendly* ». Par ailleurs, les participants évoquent la « réversibilité », car les logiciels permettent de « modifier facilement ». Cette « flexibilité via les paramètres » est exprimée comme suit par un des participants : « Quand on change le "code", on voit directement les changements du modèle dans *Rhino* ». Au-delà de ces aspects fonctionnels, le volet de la créativité est également abordé. La flexibilité évoquée permet en effet « d'acquérir une grande liberté de conception ». Le verbatim suivant exprime ce qui a séduit un des participants : « le champ des possibles dans la création architecturale par l'introduction de paramètres logiques ou mathématiques qui sont plus difficiles à implémenter par une approche dessin ». De manière plus directe, certains contributeurs expriment cela comme « la possibilité de créer des formes non standards » ou des « formes complexes ».

La catégorie non-évoquée dans les intérêts de début de journée correspond aux aspects techniques des outils paramétriques.

Concernant les difficultés ressenties avant la formation, les propos émis par les participants sont davantage de l'ordre du pressentiment et du questionnement, abordant spontanément les trois attributs définis.

Concernant les aspects techniques, on parle de « complexité apparente » et notamment un participant complète : « Quand j'ai vu un aperçu sur le logiciel lors de la modélisation, il me semblait un peu compliqué puisque ça se fait à l'aide des algorithmes mathématiques et non pas des objets prédéfinis ». Cet « encodage de données » est effectivement ressenti comme un frein à son usage. Un autre commentaire se positionne entre une problématique technique et fonctionnelle : « En tant qu'architecte, l'approche est complètement

différente : il faut décomposer toutes les manipulations, cela engendre beaucoup plus d'étapes. Une ligne est décomposée en 3 (au minimum) : un point A, un point B et une ligne qui les relie ». Il est clair qu'aux yeux de plusieurs interrogés, « une formation informatique est nécessaire ».

D'un point de vue fonctionnalité, on peut indiquer que les *designers* envisagent plutôt d'utiliser ce logiciel « *après l'avant-projet* ». Un seul autre commentaire aborde les fonctionnalités des logiciels de modélisation paramétrique et stipule de manière tranchée que ceux-ci ne sont « *pas pour la pratique classique* ».

Concernant la perception d'une place renouvelée pour la créativité architecturale, certains non-initiés émettent davantage de réserves : « Ce qui me freine, c'est plus l'intervention de ce type de logiciel dans la conception qui pourrait laisser moins de place à la créativité en amont ». Cela rejoint la remarque suivante : « si ils [les outils paramétriques] sont bien maîtrisés et utilisés judicieusement au service du projet, d'une idée... mais risquent de donner trop de facilité à certains architectes de développer facilement tout type de forme sans réflexion de fond sur l'architecture, le projet, le contexte. » Cette réflexion peut être complétée par la suivante : « Même si pour moi la recherche de forme passe en tout premier lieu par le croquis à la main ».

La figure 3 permet de visualiser schématiquement la proportion de propos recueillis par attribut, voire la proportion de propos en recouvrement entre deux catégories. Les différentes fonctionnalités perçues par les interrogés sont considérées comme de potentiels atouts tandis que les aspects techniques sont plutôt des difficultés à surmonter. Le volet de la créativité est perçu de manière équilibrée, tantôt comme un intérêt ou tantôt comme une difficulté à prendre en considération.

