

# L'architecte Electronique



Groupe de travail dirigé par Dimitri  
Toubanos :

L'architecte électronique:  
de l'automatisme à l'interactivité, ou  
l'intelligence artificielle et l'architecture  
entre 1960 et 1990

Extrait de la thèse de Christian Morandi  
parue dans la revue FabricA en 2011

Par :  
Lombard Arthur, Pavon-Sudres Gabriel  
Timoteo Bruno, Zhang Jiaqi

ENSAPB 2017-2018

## Biographie



Christian Morandi est un architecte DPLG, maître assistant des écoles d'architecture, dans le champ « Arts et Techniques des Représentations, Représentations de l'Architecture ».

Diplômé en Architecture en 1983, Christian Morandi réalise un master de recherche en histoire socioculturelle en 2005, et devient docteur en histoire de l'architecture en réalisant sa thèse à l'Université de Versailles – Saint Quentin en Yvelines en 2011.

Il a participé à plusieurs travaux de recherches tel que la participation en 1996 à l'organisation du colloque « Architectures méditerranéennes » à Rabat (Maroc), ou sa participation en 2005 à la réalisation de l'exposition « Construire Malakoff, 1918 – 1939, de l'apprentissage à la maîtrise ». Il est actuellement Maître assistant à l'École d'Architecture de Paris - Val de Seine, enseignant à l'Institut d'Urbanisme de Paris et enseignant à l'École d'Architecture intérieure et design Camondo (Les arts décoratifs).

Il a obtenu en 1989 le troisième prix au concours de l'Union Internationale des Architectes pour un projet de 100 logements et d'une place à La Haye, et également le troisième prix en 2002 pour l'aménagement du Parque Urbano Central de La Paz en Bolivie.

Il est l'auteur d'une seconde publication, « Les vagues vertes, projet paysage » publié en Avril 2002 dans la revue Parpaings.

« L'architecte électronique » est un article publié en Janvier 2011 dans la revue FabricA, le magazine interne de l'Université de Versailles. Cet article a été rédigé et publié pendant la réalisation de sa thèse en Histoire de l'architecture dans cette université.

Christian Morandi s'intéresse ici à retracer l'histoire et le développement de l'outil numérique pour la réalisation du projet, outil devenu aujourd'hui indispensable.

## Définitions

GAMSAU Groupe de recherche pour l'Application des Méthodes Scientifiques à l'Architecture et à l'Urbanisme

EPRA Event Processing Reference Architecture

MIT Massachusetts Institute of Technology

DGRST Direction Générale à la Recherche Scientifique et Technologique

CBC Coordinated Building Communication

Flatwriter Machine à créer des plans d'appartements

CRMAA Centre de Recherche Méthodologiques sur l'architecture et l'aménagement (Ancien CERMA)

MMi Centre Mathématiques, Méthodologie et Informatique de l'institut de l'environnement

CERMA Centre de Recherche Méthodologique d'Architecture

ERMA Société d'étude pour la rationalisation des méthodes en architecture

Li2A Laboratoire de recherches informatiques appliquées à l'architecture

CIMA Centre d'Information et de Méthodologie en Architecture

UPAU Université permanente d'architecture et d'urbanisme

# Frise Chronologique

1950 Généralisation de l'informatique dans le secteur tertiaire  
Paul Quintraud , GAMS AU : installation du Gamma 60 de la compagnie Bull

1960 Usage électronique peu fréquent chez les architectes  
Paul Quintraud imagine la description du bâtiment en même temps que sa conception  
Rencontre avec le EPRA : Eric Guerrier invente la grille analogique.

1961 Le MIT invente premier poste de dessin électronique : Sketchpad

1962 Christopher Alexander : réalisation d'analyse logique, décomposition d'un problème complexe qui amène de nouvelles méthodes pour les architectes d'automatiser la construction

1965 J. Christophe Jones : se pose la question : « les architectes sont quoi ? Boite de verre magique ou un système auto organisé ? »

1967 Création de L'UPAU  
Soutenance du diplôme de Jean Pierre Péneau : la demeure philosophale, un musée de l'alchimie dans la forêt du palmipont : ENSBA utilise le dessin a la main mais également dans la forêt du palmipont : ENSBA utilise le dessin a la utilisation de l'informatique dans la conception formelle et tracé automatique et spatiale d'un projet : second prix  
DGRST : état de l'art mondial dans le domaine de la recherche en informatique  
Quintraud, Gérard Poux, Mario Borillo, Tam Vo Dimh  
Rapport de Jean Fayetteon concernant la reflexion de 4 groupes de travail sur l'évolution des structures pédagogiques en architecture

1968 CBC : informatiser l'ensemble du processus de conception : Paul Quintraud, Mario Borillo créés le GAMS AU, dans la lignée de UPAU  
ancêtre des armoires a plan des années 1990

