

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane Mira-Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département d'Architecture



## **Polycopié pédagogique**

# **Cours : Modélisation et Simulation (BIM1)**

**Dr. KHADRAOUI Mohamed Amine**

Maîtres de Conférences Classe A

Cours destiné aux étudiants de 3<sup>ème</sup> Année Licence

Unité d'Enseignement Transversale UET 5

Année : 2024/2025

## Table des matières

Avant-propos .....	v
Abréviations .....	vi

Introduction .....	1
--------------------	---

### **CHAPITRE I : Objectifs et définitions**

Introduction .....	2
1. Objectifs de la matière.....	2
2. La modélisation .....	3
3. La simulation .....	3
3.1. Les étapes de développement d'un modèle de simulation.....	5
3.2. Les échelles de la simulation en architecture.....	5
4. Le BIM .....	6
5. L'apparition du BIM .....	8
Conclusion .....	11

### **CHAPITRE II : Les enjeux du bâtiment et le BIM**

Introduction .....	12
1. Les enjeux du bâtiment .....	12
1.1. Les enjeux historiques.....	12
1.2. Les nouveaux enjeux.....	12
2. Les enjeux du bâtiment et le BIM .....	13
3. Les raisons de l'utilisation du BIM.....	14
4. Le BIM au niveau mondial.....	15
5. Les principaux métiers et acteurs du BIM .....	16
5.1. AMO BIM (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage).....	16
5.2. BIM Manager .....	16

5.3. BIM Coordinateur .....	17
5.3. BIM Producteur.....	17
5.4. BIM Modeleur.....	17
6. La relation entre les acteurs.....	18
Conclusion.....	20

### **CHAPITRE III : La maquette numérique et les avantages du BIM**

Introduction .....	21
1. L'évolution des outils de conception.....	21
2. La maquette numérique du BIM .....	23
3. Le format IFC.....	26
4. Les objets BIM .....	28
5. Les avantages du BIM.....	29
5.1. Les avantages pour les maîtres d'ouvrage et les développeurs .....	31
5.2. Les avantages pour les bureaux d'études, architectes et ingénieurs.....	31
5.3. Les avantages pour les entrepreneurs et les fabricants .....	32
5.4. Les avantages après la construction pour les propriétaires et gestionnaires de patrimoine.....	32
6. Les inconvénients du BIM .....	33
Conclusion.....	33

### **CHAPITRE IV : Les échelles du BIM**

Introduction .....	34
1. Les échelles du BIM.....	34
2. Les dimensions du BIM .....	35
3. Les niveaux du BIM.....	38
3.1. Le niveau 0.....	40
3.2. Le niveau 1 .....	40
3.3. Le niveau 2 .....	40
3.4. Le niveau 3 .....	41

3.5. Les niveaux de collaboration dans le BIM .....	42
4. Les niveaux de développement (LOD) .....	43
Conclusion .....	48

## **CHAPITRE V : Les logiciels et le BIM**

Introduction .....	49
1. Les logiciels et le BIM .....	49
2. Logiciels de modélisation.....	50
3. Logiciels de collaboration .....	51
4. Logiciels de visualisation .....	51
5. Logiciels pour le contrôle et la détection de conflits .....	52
6. Logiciels de simulation et d'analyse.....	53
6.1. Logiciels de calcul des structures.....	53
6.2. Logiciels de simulation .....	54
7. Logiciels pour la gestion du planning et l'exécution.....	56
8. Logiciels pour la gestion des coûts .....	57
9. Logiciels pour la gestion 'facility management' .....	58
Conclusion.....	59

## **CHAPITRE VI : Le modèle BIM et les projets réalisés avec cette méthode**

Introduction .....	60
1. Le modèle BIM .....	60
2. La réalité virtuelle, augmentée et mixte .....	64
2.1. La réalité virtuelle .....	64
2.2. La réalité augmentée .....	64
2.3. La réalité mixte .....	65
3. Projets réalisés avec le BIM.....	66
3.1. Stade Olympique de Pékin « Nid d'oiseau » - Chine .....	66
3.2. Centre des congrès de Mons - Belgique .....	67
3.3. Musée des Confluences - Lyon.....	68

3.4. Le nouveau palais de justice de Paris .....	69
4. Le changement de paradigme.....	70
Conclusion.....	71
Conclusion générale .....	72
Bibliographie.....	73

## Avant-propos

Ce polycopié est un support pédagogique de la matière de l'Unité d'Enseignement Transversale "UET 5" intitulée « *Modélisation et Simulation (BIM1)* ». Ce cours est réalisé conformément au programme officiel actuel établis par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Ce document est destiné aux étudiants de 3<sup>ème</sup> année licence en Architecture. Il est indispensable pour les étudiants en architecture et en particulier ceux orientés vers la thématique Architecture, Environnement et Technologies « AET » pour assimiler les notions de base de la nouvelle méthode BIM afin de les appliquer dans leurs projets de fin d'études.

L'objectif de cette matière est de donner une initiation sur la méthode de travail BIM et la particularité de cette dernière à travers l'étude de l'historique et du contexte d'émergence de la méthode BIM, l'analyse des informations indispensables à la création de la maquette numérique, l'identification des différents types de simulations et la collaborations entre les différentes disciplines enseignées pour simuler un projet conçu en atelier à l'aide de logiciels de simulation dédiés au BIM.

Pour bien comprendre et suivre cette matière, l'apprenant doit avoir acquis certaines connaissances de base liées à la physique du bâtiment, les matériaux de construction (caractéristiques et représentation graphique) et les principes de la conception assistée par ordinateur (CAO). À l'issue de ce cours, l'apprenant sera capable de connaître la différence entre les méthodes traditionnelles et la méthode BIM (avantages et inconvénients), les particularités de la nouvelle méthode (la maquette numérique, les échelles, les logiciels, les nouveaux métiers et la relation entre les acteurs) ainsi que les différents types de logiciels de modélisation et de simulation orientés BIM. Le mode d'évaluation de la matière s'effectue par un examen.

Afin d'aboutir aux objectifs soulignés et faciliter la compréhension de la matière, ce polycopié est structuré en six chapitres avec des sujets précis et organisés du connu à l'inconnu et du simple au complexe.

## Abréviations

ACV : Analyse du Cycle de Vie.

AMO: Assistance à Maîtrise d’Ouvrage.

APD: Avant Projet Définitif.

AR : Augmented Reality.

BIM : Building Information Modeling.

BET : Bureau d'Études Techniques.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur.

DCE: Dossier de Consultation des Entreprises.

IAI : International Alliance for Interoperability.

IFC : Industry Foundation Class.

LOD : Levels of development.

MR : Mixed Reality.

VR : Virtual Reality.

STEP : Standard for Exchange of Product data.

## Introduction



*« Les approches par modélisation, simulation et expérience de pensée ont cela en commun qu'elles ouvrent un espace épistémologique nouveau. Elles agissent comme des opérateurs permettant de repenser et d'étendre l'épistémologie contemporaine, de dépasser les apories de l'épistémologie classique essentiellement théorie-centrée et de déplacer les débats sur le réalisme »*

*Franck Varenne*

*Livre : Modéliser et simuler*

## Introduction

Le processus de la conception architecturale est considéré comme une phase clé dans la production d'un cadre bâti adéquat. Il est à la fois subtil et complexe vu le grand nombre d'intervenants et d'acteurs de différentes disciplines et spécialités (architectes, ingénieurs, techniciens, clients, etc.) ajoutant à cela la spécificité de chaque domaine (l'architecture, le génie civil, la thermique, le visuel, l'acoustique, l'énergétique, l'environnemental, ...) notamment avec la présence des aspects hyper-interférés (esthétique, qualitatif et quantitatif). A cet effet, il est indispensable d'utiliser des méthodes de travail appropriées et performantes afin de mieux répondre aux différentes exigences et résoudre tous les problèmes qui pourraient apparaître dans le projet architectural lors de la conception, la réalisation, l'exploitation et la maintenance.

Les programmes de la modélisation et de la simulation numérique sont considérés comme des outils puissants d'aide à la décision qui donnent aux utilisateurs (concepteurs, chercheurs) une vision globale et une compréhension approfondie des phénomènes ou éléments étudiés. Dans le domaine du bâtiment, les logiciels de simulation sont exploités pour étudier et optimiser les divers phénomènes physiques liés aux bâtiments (thermique, acoustique, lumineux, aéraulique, ...) et leurs composants (façade, toiture, plancher, dispositif, etc.).

Afin de corriger le dysfonctionnement des anciennes méthodes utilisées et trouver des solutions adéquates aux problèmes rencontrés, le domaine de l'architecture a connu l'apparition de la méthode BIM (Building Information Modeling ou Modélisation des Informations du Bâtiment) qui est considéré comme une nouvelle méthode de travail basée sur l'utilisation d'une seule maquette numérique et la collaboration totale entre les intervenants du projet architectural. La méthode BIM définit qui fait quoi, comment et à quel moment pour une meilleure gestion du projet afin d'éviter les chevauchements entre les tâches et spécialités, assurer une bonne qualité architecturale, respecter les délais et les coûts de réalisation du projet.

## CHAPITRE I : Objectifs et définitions



## **CHAPITRE I : Objectifs et définitions**

### **Introduction**

La matière Modélisation et Simulation (BIM1) présente une nouvelle méthode de travail BIM concernant le processus de la réalisation d'un projet architectural (programmation, conception, réalisation, maintenance, etc.) à travers l'utilisation de différents logiciels autour d'une seule maquette numérique tout en assurant une meilleure collaboration entre les acteurs du bâtiment (maitre d'œuvre, maitre d'ouvrage, etc.).

### **1. Objectifs de la matière**

Selon l'offre de formation, l'objectif de la matière est de donner à l'étudiant les éléments suivants :

- Introduction et initiation à la méthode BIM ;
- Présentation de la particularité de la méthode BIM à travers la mise en place d'échanges entre les différentes disciplines enseignées afin de simuler le projet produit en atelier avec les différents logiciels de simulation orientés BIM ;
- Identification des différents types de simulations qui seront effectuées durant le semestre prochain ;
- Identification des informations nécessaires à la construction de la maquette numérique qui sera construite et simulée lors du semestre suivant (en fonction du type de simulation choisie) ;
- Présentation de l'historique et du contexte d'apparition des BIM (IFC, IAI) ;
- Choix d'un logiciel de modélisation orienté BIM de préférence parmi les logiciels appartenant à la même suite que les logiciels abordés dans la matière CAO.

## 2. La modélisation

La modélisation est une représentation virtuelle d'un phénomène ou d'un élément physique réel sous formats abstraits. Elle est utilisée dans tous les domaines entre autres le domaine du bâtiment. La figure suivante présente des exemples des éléments réels modélisés.