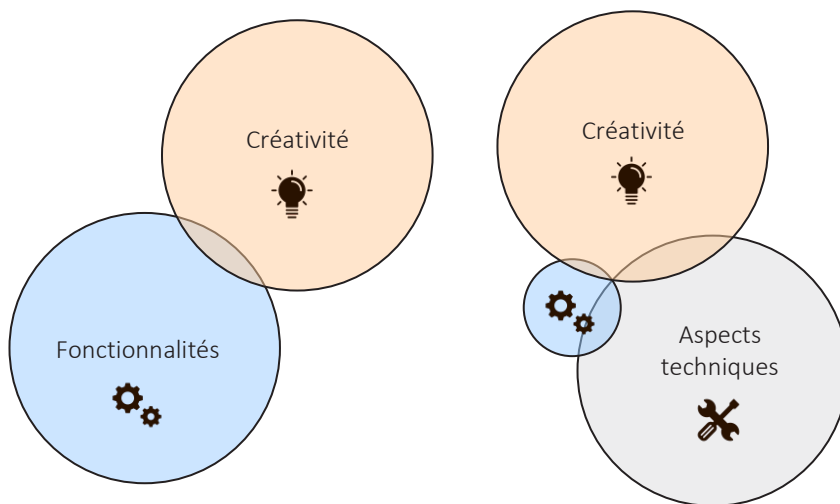


Figure 3. Comparaison des intérêts (à gauche) et difficultés (à droite) perçus avant de débiter la formation.

Après avoir développé les attraits et difficultés perçus de l'appréhension d'outils de modélisation paramétrique, les participants ont émis quelques pistes de solution pour favoriser l'usage de ce type d'outils. « *Démontrer l'efficacité* » de l'outil et le « *tester sur un cas réel* » sont deux premières hypothèses. Ensuite une « *présentation pour débloquer les a priori* » ou, plus en amont, « *une formation pendant les études* » sont proposées par les participants. Sans avoir eu recours à la formation, les participants sont très enthousiastes à l'idée de s'essayer à l'usage de ces logiciels, par exemple par l'intermédiaire d'un stagiaire qui en aurait la maîtrise (seul un participant ne désirerait pas y avoir recours).

A l'issue d'une journée d'immersion dans l'usage d'outils paramétriques, il a été demandé aux participants de décrire en 3 termes le plug-in *Grasshopper*®. Ces dénominatifs sont classés selon les trois attributs (créativité, fonctionnalités, aspects techniques) et sont accompagnés de leur récurrence au sein de la figure 4.

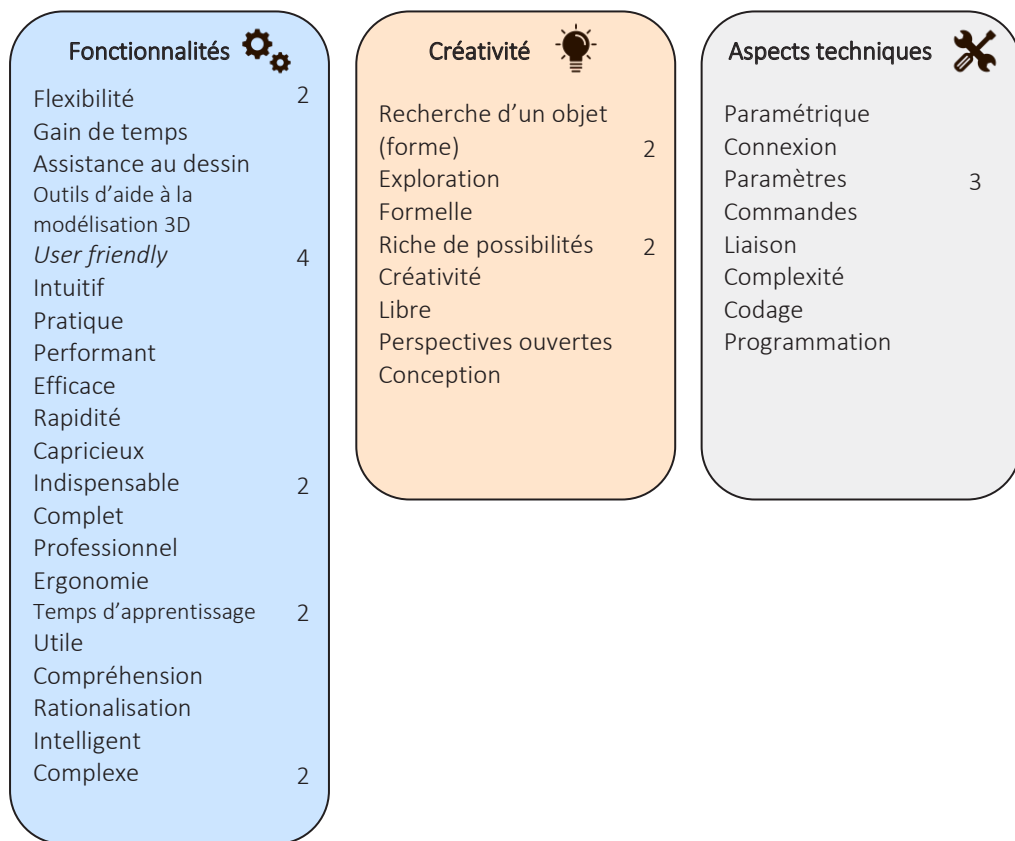


Figure 4. Termes et récurrences définissant le ressenti des participants pour le logiciel *Grasshopper*® après une journée de formation.