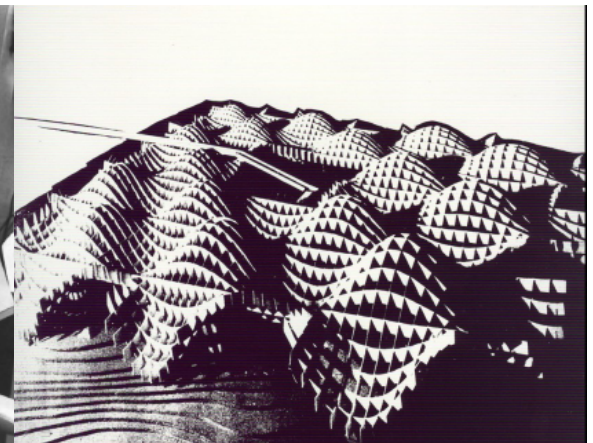
1969 DGRST : rapport : processus scientifique idéal de conception architecturale 5 étapes : intention, stockage, conception, prise de décision, instrumentalisation  
L'Informatique pour démocratiser l'architecture



Gamma 60. Bull



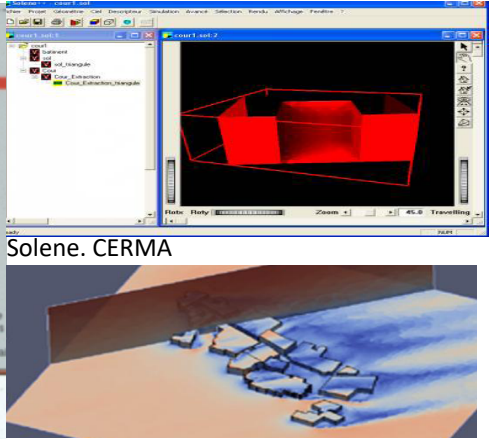
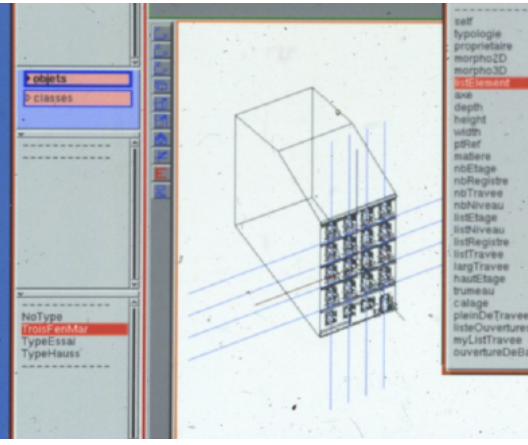
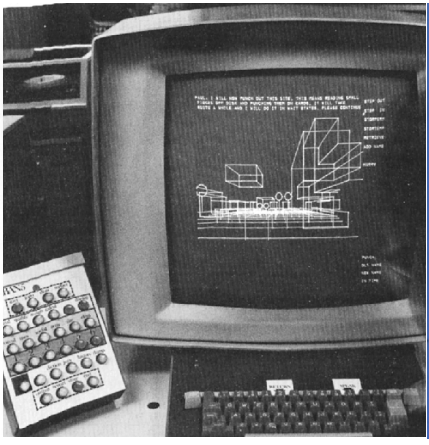
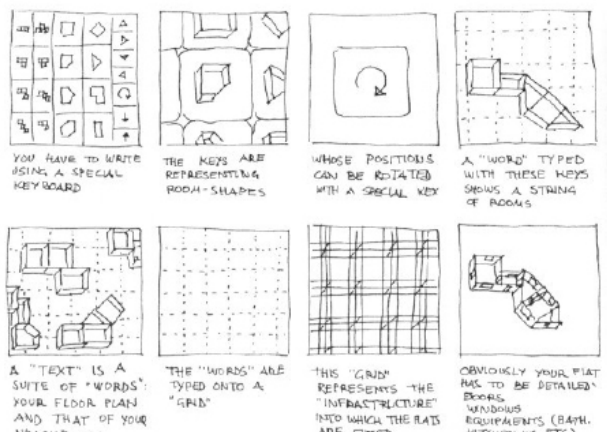
Sketchpad. MIT