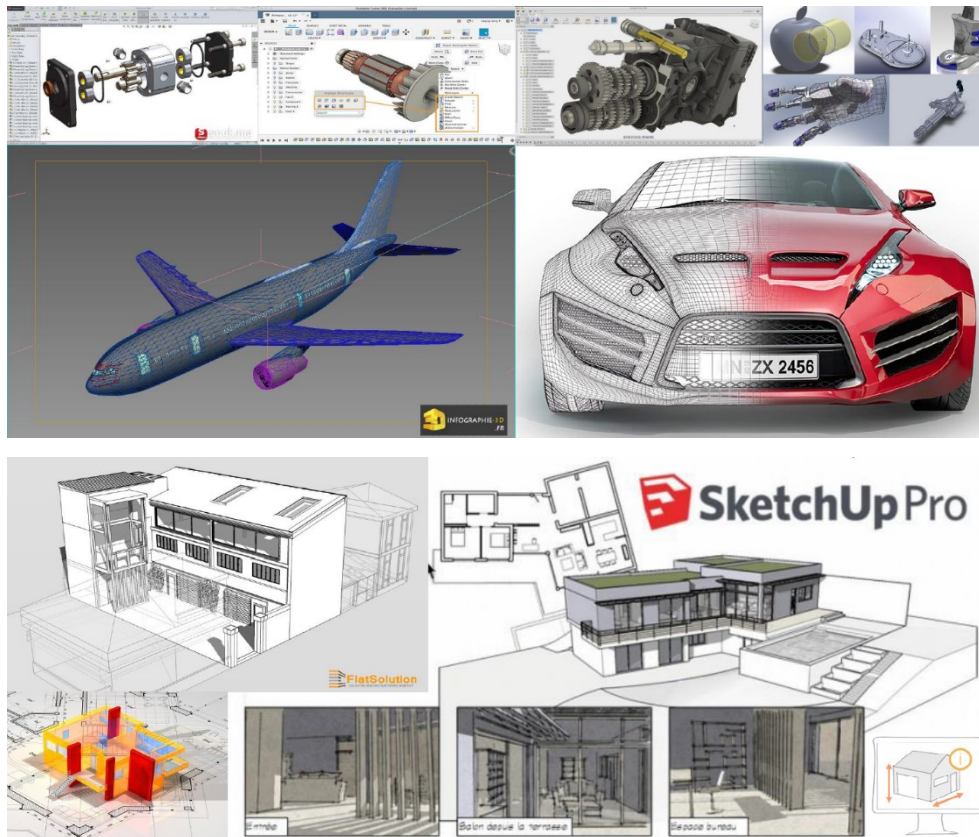


Figure 1.1 : L'utilisation de la modélisation dans différents domaines  
(Source : [www.arch2o.com](http://www.arch2o.com) ; [www.openagenda.com](http://www.openagenda.com) ; [www.infographie3d.fr](http://www.infographie3d.fr))

La modélisation en architecture est la représentation, la conception et la création d'un bâtiment en 3D sous format numérisé à travers l'utilisation des logiciels spécialisés.

## 3. La simulation

La simulation est une action qui consiste à faire un test avec un modèle numérique. Elle représente le processus qui permet de calculer et de reproduire sur ordinateur une réalité (comportement) physique sur la base des modèles numériques. La figure 1.2 illustre des exemples de la simulation dans le domaine de l'aérodynamique.



### 3.1. Les étapes de développement d'un modèle de simulation

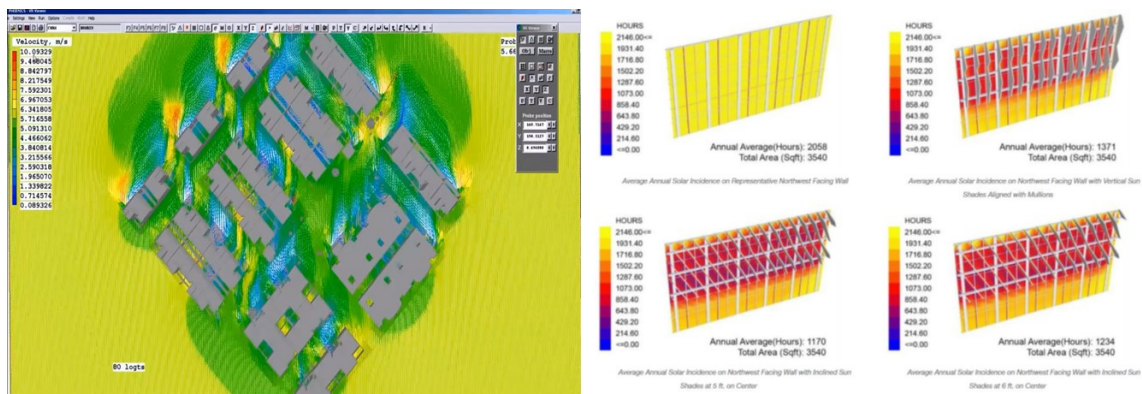
L'élaboration d'une simulation complète nécessite le suivi des étapes suivantes :

- Identification du problème et l'objectif de la simulation ;
- La simulation est-elle appropriée à la résolution du problème ?
- Formulation du problème ;
- Collecte et entrée des données (Inlets) ;
- Formulation du modèle ;
- Validation ;
- Conception et détermination des essais ;
- Simulation ;
- Résultats (Outlets) ;
- Analyse des résultats de la simulation.

La phase la plus importante commence à l'issue de la simulation à travers l'interprétation des résultats obtenus.

### 3.2. Les échelles de la simulation en architecture

Dans le domaine de l'architecture et de l'urbanisme, il y a deux échelles, des simulations à l'échelle urbaine et d'autres au niveau architectural. La figure suivante présente des exemples des échelles de la simulation.



L'échelle urbaine

L'échelle architecturale

Figure 1.4 : Les échelles de la simulation en architecture et urbanisme

(Source : Auteur, 2018 ; Kirschbaum, 2016)

La simulation à l'échelle urbaine a été effectuée pour l'étude de l'impact de la configuration urbaine sur la vitesse de l'air et la pression à une grande échelle (au niveau du quartier).

Par contre, la simulation à l'échelle architecturale a été utilisée pour l'étude de l'influence des protections solaires à une petite échelle (au niveau du bâtiment).

#### 4. Le BIM

BIM est l'acronyme de Building Information Modeling qui se traduit en Français par Modélisation des Informations (ou données) du Bâtiment.

Le BIM est fréquemment perçu comme un simple logiciel ou une technologie mais il est bien plus que cela. Il convient de préciser que le BIM est une méthode de travail et non pas un outil de modélisation ou de simulation. La figure 1.5 illustre la maquette utilisée par la méthode BIM et l'importance de la collaboration.



Figure 1.5 : Le BIM entre méthode et logiciels

(Source : [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com) ; [www.bsolutions.be](http://www.bsolutions.be))

Faire du BIM c'est davantage l'utilisation d'une bonne méthode de travail au lieu des nouvelles technologies ou des nouveaux logiciels. Il s'agit d'une méthode de travail collaborative reposant sur l'utilisation d'une maquette numérique unique pour la création, la gestion et le partage des informations du projet de construction tout au long de son cycle de vie (programmation,

conception, construction, utilisation, maintenance, etc.). La figure 1.6 présente le cycle de vie du bâtiment dans le processus BIM.

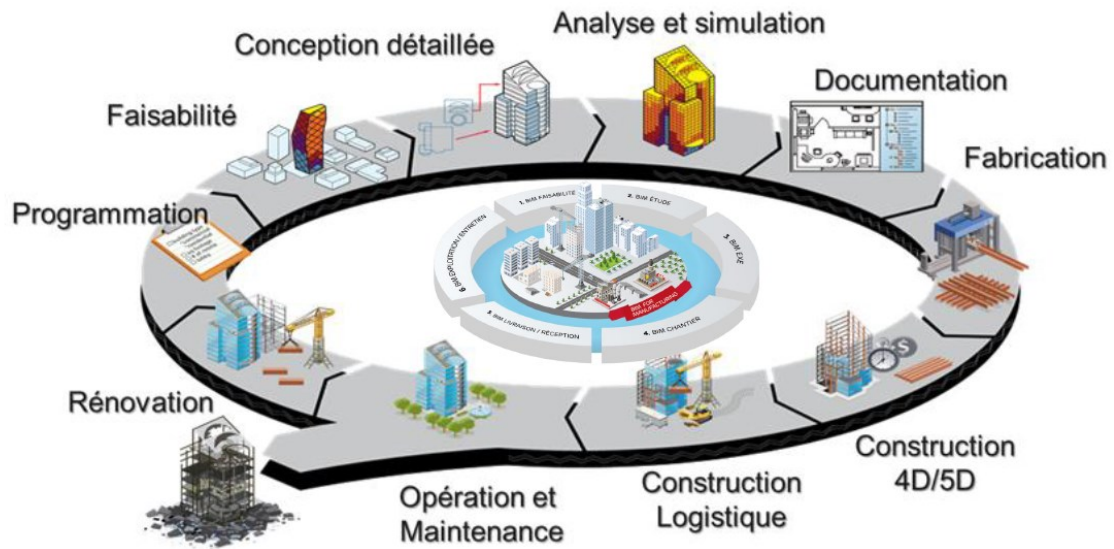


Figure 1.6 : Le cycle de vie du bâtiment dans le processus BIM

(Source : [www.maquette-numerique.com](http://www.maquette-numerique.com))

Le BIM définit qui fait quoi, comment et à quel moment.

La méthode BIM est basée sur deux éléments, la collaboration totale entre les différents intervenants et l'utilisation d'une seule maquette numérique paramétrique 3D qui contient des données intelligentes et structurées (Figure 1.7).

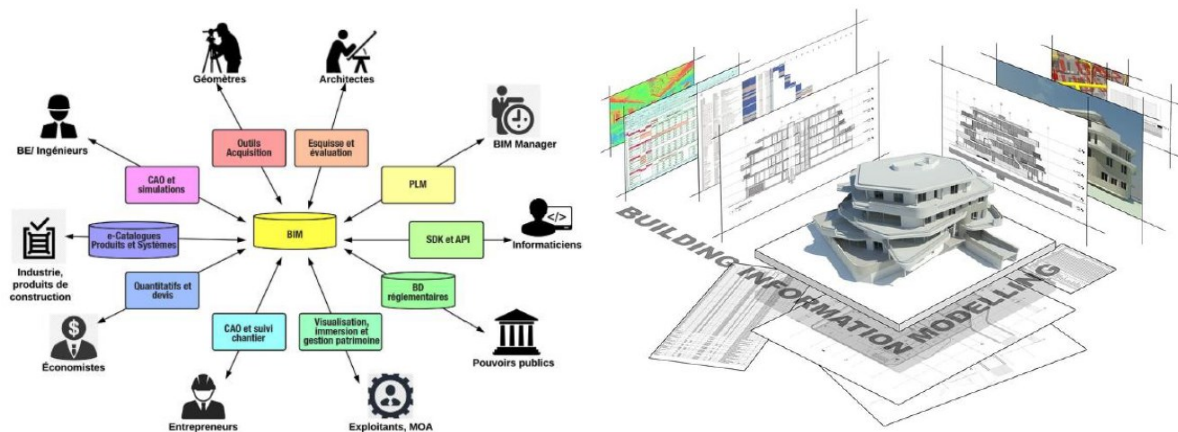


Figure 1.7 : La collaboration entre les intervenants et la maquette BIM

(Source : [www.stransitionenergetique.gouv.qc](http://www.stransitionenergetique.gouv.qc) ; [www.theacassociates.com](http://www.theacassociates.com))

Grâce à cette maquette, il est possible d'évaluer les choix de conception, d'expérimenter de nouvelles formes, de lumières, de nouveaux matériaux, objets, etc. La figure suivante illustre l'ensemble de paramètres qui peuvent être traités avec la méthode BIM.



Figure 1.8 : Les paramètres qu'on peut traiter par la méthode BIM  
(Source : [www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be))

Cette maquette donne la possibilité pour vérifier instantanément (en temps réel) chaque modification ou décision et ses impacts sur les différents plans (esthétique, économique, temporel, environnemental, etc.).

## 5. L'apparition du BIM

Le concept de BIM n'est pas l'œuvre d'une seule personne, mais résulte d'une longue histoire d'innovations. Son émergence est étroitement liée aux débuts de l'informatique, et plus spécifiquement à la conception assistée par ordinateur (CAO). Dans les années 1980, des logiciels tels que CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics et I-DEA sont devenus des références majeures en matière de CAO (logiciels de modélisation 3D dans le domaine de la production industrielle).