Comparons à présent ces dénominatifs avec les intérêts et difficultés explicités par les interrogés en fin de formation.

Premièrement, quatorze participants sont d'accord avec le fait qu'une journée de formation leur a permis de mieux cibler les avantages et inconvénients de ce type de logiciel. Onze d'entre eux recommanderaient même une formation sur le paramétrique à leurs collègues (une personne restant mitigée et trois personnes ne recommandant pas la formation car il n'y a « pas d'application directe et quotidienne dans leur secteur professionnel »).

En regard du gain de temps évoqué dans les fonctionnalités positives de départ, un participant commente que c'est « un outil supplémentaire permettant d'optimiser au mieux le temps de travail ». On retrouve également la notion de flexibilité dans les modifications permises « pour explorer les possibilités ». Cette « flexibilité permet de faire un grand nombre de tests de façon efficace » mais également d'effectuer des « modifications a posteriori ». Alliant le point de vue technique et la créativité, des commentaires stipulent que ce type d'outils « permet de réaliser des formes complexes et qu'on trouve des difficultés pour les réaliser par les autres logiciels de modélisation », « ça leur [les

architectes] libère le choix et permet leur réalisation ». « Cela donne une dimension supplémentaire point de vue conception et vitesse » mais également « pour apporter une assistance au développement ». On peut donc voir qu'à l'issue de la journée de formation, la notion de créativité est toujours présente mais accompagnée de commentaires plus techniques, alliant créativité et faisabilité.

Concernant les difficultés ressenties en fin de séance, les architectes soulèvent à nouveau l'aspect technique évoqué en début de journée : « la difficulté est que la programmation n'est pas à la portée de tous ». Cela rejoint leur pressentiment de la réussite d'une approche différente avec peut-être la nécessité d'une formation informatique pour l'encodage des données. Par ailleurs, la notion de créativité est nuancée par le commentaire suivant : « risque de copier-coller d'un projet à l'autre différent d'une architecture contextualisée, réfléchie, qui répond aux besoins spécifiques de chaque projet ». On ressent également que la notion de créativité est perçue comme potentiellement aliénée par la fonctionnalité, notamment au travers de ce commentaire : « la recherche formelle doit découler d'un processus de réflexion, d'un contexte, de contraintes... pas d'outils. L'outil doit rester à sa place d'aide à la modélisation, à la rationalisation mais ne pas prendre le pas sur la conception. ».

Comme l'illustre schématiquement la figure 5, à l'issue de cette formation les participants perçoivent et défendent toujours l'approche créative procurée par la modélisation paramétrique, vue comme un atout. Les aspects techniques sont discutés aussi bien comme un intérêt qu'une difficulté du logiciel pratiqué. Les fonctionnalités sont quant à elles peu évoquées et uniquement plutôt de manière attrayante.