Soutenance de J-P.Péneau

1970 1971 1972 1979 1980 1981-1982 1984 1991

Yona Friedman invente le flatwriter  
 Paul Quintrand invente le Système 3.55 sur un principe similaire  
 Premier pas de l'intelligence artificielle en architecture.  
 Allocation spatiale  
 MIT et Nicholas Negroponte  
 Création du CRMAA et du MMI  
 Sonia Charalambide et gilles Lafue : Pavlov  
 possibilité d'introduire des goût personnel de l'architecture.  
 Création du logiciel Urban 5 par le MIT, IBM et l'architecte Nicholas Negroponte  
 Les associations d'architecture on pour but d'inventer des  
 programmes destinés aux architectes : Produv , DGRST  
 Paul Quintraud et l'ERMA : création du système 72, automate adapté aux  
 Procédés constructifs  
 Informatisation tardive des architectes, premiers logiciels de BTP  
 Présentation de l'IPA au SICOB : premier système de CAO DAO  
 François Xavier Rocca invente le logiciel Keops, c'est une réussite au USA  
 on atteint le Zénith de la CAO française  
 politique d'électronisation  
 informatisation du secteur BTP avec le logiciel In-Pro-Bat  
 Les laboratoires français recherchent des programmes appliqués à l'architecture :  
 GAMSAU : tecton, Remus (modeleur 3D)  
 CIMA : Colory, Projet (modeleur 3D)  
 INSA Lyon : Moteur de calcul structure  
 Mélange des ingénieurs et architectes  
 CERMA : Ricardo : cartographie thématique  
 Solène : évolution par simulation  
 Simula : Simulation thermique  
 Dissolution du CIMA



Schema explicatif du Flatwriter. Y.Friedman

Urban 5. MIT/IBM/N.Negroponte

REMUS. GAMSAU

Simula. CERMA

# Contexte d'écriture et compte rendu du texte

A travers cet article, Christian Morandi retrace la création à la fin des années 1950 en France de l'outil numérique et son développement chez les architectes jusque dans les années 1990. Ce texte a ainsi vocation à expliquer le but des recherches réalisées depuis 50 ans pour créer un système de conception assistée par ordinateur (CAO) à destination des architectes.

En effet, au début des années 1960, les machines électroniques, ancêtres de l'ordinateur, sont des outils rares et onéreux, limitant leur utilisation par les architectes (le « Gamma 60 » de la Compagnie des machines Bull mesurait 15 mètres de long pour 2 mètres de large et 2 mètres de hauteur). La phase d'élaboration des différents programmes informatiques fut donc dans un premier temps précédée par une réflexion sur de nouvelles méthodes de conception du projet architectural, utilisant les mathématiques ou encore les sciences sociales et mettant en place de nouvelles formes de représentations techniques.

Dans les années 1960, les premiers programmes informatiques sont mis en place, comme par exemple en 1967 lors d'une soutenance de diplôme à l'École des beaux-arts où pour la première fois un rendu à l'ENSBA se compose de planches dessinées manuellement, mais aussi de tracés automatiques relevant de procédures informatiques.

Au même moment, le doute de ne plus pouvoir réaliser d'opérations de plus en plus complexes s'installe dans le monde des architectes et des ingénieurs, et il apparaît nécessaires d'automatiser la construction, rationaliser la conception.

De nombreux centres de recherches se constituent alors afin d'entreprendre des travaux sur les méthodes de conception du projet d'architecture : le Groupe pour l'application des méthodes scientifiques à l'architecture et à l'urbanisme (GAMSAU, 1969) ou encore le Centre de recherches méthodologiques d'architecture et d'aménagement (CRMAA, 1971). Au début des années 1970 apparaissent donc les premiers programmes informatiques comme aide à la conception architecturale. Ces programmes prennent la forme de programmes d'allocations spatiales qui consistent à localiser et organiser des éléments dans un espace, en tenant compte des contraintes, de critères ou de règles syntaxiques. Ces programmes évoluent ensuite à de véritables programmes d'intelligence artificielle, tel que le programme « Pavlov » (1972) qui intègre les goûts architecturaux de l'architecte.

Leur développement est alors très rapide et conduit à la réalisation de l' « IPA » (logiciel d'Instrumentalisation de Projets d'Architecture) en 1979, véritable système de CAO DAO permettant de produire des plans en 3D. Cette innovation amène à la réalisation du logiciel « Keops » au début des années 80, qui connaît un grand succès dans le monde. Les années 80 marquent alors l'avènement du système numérique en architecture, où l'intelligence artificielle a pour objectif désormais d'être capable de seconder l'architecte dans la réalisation de son projet, ce qui permet de parler d'une véritable conception assistée par ordinateur (CAO).

Avec ces réalisations, les laboratoires des écoles d'architectures ont donc largement contribué au développement de l'utilisation du système numérique par les architectes, à partir des années 60 et davantage encore au début des années 80 avec le progrès des matériels électroniques. Ces outils, autrefois réservés aux ingénieurs, ont permis la découverte de nombreux domaines pour les architectes et sont aujourd'hui largement utilisés. Les laboratoires des écoles d'architecture se sont donc montrés comme des précurseurs dans le développement de l'outil numérique puisque les logiciels BIM en plein développement actuellement reprennent de nombreuses caractéristiques des logiciels développés dans les années 80.