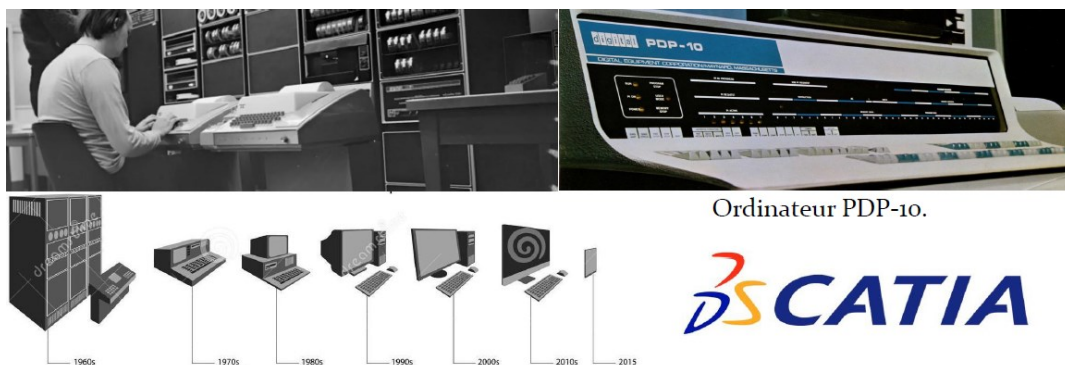


Figure 1.9 : Le développement de l'informatique  
(Source : [www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org))

Les points suivants donnent un aperçu historique sur le développement de l'informatique et de logiciels de la conception assistée par ordinateur :

- 1957 : Pronto, premier programme commercial de fabrication assistée par ordinateur (FAO).
- 1963 : Sketchpad, logiciel CAO avec une interface graphique.
- 1975 : Système de Description du Bâtiment (Building Description System BDS).
- 1977 : Langage graphique pour un Design Interactif (GLIDE).
- 1982 : 2D CAO.
- 1986 : Really Universal Computer-Aided Production System (RUCAPS).
- 1987 : ArchiCAD.
- 1988 : Pro/ENGINEER.
- 1992 : Modélisation des Informations du Bâtiment comme désignation officielle.
- 1994 : miniCAD.
- 1995 : Format de fichier Industry Foundation Class (IFC).
- 1997 : Equipe de travail d'ArchiCAD.
- 2000 : Revit.
- 2001 : NavisWorks.
- 2002 : Autodesk rachète Revit.
- 2007 : Autodesk rachète NavisWorks.
- 2008 : ParametricismManifesto.
- 2012 : FORMIT.

La figure suivante illustre l'interface graphique du logiciel ArchiCAD (1.0 et 2.0).

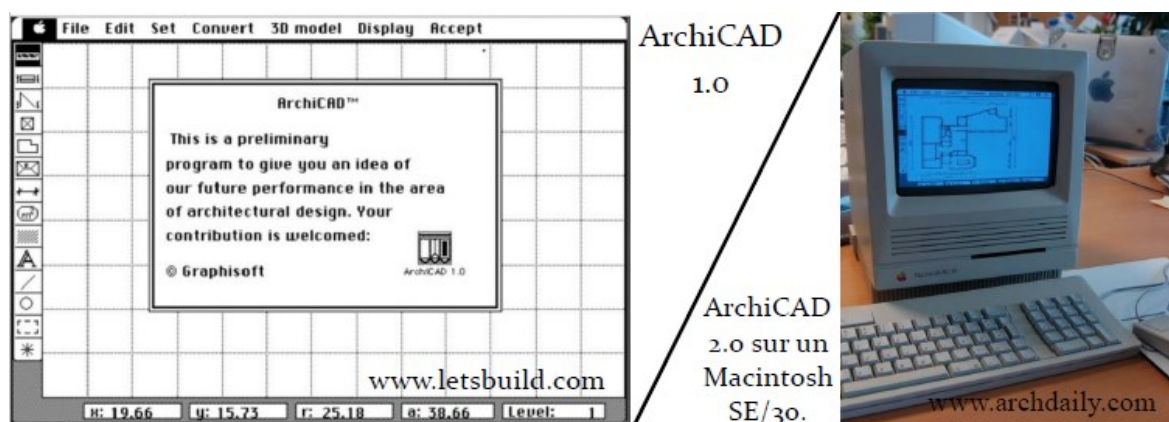


Figure 1.10 : L'interface graphique du logiciel ArchiCAD 1.0 et 2.0

(Source : [www.letsbuild.com](http://www.letsbuild.com) ; [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com))

Les technologies ont évolué, permettant de faire progresser la modélisation des données du bâtiment vers ce que nous connaissons aujourd'hui (Figure 1.11).



Figure 1.11 : Le développement de logiciels de la conception assistée par ordinateur  
(Source : [www.computerhistory.org](http://www.computerhistory.org))

L'idée du BIM a été conceptualisée dans les années 70 sous le nom de Système de description de bâtiment (BDS). Le terme "modèle de bâtiment" a été utilisé pour la première fois en 1985 dans un document sur la conception architecturale, traitant du dessin assisté par ordinateur et de la conception assistée par ordinateur.

En 1992, l'expression "modèle d'information du bâtiment" a été employée pour la première fois dans un document abordant l'automatisation dans le secteur de la construction. Cependant, ce n'est que dix ans plus tard que les termes "modélisation de l'information du bâtiment" et "modèle d'information du bâtiment" (ainsi que l'acronyme BIM) ont gagné en popularité.

La figure 1.12 illustre le processus de l'apparition du BIM.

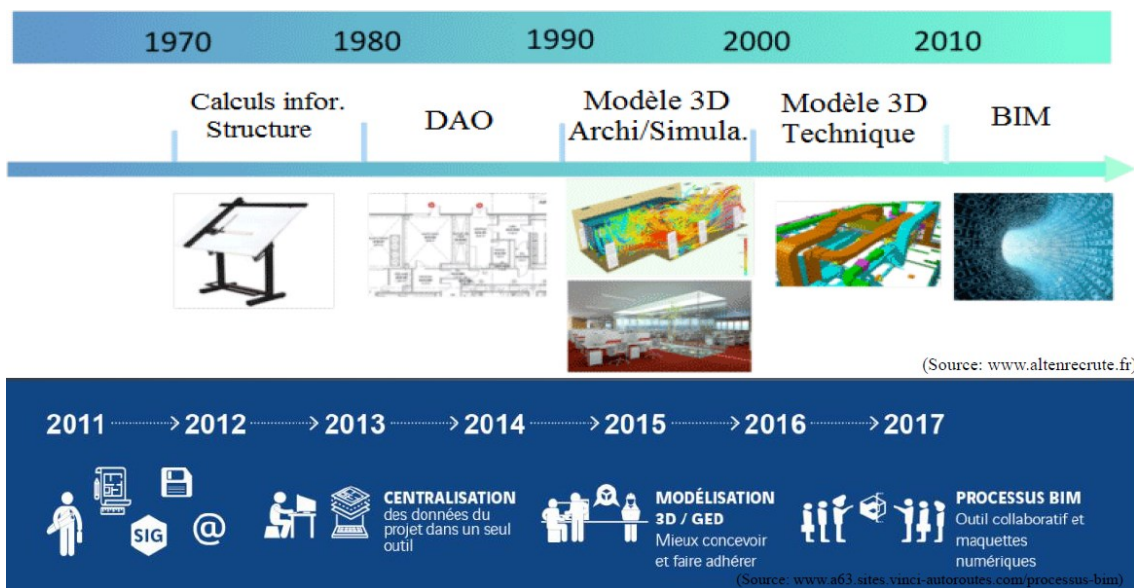


Figure 1.12 : Le processus de l'apparition du BIM

(Source : [www.altenrecrute.fr](http://www.altenrecrute.fr) ; [www.a63.sites.vinci-autoroutes.com/processus-bim](http://www.a63.sites.vinci-autoroutes.com/processus-bim))

C'est en 2002, lorsqu'Autodesk publia un document intitulé "Modélisation de l'information des bâtiments" et que plusieurs développeurs et fournisseurs de logiciels s'engagèrent dans ce domaine, que le terme fut standardisé, adoptant ainsi une désignation commune pour la représentation numérique du processus de construction.

La figure suivante donne un schéma récapitulatif de l'apparition du BIM.

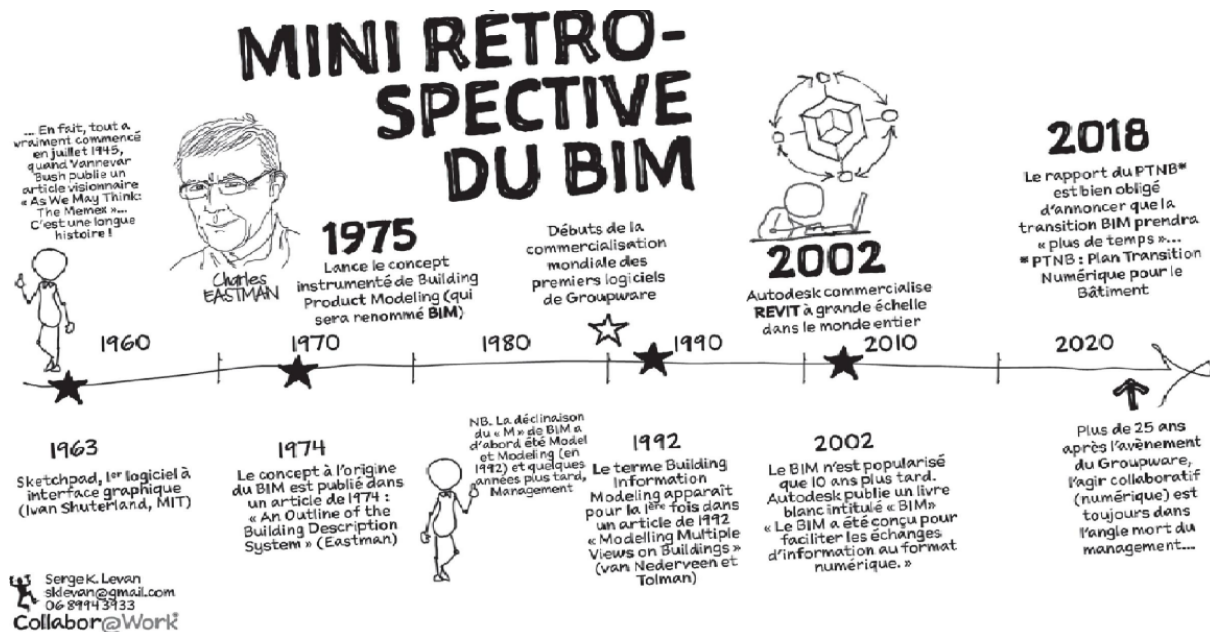


Figure 1.13 : Schéma récapitulatif de l'apparition du BIM

(Source : Audiffret et Levan, 2018)

D'autres terminologies similaires ont été employées par différents fabricants, telles que "Virtual Building" par Graphisoft et "Integrated Project Models" par Bentley Systems.

## Conclusion

Le BIM est perçu comme une approche permettant de réaliser des projets en anticipant les défis fréquemment rencontrés lors de la phase d'exécution, en mettant l'accent sur l'échange d'informations. Ainsi, le BIM n'est pas un objectif en soi, mais une méthode de travail collaborative et efficace, qui requiert l'engagement de tous les acteurs afin de réussir le projet architectural sur tous les plans qualitatifs et quantitatifs.

## CHAPITRE II : Les enjeux du bâtiment et le BIM



*« Le BIM permet de s'assurer que le projet conçu par l'architecte est véritablement mis en œuvre sur le terrain »*

Emmanuel Coste, Agence Coste Architectures

(Source : BIM & COP 21)

## **CHAPITRE II : Les enjeux du bâtiment et le BIM**

### **Introduction**

Le secteur de la construction est actuellement confronté à plusieurs défis. L'acte de construire devient de plus en plus complexe, notamment en raison des nombreuses normes et réglementations et surtout avec le manque d'une collaboration harmonieuse entre les différentes parties prenantes impliquées dans le projet (client, architecte, BET, entreprises, etc.).