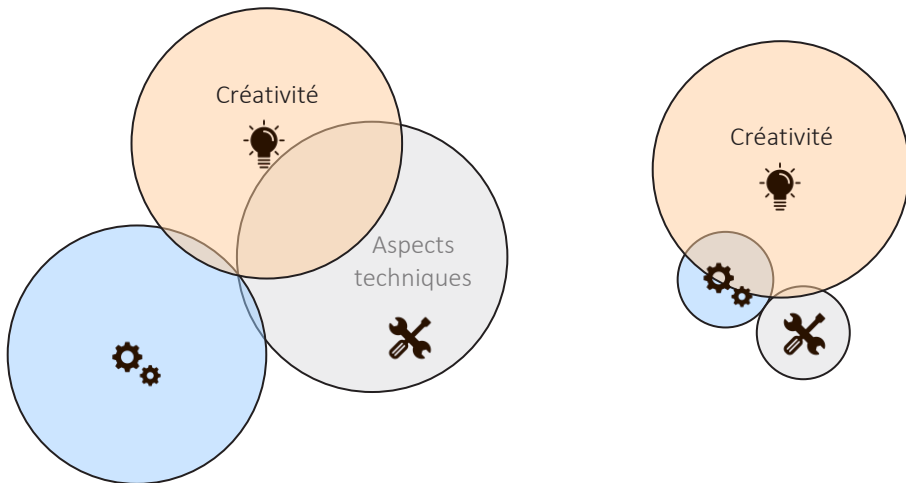


Figure 5. Comparaison des intérêts (à gauche) et difficultés (à droite) perçus en fin de formation.

Au-delà du questionnement sur les intérêts et difficultés des logiciels paramétriques, les architectes présents ont été questionnés quant à la pertinence de l'application de la modélisation paramétrique dans de plus petits bureaux d'architecture.

Au premier abord, les architectes sont partagés. Certains évoquent l'usage de ces outils pour modéliser des « projets complexes », de « grands projets », comme des « bâtiments publics ». D'autres les envisagent plutôt pour des « objets de design » ou des « éléments du second œuvre » comme un « bardage, des garde-corps ». Au-delà de cette notion d'échelle, leur application est également controversée. Certains interrogés estiment qu'ils sont pertinents pour des « éléments variables » tandis que d'autres les imaginent pour des « séries », des « auditories », des « éléments de répétition ». Ce type de logiciels serait, selon ces participants, davantage utile pour les « éléments en série ».

Enfin, des questions ont été posées quant à la pertinence de l'usage de tels outils dans de petits bureaux d'architecture. Certains soulignent le fait que l'usage de ces logiciels est pertinent pour des « questions d'expérimentation », « ceux qui sont à la recherche d'une conception assistée par logiciel mais pour des petits bureaux cela est rare » ou encore pour des « projets dont certaines contraintes sont inconnues ». En début de session, la pertinence et les applications des logiciels sont envisagées en majorité sous l'angle de la créativité.

A l'issue d'une journée de formation, treize architectes sur seize considèrent les outils paramétriques comme pertinents dans des bureaux d'architecture de moins de dix personnes. Ils sont également neuf à l'envisager dans la pratique quotidienne de leur métier. Cependant, les interrogés entrevoient toujours plus de pertinence pour les grands projets. Seuls trois participants estiment qu'il y a un intérêt pour des projets de plus petite échelle.

On retrouve notamment des réflexions se référant à la complexité de l'ouvrage. Un participant argumente: « certains projets plus traditionnels n'ont pas d'utilité à travailler avec ces logiciels ». Les logiciels sont pertinents pour tout le projet « si celui-ci est complexe ». Ils le sont également uniquement dans certains éléments du projet « si cela concerne des éléments complexes (garde-corps) ». L'échelle du projet semble avoir moins d'importance en comparaison de sa technicité. La créativité est également impactée : « ça peut servir des bureaux axés sur la recherche formelle complexe comme des tours où la plus-value esthétique est réelle », « les projets dont les contraintes ou volontés initiales risquent de changer et sont facilement paramétrables ». La pertinence de l'usage de ces outils paramétriques reste donc un aspect ouvert à débat.

6. Discussion et conclusion

Cette étude a été mise en place dans le cadre d'une formation continue sur le processus BIM. Dès lors, les participants présents à ces deux journées de formation sont a priori des acteurs présentant un intérêt pour l'intégration du numérique dans le processus de projet. Bien que nous ayons pu interroger leur niveau de connaissance concernant la modélisation paramétrique, leur ouverture au numérique de manière générale influence leur réaction face à la prise en main de nouveaux outils et, dans ce cas d'étude spécifique, leur réaction face à la modélisation paramétrique.

A l'issue de cette analyse comparative des intérêts et difficultés avant/après la journée de formation, nous constatons que les avis quant aux trois attributs sont davantage tranchés en début de journée et plus nuancés en fin de journée, un propos faisant alors plus souvent appel à deux attributs dans l'argumentaire. Ce chevauchement est visible sur la figure 6, *via* l'intersection importante des attributs en fin de journée.