## Citations significatives

« Le but étant d'imaginer de nouveaux processus de conception de projet. » p.146

« En dessinant, l'architecte décrivait mentalement tous les composants du projet, l'économiste de la construction. » p.148

« L'architecture ne dépend plus d'un seul homme ni d'une seule profession. » p.149

« L'architecte perd son image d'artiste pour devenir un spécialiste de la création d'espaces. » p.149

« automatiser la construction et rationaliser la conception. » p.152

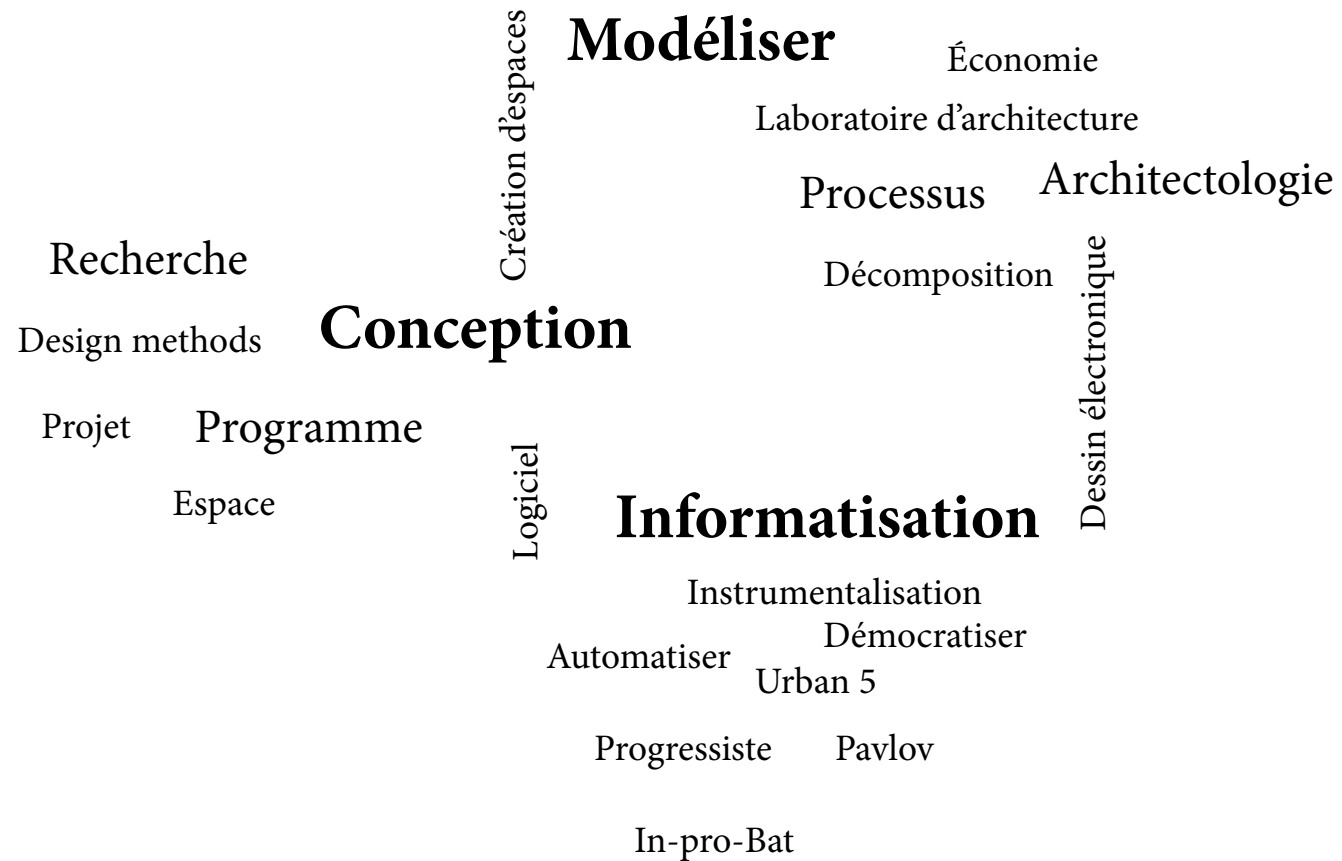
« La pensée se substitue au dessin. » p.153

« produire un programme. » p.154

« L'allocation spatiale consiste à localiser et à organiser des éléments dans un espace, en tenant compte de contraintes, de critères ou de règles syntaxiques. » p.156

« L'intelligence artificielle en architecture consiste désormais à concevoir un système expert ayant intégré une partie des connaissances métier et capable de seconder un architecte » p.164

# Constellation



Les notions principales sont connectées les unes aux autres ; les mots en gras représentent les principes fondamentaux sur lesquels s'appuie notre compréhension du texte. Ceux-ci sont liés entre-eux par des termes de transition.