La lutte contre le changement climatique représente un défi majeur, principalement dû à l'exploitation linéaire et excessive des ressources naturelles, notamment des énergies fossiles. Ses impacts sont désormais largement reconnus. Le modèle actuel n'est ni durable ni écologique sur les plans socio-économiques, d'autant plus que nous évoluons dans un siècle caractérisé par une croissance démographique et une urbanisation rapide. L'innovation technologique, dont le BIM est une concrétisation qui permet ainsi de bâtir la ville de demain, intelligente et humaine.

### **1. Les enjeux du bâtiment**

Il y a des enjeux historiques qui s'imposent parmi d'autres nouveaux et des besoins qui émergent.

#### **1.1. Les enjeux historiques**

Les enjeux historiques du bâtiment se concentrent principalement sur les premières phases d'un projet (la conception et la réalisation du bâtiment). Enjeux sur la qualité du bâtiment, la sécurité des intervenants, les coûts et les délais.

#### **1.2. Les nouveaux enjeux**

Avec les grands changements démographiques, économiques, technologiques et environnementaux, le domaine du bâtiment a connu l'émergence de nouveaux enjeux. Ceux relevant des aspects énergétiques et environnementaux, les produits innovants à coûts maîtrisés, les services des usagers (sécurité et confort des occupants) et les processus (conception optimisée à long terme, solutions performantes, méthodes de travail plus collaboratives).

## 2. Les enjeux du bâtiment et le BIM

Le BIM transforme non seulement notre manière de concevoir les bâtiments, mais aussi celle de les construire et de les exploiter.

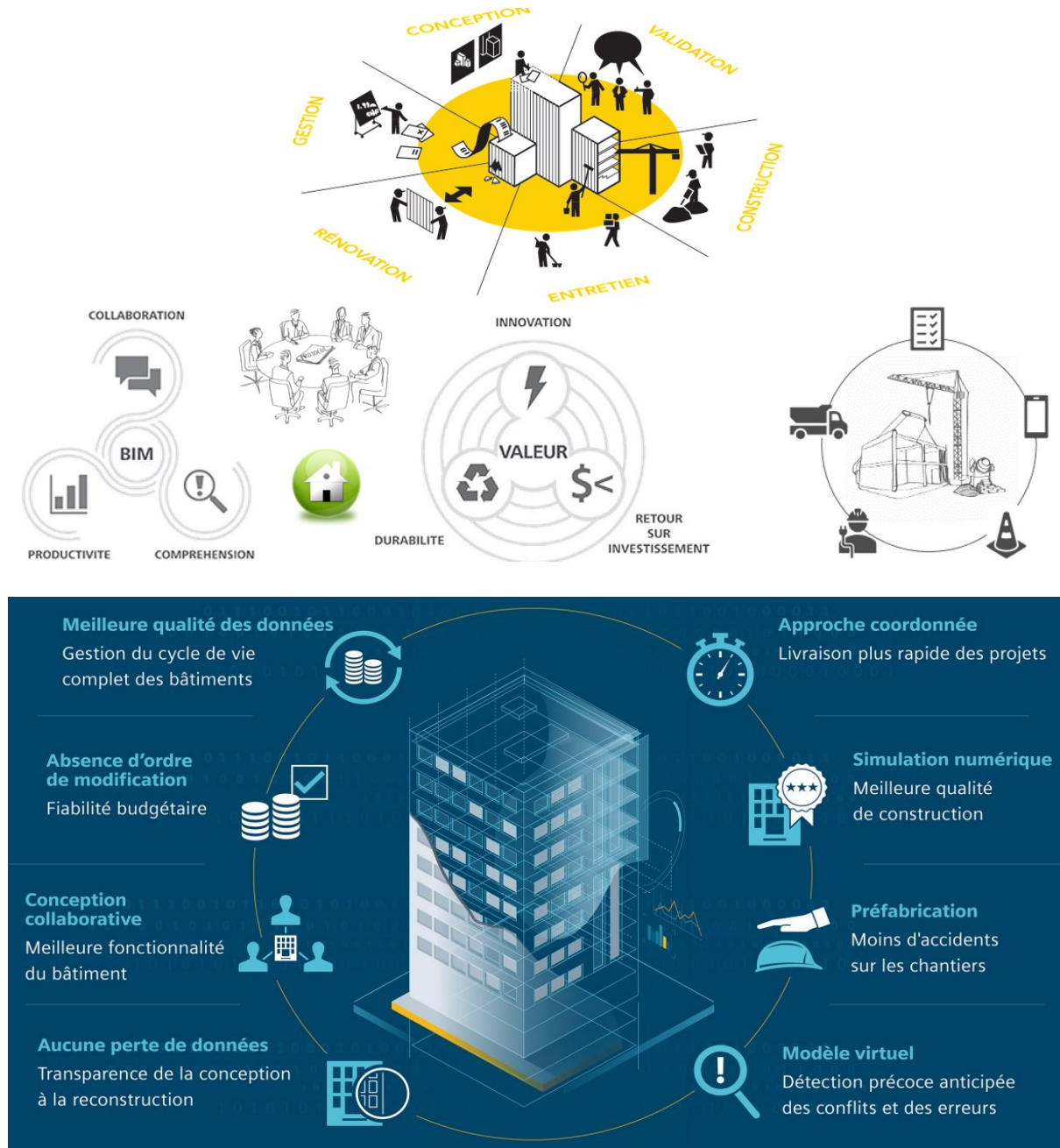


Figure 2.1 : Les enjeux du bâtiment et le BIM

(Source : Tettamanti et al., 2018 ; [www.new.siemens.com/frfr/produits/buildingtechnologies](http://www.new.siemens.com/frfr/produits/buildingtechnologies))

La méthode BIM est utilisée dans toutes les étapes du projet architectural (programmation, conception, évaluation, simulation, réalisation, exploitation, etc.) afin d'assurer une meilleure qualité tout en évitant les problèmes relatifs aux délais et coûts.

### 3. Les raisons de l'utilisation du BIM

Plusieurs raisons préconisent l'utilisation du BIM pour sa fiabilité entre autres écologiques, économiques, qualitatives et l'inefficacité des méthodes traditionnelles.

- Les raisons écologiques : la volonté de diminuer les émissions de carbone et de gaz à effet de serre, de préserver l'environnement et les ressources, etc.
- Les raisons économiques : la maîtrise du coût de la réalisation, la diminution de la consommation énergétique et la facture de l'exploitation.
- Les raisons qualitatives : la qualité du bâtiment et des ambiances.
- L'inefficacité des méthodes traditionnelles : désorganisation, retards, dépassement de budget, mauvaise qualité, gaspillage, etc.

Manque d'informations : Documents de différents formats selon l'intervenant, perte d'informations, difficultés de trouver l'information, mises à jour difficiles à réaliser (as-built).

Problèmes et conflits : BET structure VS BET chauffage (passage des gaines, tuyaux et autres percements).

Problèmes des modifications tardives de la conception (lors de l'exécution).

Nombre d'erreurs élevées dues au manque de coordination et de suivi.

- Fiabilité de la nouvelle méthode BIM : à travers l'exploitation d'un seul modèle virtuel 3D paramétrique intelligent tout au long de la vie du projet.

Ce modèle virtuel permet de réaliser des visualisations, des simulations, des analyses (calcul structurel, énergétiques, détections des conflits, etc.) et des contrôles (respect des normes, du budget, ...).

## 4. Le BIM au niveau mondial

La méthode BIM est désormais employée dans les nouveaux projets de construction et d'infrastructures à l'échelle mondiale.

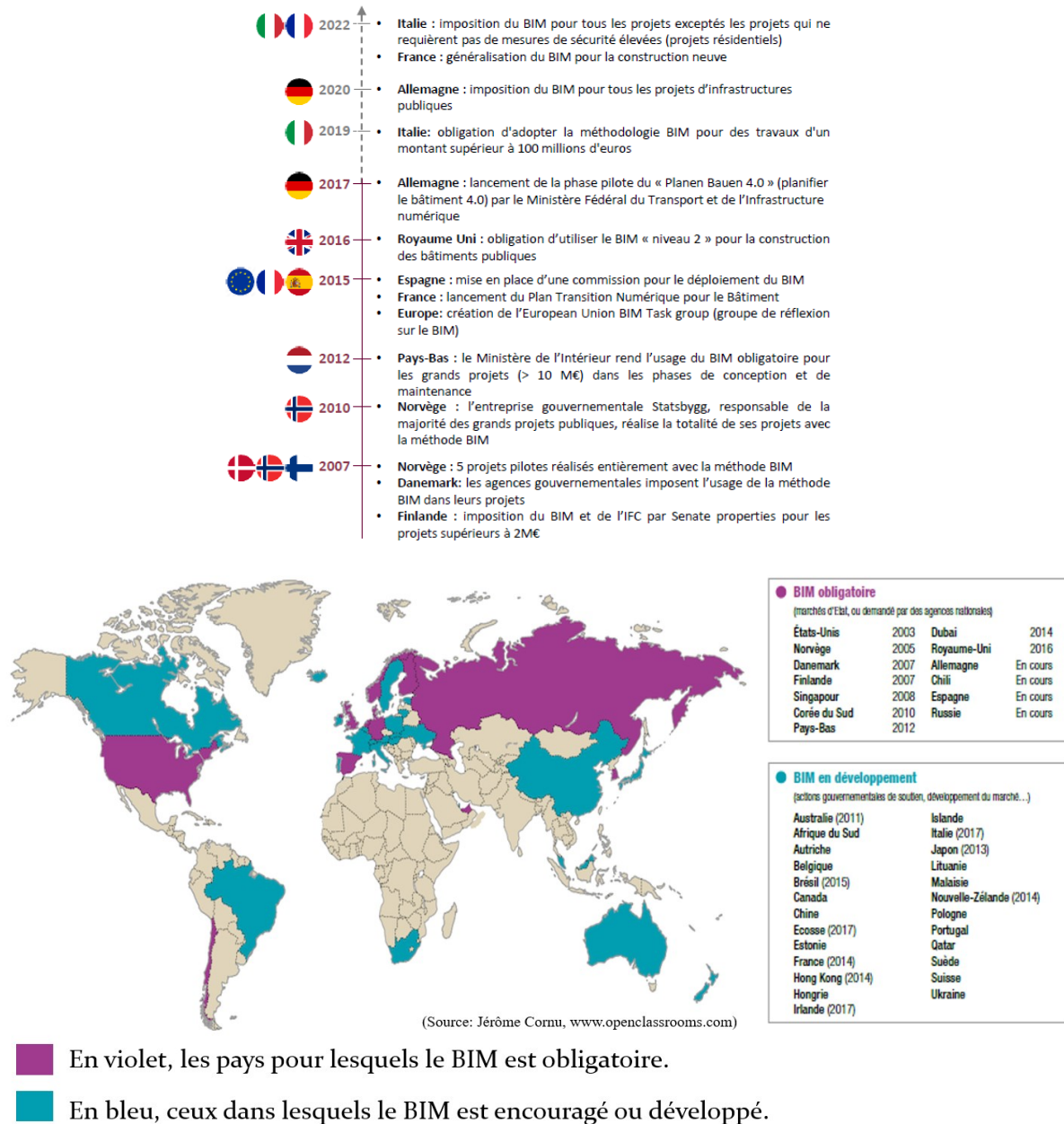


Figure 2.2 : L'utilisation du BIM au niveau mondial

(Source : www.sia-partners.com ; www.openclassrooms.com)

De nombreux pays ont lancé des programmes visant à encourager l'adoption du BIM. Tandis que certains ont réussi à le rendre obligatoire, d'autres ont opté pour une approche incitative plutôt qu'obligatoire.

## 5. Les principaux métiers et acteurs du BIM

Le BIM concerne tous les acteurs : maître d’ouvrage, architecte, bureau d’études, constructeur, fournisseurs de produits, utilisateurs, collectivités et pouvoir publics, etc.