L'aspect fonctionnel est un attribut largement évoqué en début de journée comme un atout des logiciels paramétriques. Il apparaît également de manière prépondérante dans les dénominatifs choisis par les participants pour décrire le logiciel utilisé et de manière positive dans les réflexions finales des participants. Les participants s'y réfèrent de manière similaire au long de la journée : beaucoup discuté comme positif en début et fin de formation, peu discuté comme difficulté en début et fin de formation. Contrairement à cela, l'aspect technique, qui semblait être entièrement une contrainte au premier abord, s'atténue largement dans ses aspects négatifs et est finalement décrit d'un point de vue plus positif en fin de journée.

Concernant la créativité, c'est un attribut qui est largement discuté tout au long des commentaires aussi bien de manière positive que négative et ce quel que soit le moment de la journée. En effet, les craintes pressenties en début de formation sont toujours discutées mais colorées d'un point de vue sur les fonctionnalités. Par ailleurs, la créativité est toujours autant discutée de manière positive et ce, en regard de la constructibilité des éléments notamment. En effet, d'une manière globale la technicité informatique de la

modélisation paramétrique a fortement impacté la perception sur la créativité une fois les logiciels pris en main.

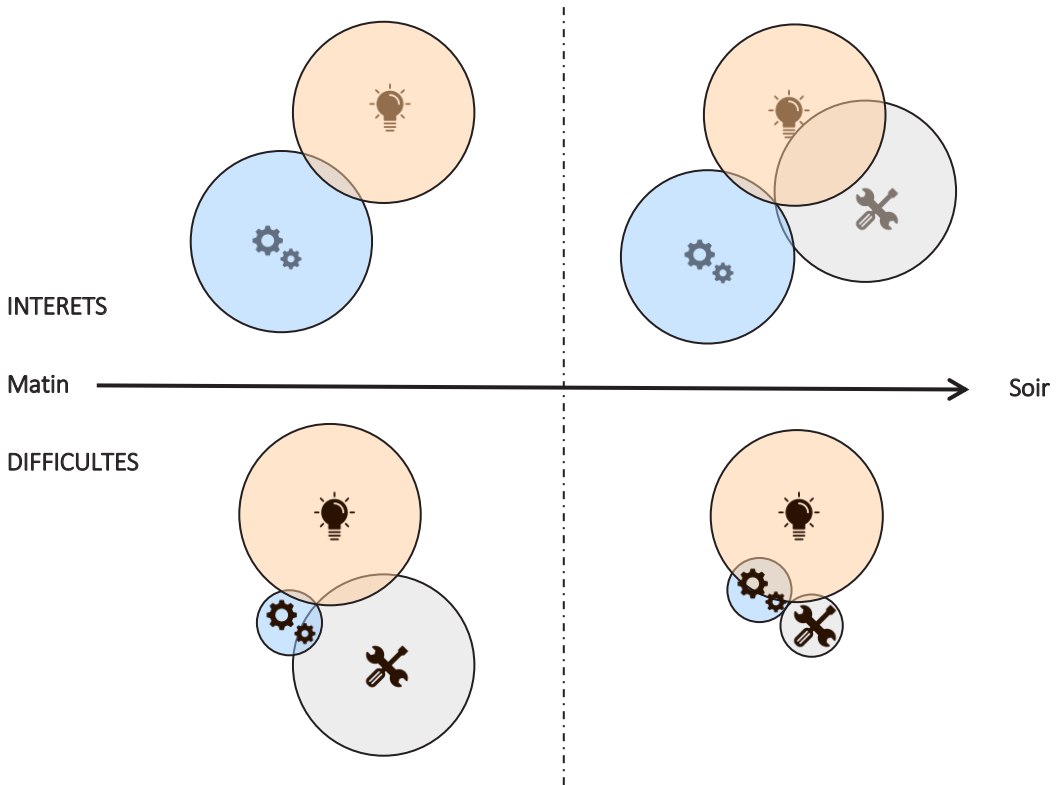


Figure 6. Evolution de la représentativité des attributs pour les intérêts et difficultés avant/après une journée de formation.