# Introduction

Le métier d'architecte connaît sa troisième révolution informatique, après la révolution du CAO dans les années 1980, le domaine architectural traverse aujourd'hui la révolution du BIM.

Dès les années 1980, les architectes commencent à utiliser le dessin en trois dimensions, l'importance du BIM dans la conception du projet architectural est apparu de plus en plus évidente. Le BIM devient le centre du processus d'échange autour duquel gravitent les architectes, maîtres d'ouvrage, bureaux d'étude et entreprises. Son importance grandissante se matérialise également par la volonté du gouvernement français de poursuivre la diffusion du BIM, par le biais du *Plan transition numérique dans le bâtiment*, afin de convaincre tous les acteurs du bâtiment de participer à cet « écosystème numérique ». En effet, contrairement à d'autres pays, l'utilisation du BIM n'est pas obligatoire en France mais fortement incitée : « En refusant l'usage reviendrait à se priver de certains marchés, tant les maîtres d'ouvrage et les grandes entreprises le réclame » (Nadège Mevel).

**BIM** : Building Information Modeling. La technologie BIM est un processus qui implique la création et l'utilisation d'un modèle 3D intelligent pour prendre de meilleures décisions concernant un projet et les communiquer.

**Menace** : l'architecte peut ressentir la peur de voir son métier disparaître, de voir l'importance de son rôle dans le processus de projet diminuer.

**Outil au service** : élément d'une activité qui n'est qu'un moyen, un instrument. Cet élément va assister, aider l'architecte dans le processus de projet.

Le BIM possède de nombreuses qualités connues, mais qu'en est-il de ses zones d'ombres ? La simplification du projet devient telle que le métier d'architecte pourrait en être menacé.

Cependant, il s'avère que cette simplification peut également devenir un atout pour l'architecte, dans un environnement où les projets doivent répondre à davantage de normes et d'attentes de la part des maîtres d'ouvrages.

## Peut-on considérer le processus BIM comme une menace pour le métier d'architecte ou comme un outil au service de l'architecture ?

La standardisation du métier d'architecte, à travers l'élaboration d'un « catalogue » BIM, est la principale source de méfiance envers le BIM. Cependant ce catalogue référence l'ensemble des pièces brevetées et répondant aux normes, ce qui dédouane l'architecte de responsabilités. Par ailleurs ce catalogue standardisé facilite le processus collaboratif de conception du projet.



## Un processus qui pourrait nuire au métier d'architecte

Le processus BIM est un phénomène récent, mais dont l'importance accordée est de plus en plus croissante, le rendant à terme obligatoire dans l'élaboration d'un projet. Cependant, l'analyse de plusieurs entretiens avec des architectes laisse percevoir le fait que le BIM effraie une partie de la profession. Certaines agences d'architecture ont adopté les nouvelles méthodes de travail imposées par le BIM, d'autres attendent d'être guidées voir soutenues dans cette démarche. Cette situation laisse entrevoir le fait que le BIM serait, dans certaines situations, nuisible au métier d'architecte.

L'un des premiers risques pour l'architecte serait de ne pas s'emparer pleinement du processus BIM, risquant alors de disposer de moins en moins de pouvoir sur la réalisation des bâtiments au profit des entreprises de construction et des ingénieurs. L'architecte sera alors dans l'obligation d'abandonner le travail artistique sur le projet, par manque de maîtrise de celui-ci. Il apparaîtrait alors comme nécessaire pour l'architecte de maîtriser le BIM pour conserver une pleine maîtrise du projet.

Le BIM oblige à la création d'une maquette numérique regroupant de nombreuses données, dont la gestion ne doit pas être, selon certains architectes, rajoutée à la charge de travail de l'architecte. L'architecte possède en effet déjà de nombreuses responsabilités, et la gestion de la maquette numérique serait un poids supplémentaire ; l'architecte ne peut également tenir le rôle de BIM manager.

Le risque de standardisation des projets est également une crainte exprimée envers le BIM. En effet, la formation des architectes en France provient initialement de la formation des Beaux-Arts, favorisant le travail manuel. Les dessins à la main offraient alors une grande liberté aux architectes et une identité personnelle forte. Certains architectes pensent que l'arrivée de l'informatique chez les architectes depuis les années 1980 est la cause d'une perte de créativité des architectes. L'arrivée du BIM laisse également craindre une standardisation du métier d'architecte. La créativité exprimée par le « coup de crayon » se robotise et se matérialise de façon artificielle, laissant penser que le BIM formaterait en quelque sorte la pensée.