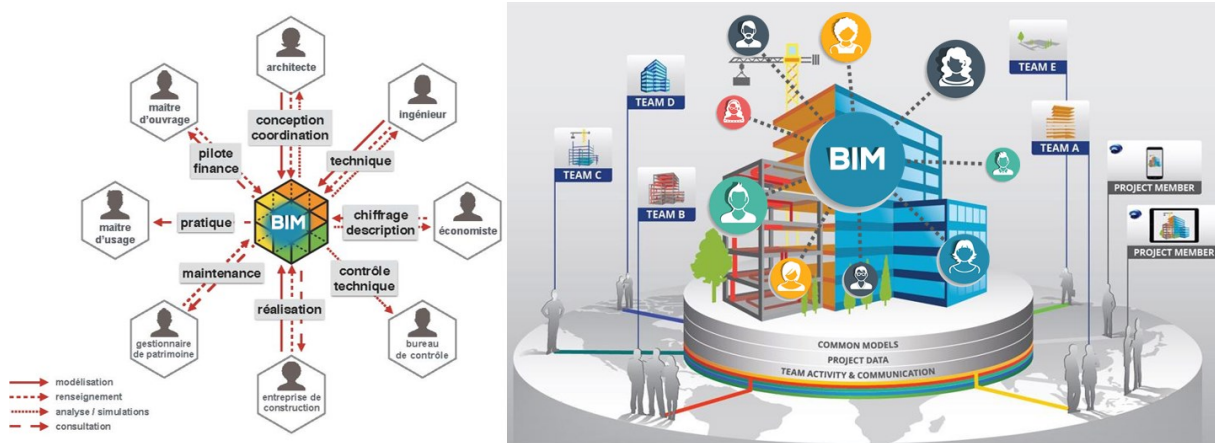


Figure 2.3 : Les principaux métiers et acteurs du BIM

(Source : [www.forma6.net](http://www.forma6.net) ; [www.geospatialmedia.s3.amazonaws.com](http://www.geospatialmedia.s3.amazonaws.com))

### 5.1. AMO BIM (Assistance à Maîtrise d’Ouvrage)

Il soutient le maître d’ouvrage dans la mise en œuvre de la démarche BIM pour un projet. Il participe à la définition des objectifs, des besoins et des modalités contractuelles, accompagne le processus tout au long du projet et veille à la qualité des maquettes numériques produites.

### 5.2. BIM Manager

Il établit la convention BIM, est responsable du contrôle qualité, assure la coordination entre les divers intervenants, et consolide ainsi que publie la maquette.



Figure 2.4 : Le métier BIM Manager (Source : [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

### 5.3. BIM Coordinateur

Effectue le relais du BIM Manager au sein des différentes entreprises mobilisées (l'interlocuteur du BIM Manager en entreprise).



Figure 2.5 : Le métier BIM Coordinateur (Source : [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

Il prend connaissance des règles et de la charte établies et s'assure que les BIM Modeleurs les respectent et les appliquent. Il est responsable de la qualité de la maquette numérique.

### 5.3. BIM Producteur

Il est chargé de la modélisation quotidienne de la maquette BIM en respectant la convention BIM, et de la création ainsi que de la mise à jour des livrables issus des modèles BIM.

### 5.4. BIM Modeleur

Le BIM Modeleur est responsable de la modélisation de la maquette BIM de l'ouvrage.

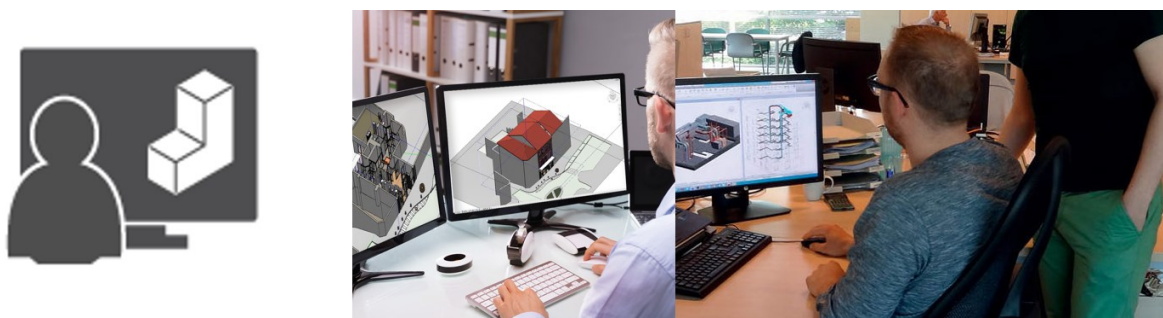


Figure 2.6 : Le métier BIM Modeleur (Source : [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

Il suit les règles définies par le BIM Manager et travaille sous la supervision du BIM Coordinateur.

## 6. La relation entre les acteurs

La figure suivante résume la relation entre les acteurs sans/avec BIM.

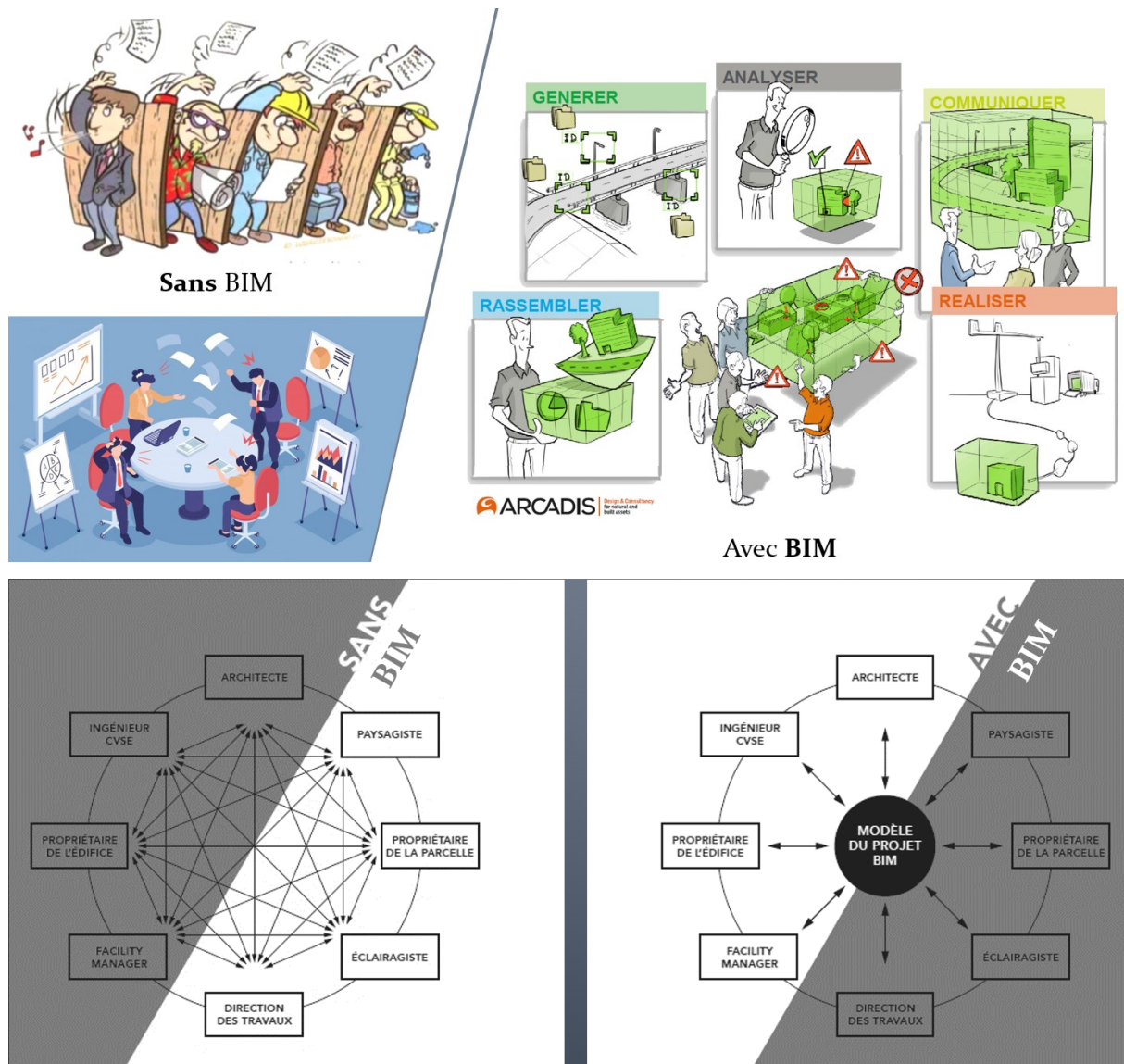


Figure 2.7 : la relation entre les acteurs sans/avec BIM

(Source : [www.arcadis.com](http://www.arcadis.com) ; [www.cche.ch](http://www.cche.ch))

- Sans BIM : Chevauchement et ambiguïté des opérations et des tâches entre les acteurs (problèmes et conflits).
- Avec BIM : Organisée et se réfère au même modèle qui gère la nature des relations et le temps de l'intervention de chaque intervenant.

La figure suivante illustre les étapes de la réalisation d'un projet avec la méthode BIM.