Par ailleurs, revenant sur les trois caractéristiques du processus de conception paramétrique énoncées par Woodbury (2010), les participants considèrent la première caractéristique, soit la définition des relations logiques pour la création du modèle 3D, comme un frein technique car la « programmation n'est pas à la portée de tous ». Les modifications permanentes et les alternatives de conception développables à n'importe quelle étape sont par contre des atouts perçus par les participants. En effet, la diversité de variantes testables grâce à la flexibilité du logiciel est ressentie positivement par les participants en début de séance et se maintient telle quelle à l'issue de la formation.

Nous pouvons également conclure qu'une journée d'immersion dans la pratique d'outils de modélisation paramétrique en conception architecturale ne permet pas d'établir de manière tranchée des typologies de projets spécifiquement adéquates, ni si une diversité morphologique est réellement favorisée par l'usage de ces outils. Cependant la prise en main des outils semble avoir été considérée de manière positive. Les participants font dès lors des liens entre possibilités créatives et potentialités techniques et sont majoritairement favorables à l'idée de s'essayer à l'usage de ces logiciels, en particulier par l'intermédiaire d'un stagiaire qui en aurait la maîtrise. Au terme de cette journée d'immersion, il subsiste donc davantage le sentiment d'une complexité cognitive plutôt qu'une complète non-adéquation en regard de la pratique architecturale des petits bureaux d'architecture.

Cette expérimentation sera réitérée lors des prochaines séances de formation afin de compléter l'échantillon et ainsi valider ou non les tendances observées.

Bibliographie

- Architects' Council of Europe. (2015). La Profession d'architecte en Europe 2014 : une étude du secteur. *Etude réalisée par Mirza & Nacey Research*.
- de Boissieu, A. (2013). Modélisation paramétrique en conception architecturale : Caractérisation des opérations cognitives de conception pour une pédagogie. *PhD Thesis, ENSA Paris la Villette*.
- Cichocka, J. M., Browne, W. N., & Rodriguez, E. (2017). Optimization in the architectural practice - An International Survey. *Protocols, Flows and Glitches, Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2017*, 387–397.
- Davis, D., Burry, J., & Burry, M. (2011). Untangling Parametric Schemata: Enhancing Collaboration through Modular Programming Introduction: Why parametric modelling can be difficult. *CAAD Futures 2011*, 55–68.
- Dokonal, W., & Knight, M. W. (2008). What is the state of digital architectural design? *SIGraDI 2008. Grafica Digital - Integración y Desarrollo. 12th Iberoamerican Congress of Digital Graphics*, 1–6.
- Janssen, P. (2015). Parametric BIM workflows. *CAADRIA 2015 - 20th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia: Emerging Experiences in the Past, Present and Future of Digital Architecture*, 437–446.
- Janssen, P., & Stouffs, R. (2015). Types of parametric modelling. *International Conference of Association for Computer-Aided Architectural Design Research CAADRIA*, 157–166.
- Leach, N. (2014). Parametrics Explained. *Next Generation Building, 1*(University of Southern California, Harvard GSD), 1–10.
- Sanguinetti, P., & Abdelmohsen, S. (2007). On the Strategic Integration of Sketching And Parametric Modeling in Conceptual Design. *ACADIA*, 242–249.
- Shelden, D. R. (2002). *Digital Surface Representation and the Constructability of Gehry's Architecture*. Massachusetts Institute of Technology.
- Stals, A., Elsen, C., & Jancart, S. (2017). Practical Trajectories of Parametric Tools in Small and Medium Architectural Firms. *CAAD Futures*.
- Woodbury, R. (2010). *Elements of Parametric Design* (Routledge). New York.
- Woodbury, R., & Burrow, A. (2006). Whither design space? *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing - Special Issue: Design Spaces: The Explicit Representation of Spaces of Alternatives*, 20(2), 63–82.
- Yu, R., Gero, J., & Gu, N. (2015). Architects' Cognitive Behaviour in Parametric Design. *International Journal of Architectural Computing*, 13(1), 83–101.