Le manque de maîtrise du processus BIM pourrait également nuire à l'architecte. Celui-ci serait alors tenté de simplifier à l'extrême son projet, avec de simples « copier-coller » du projet précédent, de prendre des raccourcis pour la mise au point du projet.

Le risque de standardisation se matérialise également par l'élaboration des bibliothèques d'objets BIM disponible pour tous. Ces bibliothèques contiennent une très grande quantité de familles de produits, issus des catalogues des fabricants. Mais seuls les produits phares des fabricants les plus connus y sont répertoriés, standardisant alors les créations des utilisateurs du BIM puisque ceux-ci utilisent alors les mêmes objets pour l'élaboration d'un projet. Ces bibliothèques peuvent également représenter un risque pour les petites entreprises, qui pourraient perdre de nombreuses parts de marché.



Le BIM peut également poser des problèmes sur la question de la responsabilité. En effet, la méthode de travail BIM fait que l'ensemble d'une équipe de travail devient acteur de la création des maquettes numériques. Alors que l'utilisation des logiciels de CAO/DAO imposait une hiérarchie avec un chef de projet à la tête, la méthode BIM supprime cette hiérarchie puisque l'ensemble d'une équipe est capable d'intervenir directement sur les maquettes numériques. L'absence de hiérarchie pose alors la question de la traçabilité ou encore de la responsabilité de chacun. La traçabilité est en effet nécessaire dans le processus de conception d'une maquette numérique afin d'identifier les erreurs qui pourraient être commises et donc d'établir des responsabilités. Les échanges de données entre l'architecte, les bureaux d'étude ou encore la maîtrise d'ouvrage pose également la question des droits de propriétés.

Le BIM représente également une pression importante pour les plus petites agences (PME et TPE). Le processus BIM représente en effet un investissement important dans la formation, mais également dans l'achat d'équipement tel que le matériel et le logiciel.

## Les brevets et normes des informations du BIM au service de l'architecte

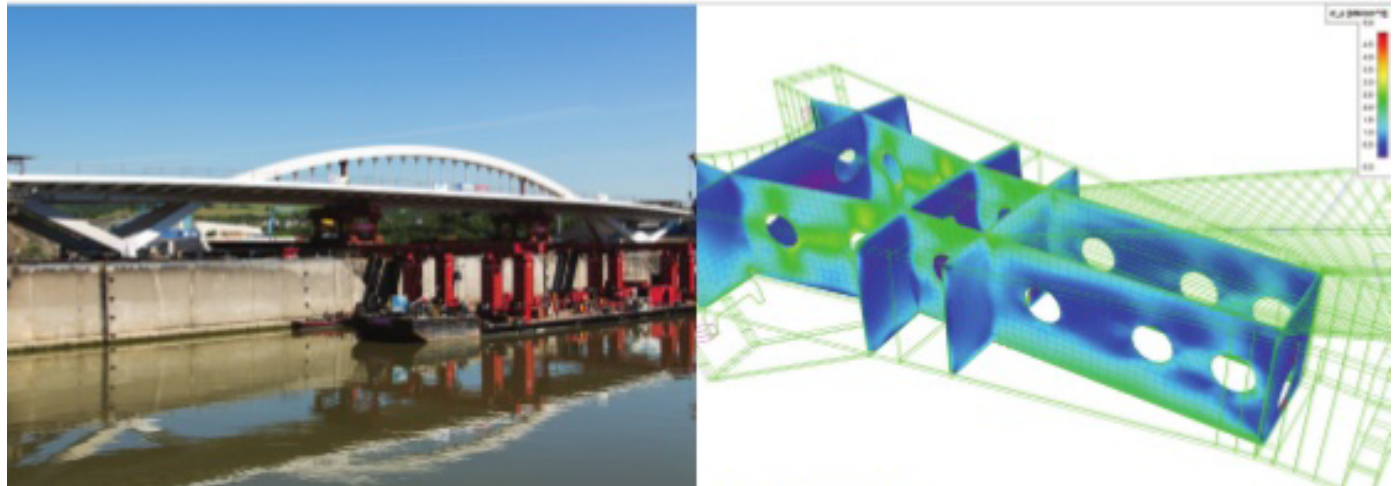
Les logiciels de BIM, dans un souci de langage commun, sont dotés de paramètres et d'attributs uniformisés. Ils définissent des propriétés qui déterminent les caractéristiques ou le comportement d'un élément. Dans le cadre du BIM, les paramètres vont plutôt contrôler les propriétés qui affectent l'apparence, comme la longueur. Les attributs eux contrôlent plutôt une donnée qui ne contrôle pas l'apparence, comme le poids.