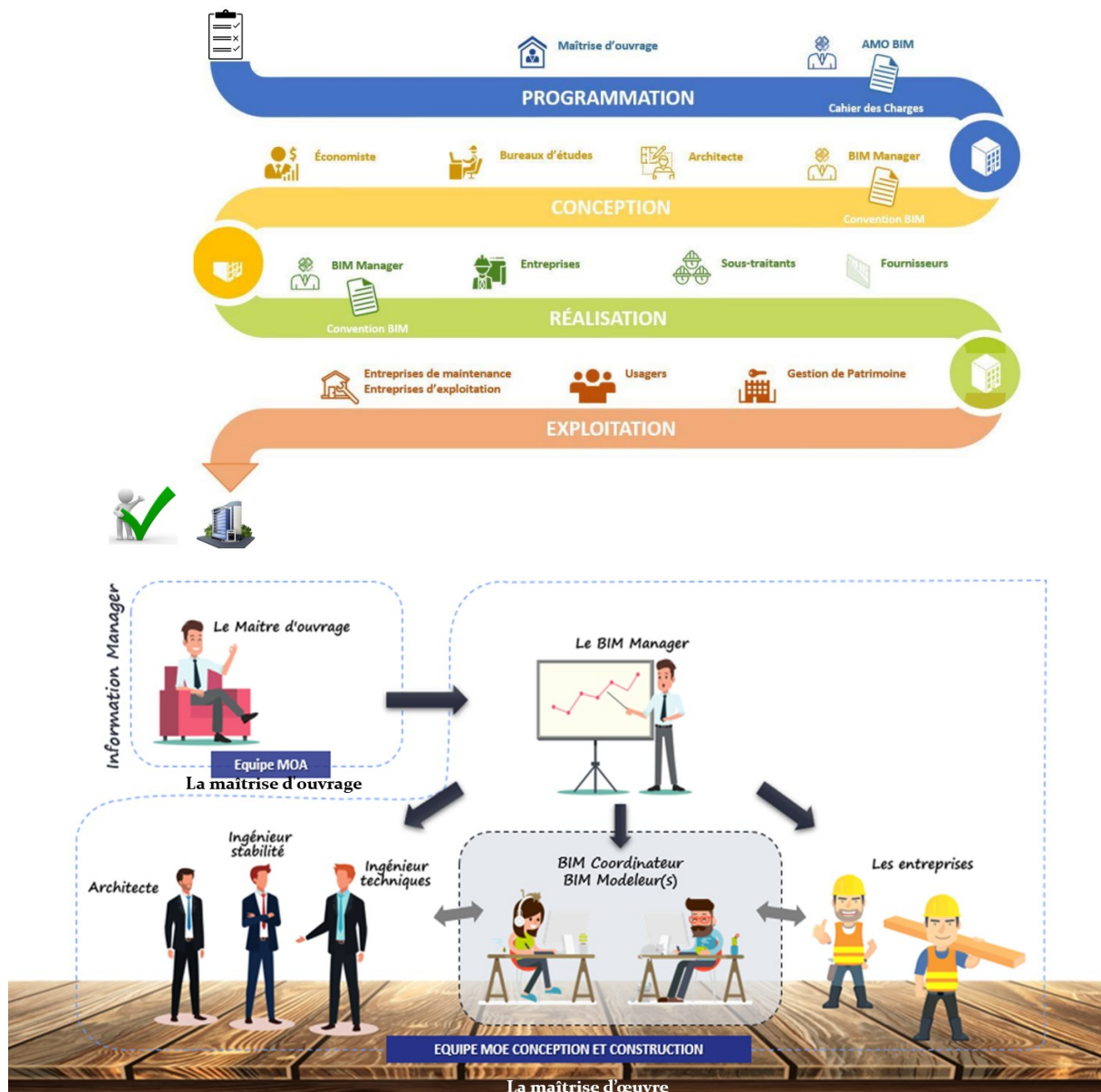


Figure 2.8 : les étapes de la réalisation d'un projet avec la méthode BIM

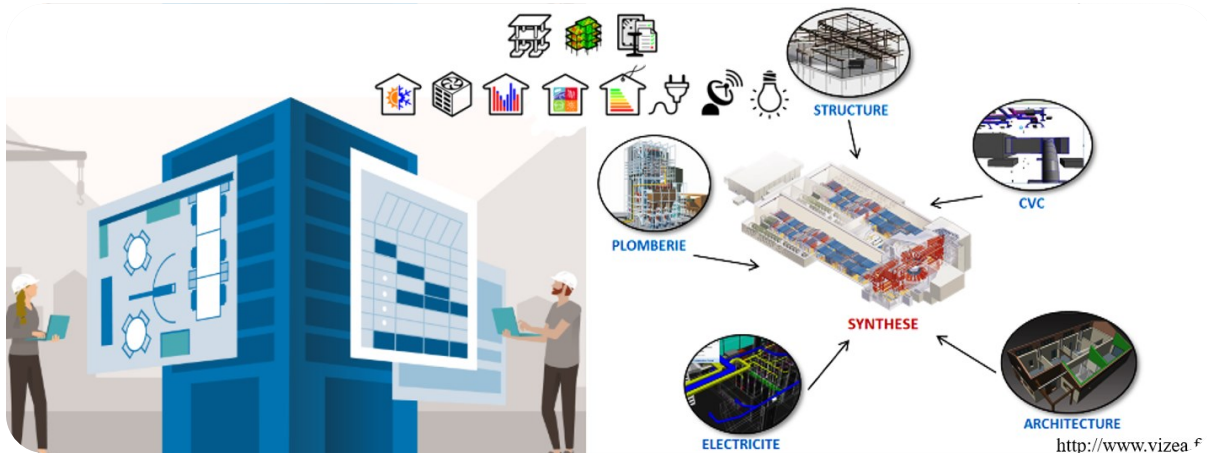
(Source : [www.omh-convergence.org](http://www.omh-convergence.org) ; [www.bimconsult.lu](http://www.bimconsult.lu))

Le processus de la réalisation d'un projet avec la méthode BIM est basé sur la coordination entre tous les acteurs avec une organisation parfaite par la détermination des tâches et la période d'intervention de chaque acteur.

## **Conclusion**

Le secteur du bâtiment fait face à de nombreux enjeux concernant principalement la qualité du bâtiment, la sécurité des intervenants, les coûts et les délais. Avec l'apparition des problèmes environnementaux, on a commencé de parler de la préservation de l'environnement, la rationalisation de la consommation énergétique et l'utilisation des matériaux performants mais toujours avec l'utilisation de l'ancienne méthode. Avec l'apparition de la nouvelle méthode BIM tout a changé et devenu plus efficace sur tous les plans notamment la collaboration entre les intervenants, la qualité architecturale et la meilleure gestion du projet (étude, réalisation, exploitation et maintenance).

# CHAPITRE III : La maquette numérique et les avantages du BIM



## CHAPITRE III : La maquette numérique et les avantages du BIM

### Introduction

La maquette numérique permet de visualiser la 3D du projet pour avoir une idée sur la volumétrie et l'aspect esthétique. La méthode BIM est basée principalement sur l'utilisation d'une seule maquette. Cette dernière est très différente de la maquette ordinaire, en plus de la visualisation en 3D du projet, elle regroupe toutes les informations nécessaires pour l'étude et l'évaluation du projet sur tous les plans (esthétique, thermique, visuel, etc.). L'utilisation de cette maquette a plusieurs avantages pour toutes les parties prenantes du projet.

### 1. L'évolution des outils de conception

La méthode de conception traditionnelle est caractérisée par l'utilisation du papier, le désordre, le manque d'informations et l'absence de la collaboration harmonieuse entre les acteurs du projet.

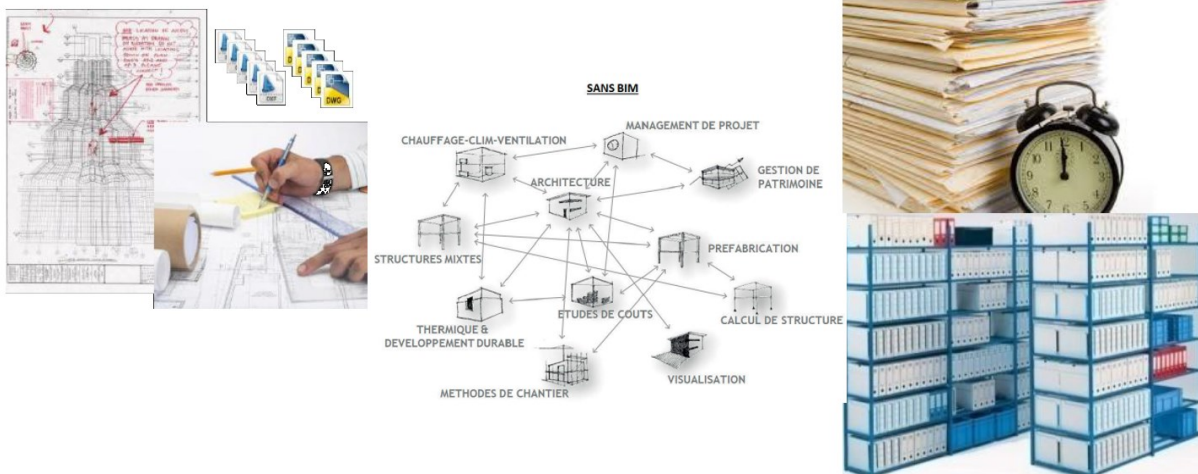


Figure 3.1 : La méthode de conception traditionnelle

(Source : [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr) ; [www.sisba.fr](http://www.sisba.fr))

L'évolution des outils de conception utilisés a influé sur la relation entre les intervenants.

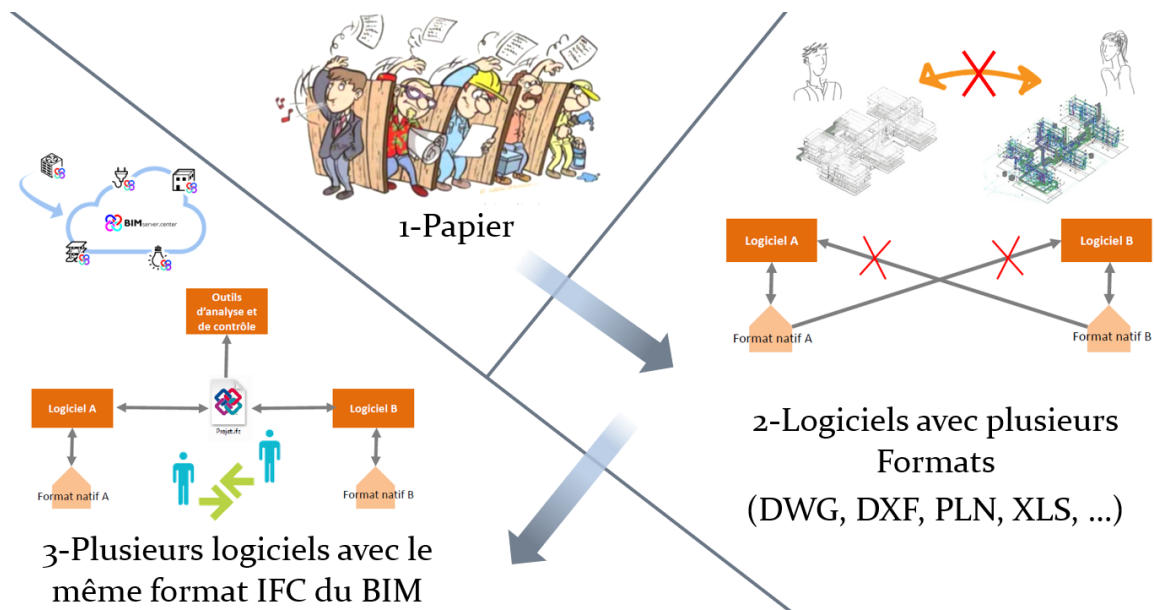


Figure 3.2 : La méthode de conception traditionnelle

(Source : [www.objectif-bim.com](http://www.objectif-bim.com) ; [www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be) ; traité par auteur, 2022)

Pour résoudre les problèmes de l'utilisation du papier et les différents formats de logiciels incompatibles entre eux, la méthode BIM utilise le principe de l'interopérabilité à travers l'utilisation du format IFC.

La figure suivante présente l'évolution des outils de conception et l'échange d'informations selon la méthode de conception traditionnelle et selon la nouvelle méthode BIM.

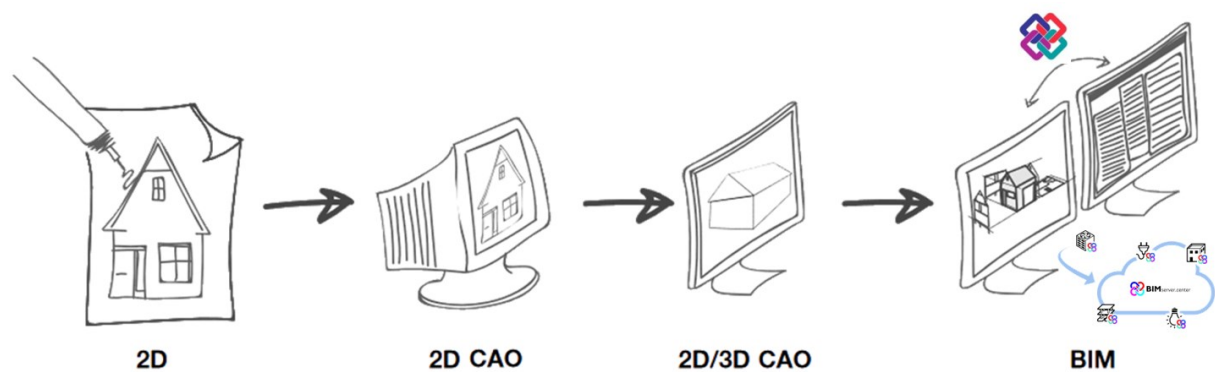


Figure 3.3 : L'évolution des outils de conception et l'échange d'informations

(Source : [www.bimportal.be/fr](http://www.bimportal.be/fr))

La nouvelle méthode BIM est plus efficace avec moins de risque d'erreur à travers l'utilisation d'un flux de travail Open BIM (cloud).

La figure ci-dessous présente une comparaison entre le processus de construction traditionnel et le processus de la méthode BIM.