Le premier bénéfice d'organiser l'information avec des paramètres est pouvoir insérer, accéder, modifier et extraire l'information rapidement dans un « cadre ». Les paramètres peuvent non seulement générer les dimensions, mais aussi les matériaux et couleurs par exemple.

Les principaux paramètres utilisés sont: Longueur, Aire, Angle, Texte, Opérations Booléennes, Nombre, Nombre entier ou encore Hyperliens.

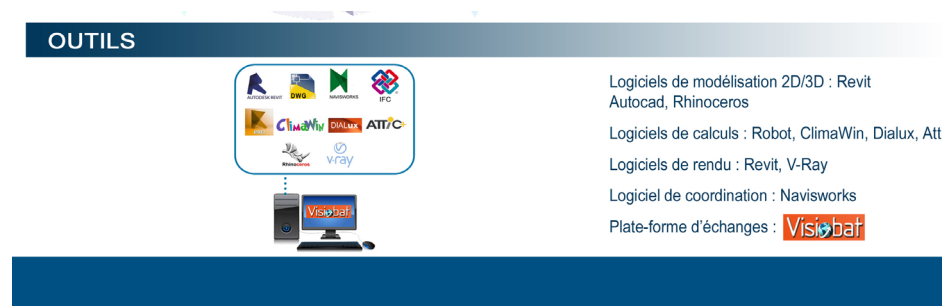
Les composants structurels peuvent aussi avoir des paramètres de force, masse, charge, ou contrainte.

Les paramètres permettent d'accélérer le processus de conception en permettant d'attribuer une valeur paramétrique à, par exemple, une distance, au lieu d'une valeur fixe. Ceci laisse le choix de modifier cette valeur plus tard quand la conception est plus avancée ce qui définit une marge de manoeuvre à l'architecte dans la réalisation de la maquette ainsi qu'aux autres protagonistes pour les autres dimensions du projet.



Les contraintes sont utilisées dans un projet afin de limiter les possibilités à celles qui sont disponibles ou réalisables. Par exemple un mur peut être contraint selon sa disposition, ou une fenêtre limitée au nombre de couleurs disponibles. En fonction des informations transmises par les différents corps d'état, les brevets ou encore les normes constructives, les dimensionnements ou la disposition de certains éléments peuvent être conditionnés par les règles générées par le logiciel qui généralise la base de données. L'ajout de contraintes peut aider à réduire le nombre d'erreurs de conception. Mais un trop grand nombre de contraintes aura tendance à ralentir le projet car le logiciel devra recalculer à chaque décision si elle respecte toutes les contraintes. Ces contraintes ont pour rôle de partager équitablement la valeur de chaque acteur du projet et de faciliter la transmission des modifications apportées. Les textes de loi encadrant la nouvelle thématique qu'est le BIM sont très récents, il en existe peu et n'évoquent pas encore une répartition nouvelle des responsabilités des différents acteurs. La question se pose particulièrement pour le BIM Manager qui a accès aux données du projet et peut ou ne peut pas en modifier la maquette. Selon les avocats du cabinet Seban, en imaginant qu'il y ait une erreur commise il sera difficile de déterminer si les désordres proviennent d'une erreur de maniement du logiciel, susceptible de n'engager que la responsabilité contractuelle du BIM Manager, ou s'ils proviennent d'une véritable erreur de conception de l'ouvrage entraînant la mobilisation de garanties légales.