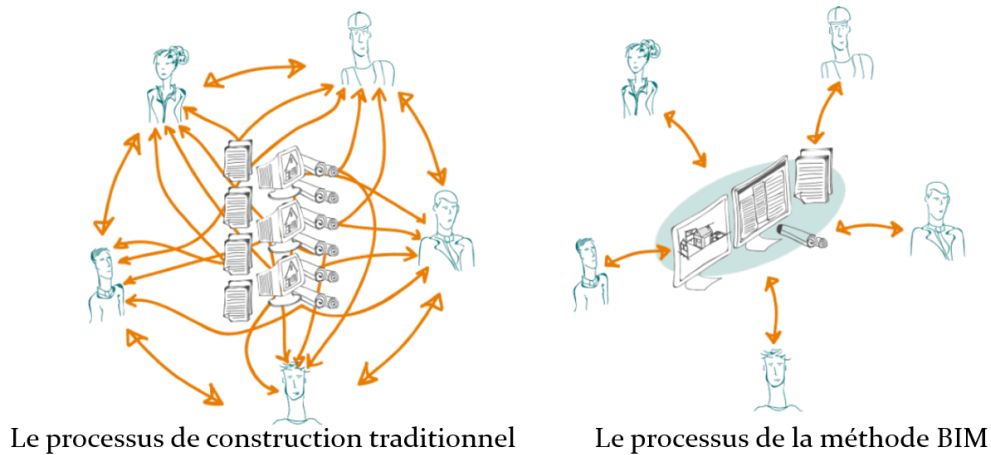


Figure 3.4 : Le processus de construction traditionnel et le processus de la méthode BIM  
(Source : [www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be))

Sans BIM, la même information est généralement reproduite sept fois en moyenne.

Avec BIM : l'information est partagée efficacement et sans duplication entre les intervenants.

## 2. La maquette numérique du BIM

Une maquette numérique est un outil de représentation en 3D reposant sur une base de données. Il s'agit d'un modèle unique pour chaque projet, offrant une représentation cohérente de l'ensemble du projet modélisé.

La modélisation permet de visualiser un projet en 3D. Elle offre une meilleure compréhension des relations spatiales et des ambiances, facilitant ainsi la lecture du projet (Figure 3.5).



Figure 3.5 : La modélisation d'un projet architectural  
(Source : [www.axeofm.com](http://www.axeofm.com))

La maquette BIM est une maquette numérique paramétrique et intelligente, car elle se compose d'éléments qui interagissent les uns avec les autres.

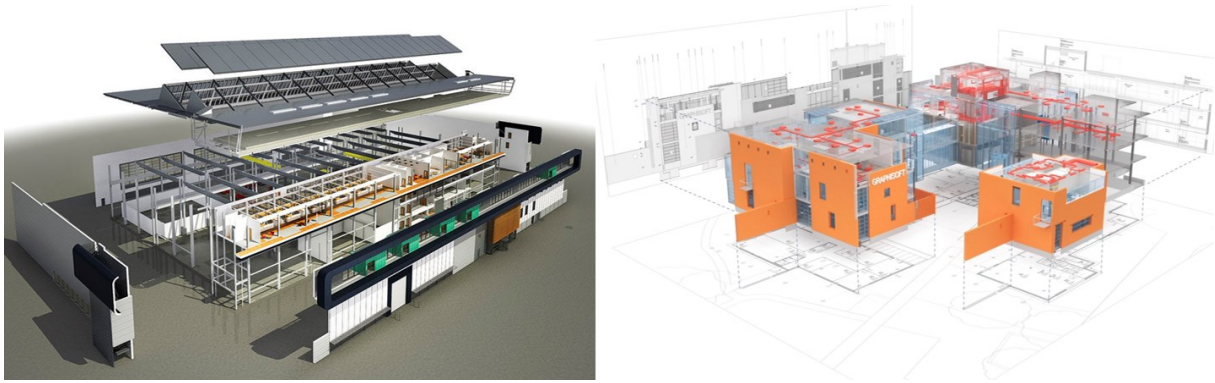


Figure 3.6 : La maquette de la méthode BIM  
(Source : [www.ckvango.com](http://www.ckvango.com) ; [www.afortech.com](http://www.afortech.com))

Par exemple, si un mur est déplacé, tous les éléments associés (fenêtres, portes, dalles, etc.) seront également déplacés. Étant donné qu'il s'agit d'un modèle unique, les coupes et les vues sont automatiquement mises à jour en temps réel lors de toute modification, ce qui permet d'éviter les erreurs.

Les éléments de la maquette intègrent des informations (géométrie, matériaux, apparence, coût, caractéristiques, performance énergétique, etc.) qui permettent de réaliser des analyses et des simulations. Le calcul automatique des quantités, des coûts de construction et de la planification peut être effectué en temps réel et reste constamment actualisé grâce au modèle paramétrique 3D.

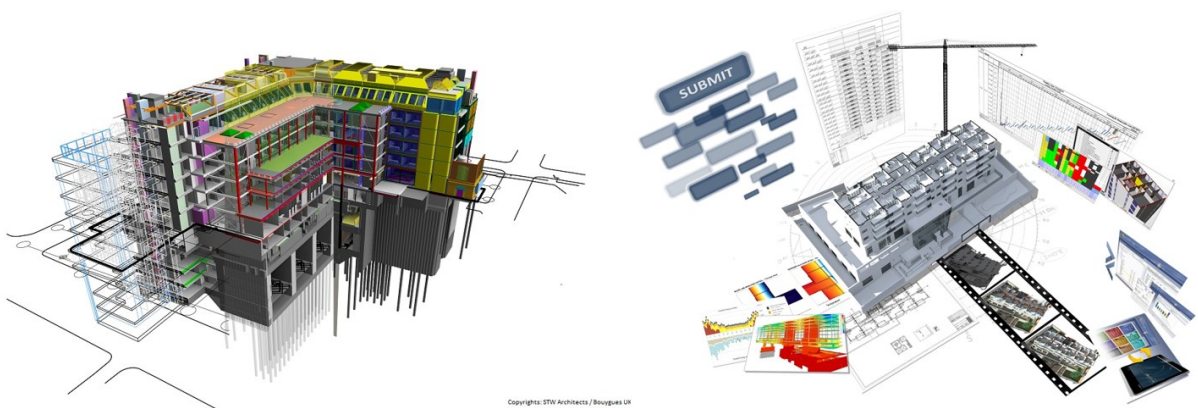


Figure 3.7 : Les éléments et résultats de la maquette de la méthode BIM  
(Source : [www.wsp.com](http://www.wsp.com) ; [www.ndbim.com](http://www.ndbim.com))

Un modèle virtuel BIM est constitué d'objets paramétriques liés à des données et des règles. Ces objets restent cohérents dans toutes les vues, garantissant ainsi l'exactitude des dimensions.

Lors de leur insertion ou modification, ces objets réagissent de manière intelligente, comme par exemple lors de l'intégration d'un mur ou d'une fenêtre.

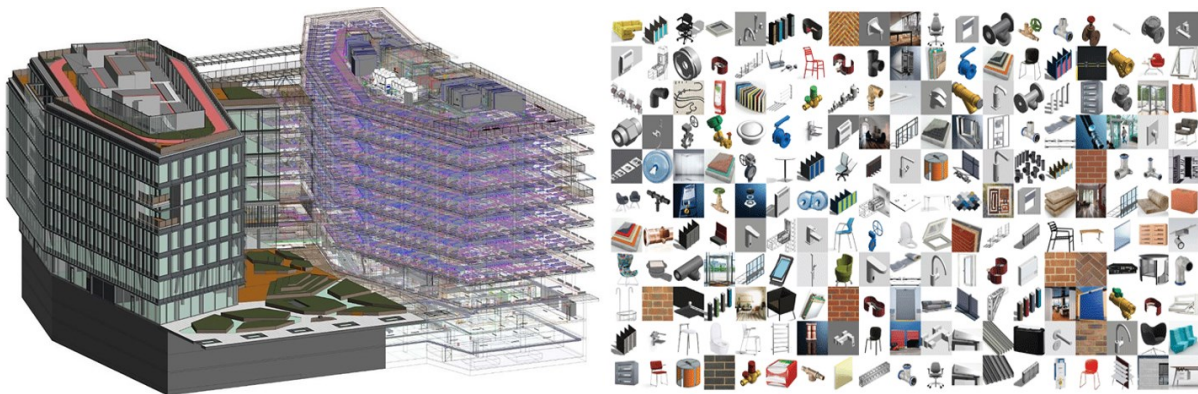


Figure 3.8 : Les objets qui composent la maquette de la méthode BIM  
(Source : [www.skanska.com](http://www.skanska.com) ; [www.aecmag.com](http://www.aecmag.com))

Le travail collaboratif se réalise à partir d'un fichier central unique, géré par le BIM Manager. Chaque utilisateur travaille sur un fichier local, connecté au fichier central via des procédures de « synchronisation ». Toutefois, les fichiers locaux sont sous la seule responsabilité de leur créateur. La figure suivante présente les différents éléments qui composent la maquette selon la méthode BIM.

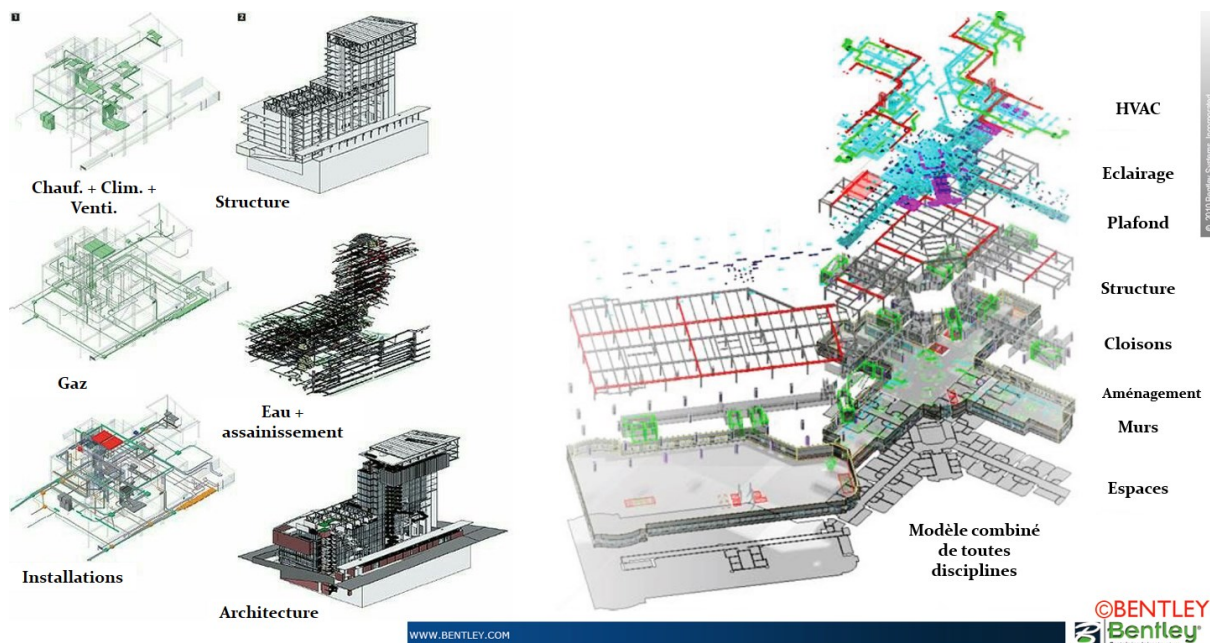


Figure 3.9 : Les détails qui composent la maquette de la méthode BIM  
(Source : [www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be) ; [www.bentley.com](http://www.bentley.com))

Le calcul peut être inclus dans les systèmes intégrés au logiciel (comme le calcul des réseaux de gaines) ou effectué via des interfaces et des échanges avec des logiciels spécialisés (calcul thermique, énergétique, dimensionnement de la structure, etc.). La figure suivante illustre la maquette finale selon la méthode BIM.