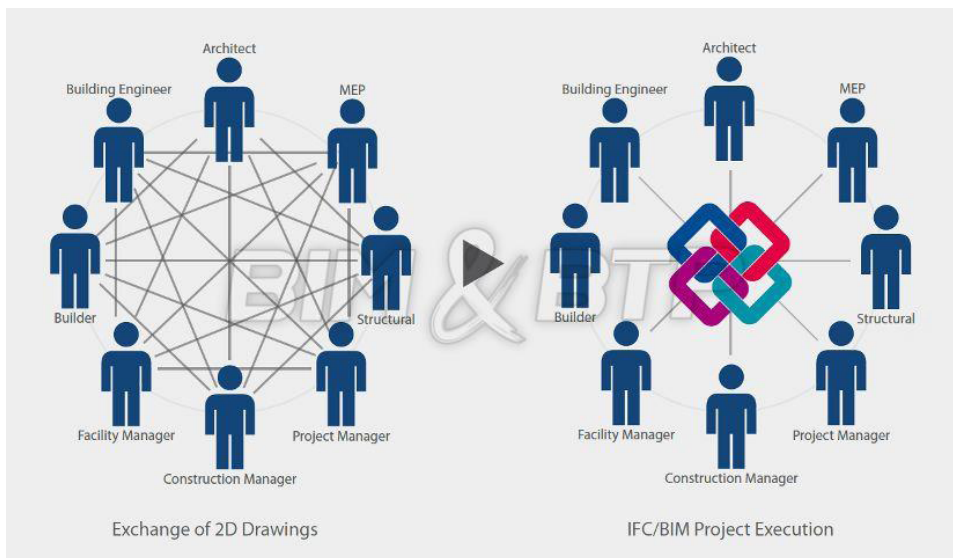
Ainsi, dans l'hypothèse où le rôle de BIM Manager serait confié au maître d'œuvre ou à l'une des entreprises, le champ de leur responsabilité sera étendu et celui de l'architecte réduit. Par ailleurs, se pose également la question de la responsabilité des éditeurs de logiciels, lesquels peuvent tenter de limiter leur responsabilité en cas de défaut affectant le logiciel vendu. Il peut en effet s'avérer que le logiciel comporte une erreur de programmation à l'origine d'un défaut de conception ou d'exécution de l'ouvrage. Au même titre que pour la responsabilité des contributeurs il convient de s'assurer, en amont, que les clauses du contrat de vente n'ont pas pour effet de décharger les éditeurs de toute responsabilité. Il appartient également à l'acquéreur de logiciel et aux contributeurs, eu égard à l'utilisation dans le temps de la maquette numérique, de veiller à prévoir dans le contrat une clause de réversibilité permettant, à l'issue du contrat de licence, d'avoir malgré tout l'accès aux données. La difficulté réside cependant dans le fait qu'il n'existe à ce jour que peu d'éditeurs de logiciels, et que toute négociation ayant pour objet de voir renforcer leur responsabilité risque d'être particulièrement délicate.



## Le catalogue standardisé facilite le processus collaboratif de projet

Le « catalogue » est justement l'argument plus utilisé pour critiquer le BIM mais ce catalogue standardisé modifie radicalement les relations inter-entreprises au sein du projet de manière positive. Tout l'enjeu consiste à oeuvrer pour un processus BIM au service de l'architecture et non seulement comme un accélérateur de construction. Le BIM s'organise donc comme un processus collaboratif où chacun vient enrichir le projet en fonction de son rôle et de ses compétences.

Comme le dit un architecte de l'agence Brunet Saunier (agence ayant opérée sa révolution BIM en 2013 et travaillant sur des projets de type centre hospitaliers) : « Les projets étant de plus en plus complexes, AutoCAD ne suffisait plus. Le BIM leur a permis de les surfaces et propriétés de leur projet de façon automatique. ». Nous remarquons donc que l'architecte possède une vision plus globale du projet. Cela libère du temps et laisse la possibilité de travailler sur d'autres projets. Le BIM crée donc une meilleure communication entre les acteurs de la construction que sont les architectes, les BET et les entreprises. Et quand au fait que l'architecte soit remplacé par le BIM, il s'agit plutôt de redonner de la valeur aux architectes en leur donnant une meilleure main mise sur le projet. Après plusieurs projets réalisés grâce au BIM, cette agence considère que ce système de Catalogue standardisé évite la transformation de son projet après les passages dans les bureaux d'études et les bureaux de contrôles. Le projet initial est donc moins déshabillé.



En France notamment, les projets sur la base de la loi MOP doivent répondre aux normes du BIM. Tout cela dans une logique d'économie de budget, financière et environnementale.

Selon le cabinet Rémon et associés, qui a également opéré sa transition BIM en 2013 au prix d'une formation de 2 ans pour l'ensemble des employés et d'un investissement important. Le changement fait parti de la transformation que connaît le métier d'architecte. Le catalogue BIM selon eux permet d'intégrer les normes dès la réception du programme. Cela permet un gain de temps non négligeable pour la partie conception du projet. La vision du projet par le client est possible plus en amont dans les phases de projet. Le BIM et la maquette numérique facilite sa compréhension du projet et une vision de celui-ci plus complète. L'architecte n'est donc pas dépassé par le BIM. Une fois maîtriser, le BIM permet à l'architecte de maîtriser l'ensemble du processus de projet.

Le catalogue BIM permet une communication globale entre les acteurs et on a un échange simple entre deux d'entre eux. Le processus collaboratif de projet n'en a que faciliter et accélérer. Dans le futur, l'utilisation du BIM relèvera d'une question de bon sens même s'il nécessite un investissement important.

Pierre Mit Media Construct « Le BIM c'est 80 % d'humain et 20 % de technologie ».

Pour conclure la question n'est pas de savoir s'il faut passer au BIM mais plutôt comment l'adopter. L'inconnu fait peur mais le BIM nécessite que l'on s'y attarde pour faciliter le travail de tous, architectes comme BET.

L'architecture entre dans l'ère de la Big Data, les données du projet auront plus de valeur que les dessins. La maquette numérique est par conséquent plus riche en information de qualité qu'un dessin au CAO 2D traditionnel.