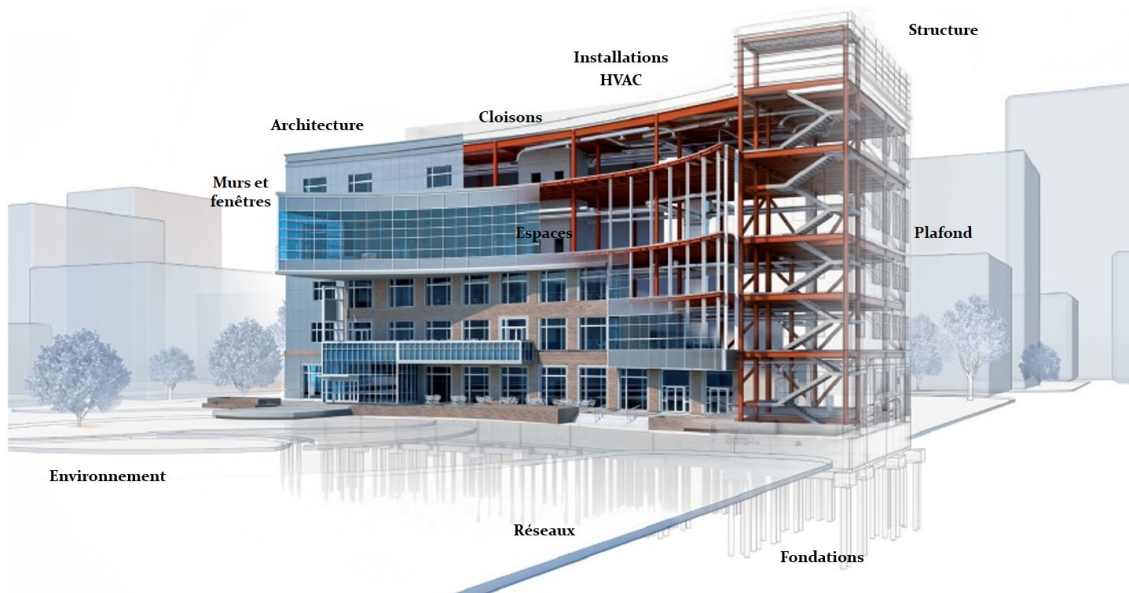


Figure 3.10 : La maquette finale de la méthode BIM (Source : [www.3dpointshot.com](http://www.3dpointshot.com))

La maquette BIM est un modèle virtuel contenant tous les éléments qui composent un bâtiment comme dans la réalité (fondation, structure, murs, plafond, portes, fenêtres, installations, etc.).

### 3. Le format IFC

Le BIM repose sur le dialogue entre différents acteurs. Pour que ce dialogue soit efficace, il est essentiel de parler un langage commun.

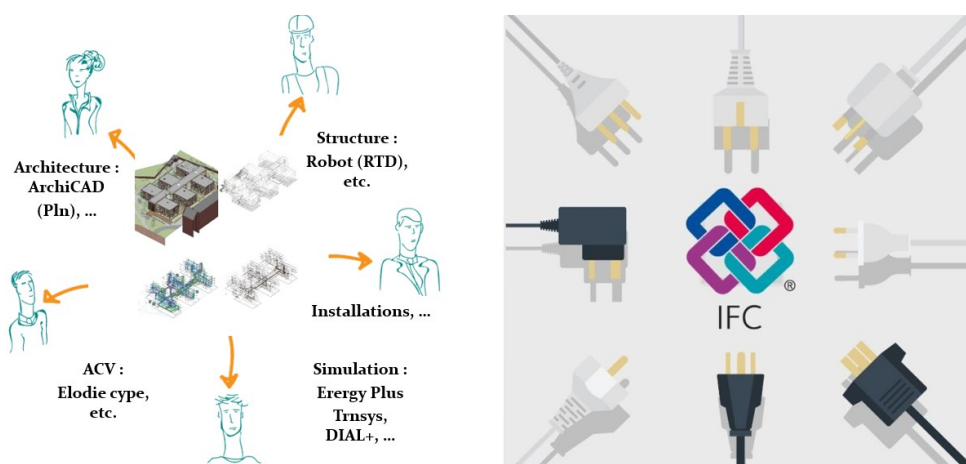


Figure 3.11 : Les acteurs du BIM et le format IFC  
(Source : [www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be) ; [bimcorner.com](http://bimcorner.com))

IFC est l'acronyme de : Industry Foundation Classes. Un format de fichier standardisé utilisé pour échanger des informations entre logiciels. Avec le BIM, l'ensemble des acteurs utilisent le même langage " IFC" quel que soit le logiciel utilisé (modélisation, calcul, simulation, etc.).

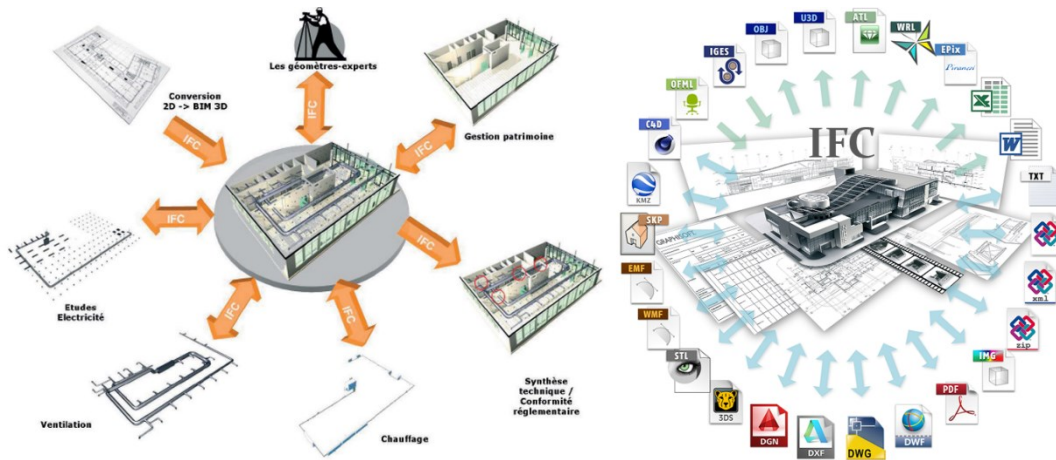


Figure 3.12 : L'échange d'informations entre acteur et logiciels avec le format IFC

(Source : [www.laurenti.com](http://www.laurenti.com) ; [www.pining.com](http://www.pining.com))

Le format IFC a été développé par BuildingSMART dans le but de créer un standard visant à améliorer l'interopérabilité des logiciels dans le secteur de la construction. Il fait partie de la norme STEP ou « STandard for Exchange of Product data ».

La figure suivante présente le flux de production de la maquette BIM et le format IFC.

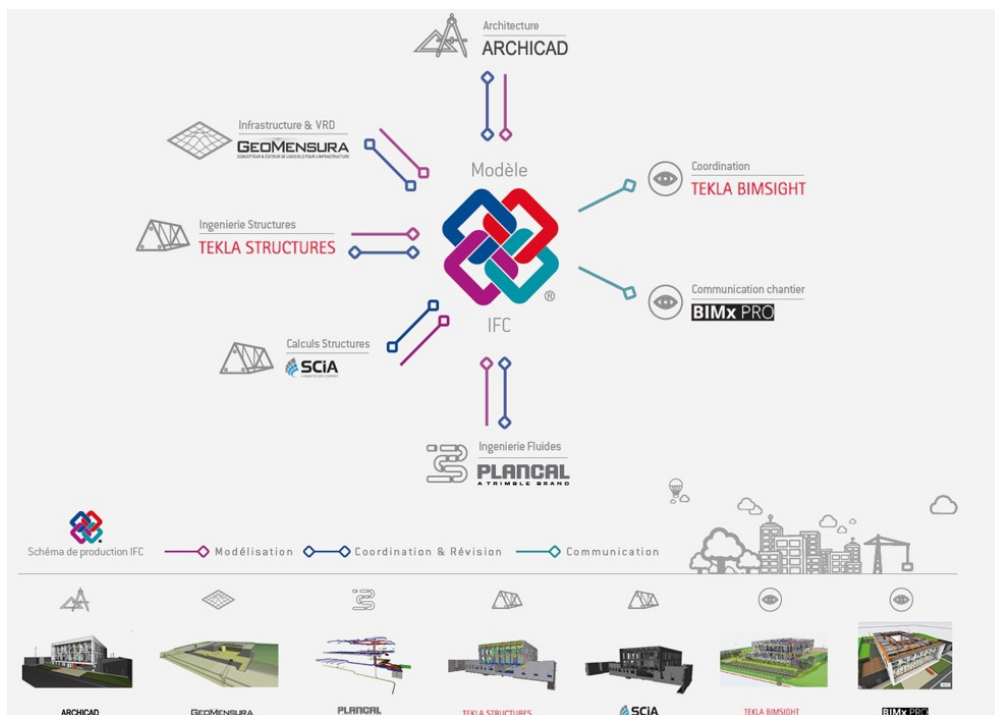


Figure 3.13 : Le flux de production de la maquette BIM (Source : [www.openbim.fr](http://www.openbim.fr))

Le format IFC englobe l'idée d'interopérabilité des logiciels utilisés dans le cadre du BIM, permettant ainsi de ne pas se limiter à une seule gamme de logiciels et d'éviter les problèmes d'incompatibilité entre eux. Aborder l'IFC, c'est en réalité évoquer les échanges BIM interprofessionnels, et donc l'OpenBIM (cloud).

#### 4. Les objets BIM

L'objet BIM est intelligent et regroupe toutes les informations numériques d'un produit en fonction de son niveau de développement. En effet, le BIM combine deux formats de fichiers informatiques :

- Les fichiers de type CAD 2D et 3D, par exemple : dwg, dxf, etc...
- Les fichiers de type Office, par exemple : xls, doc, pdf, etc.

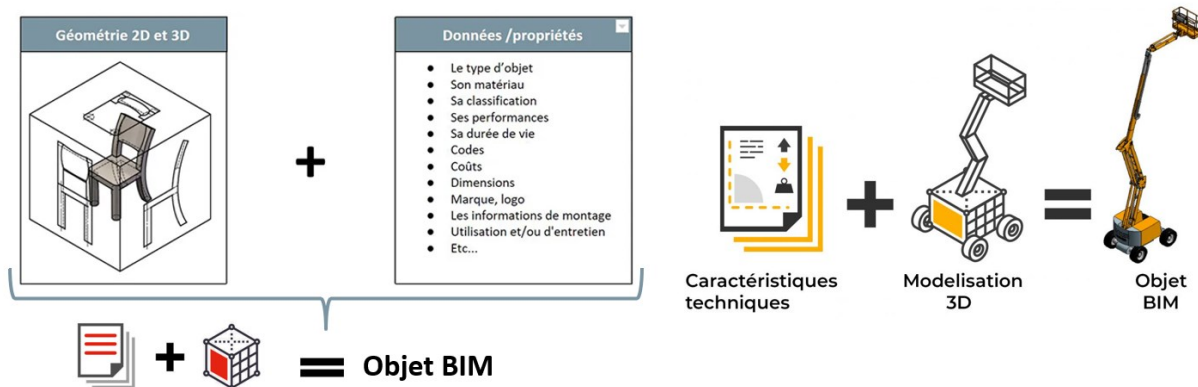


Figure 3.14 : Les objets BIM (Source : [www.lightzoomlumiere.fr](http://www.lightzoomlumiere.fr) ; [www.haulotte-africa.com](http://www.haulotte-africa.com))

Les objets BIM sont téléchargeables dans de nombreux formats (IFC, GSM, SKP, 3DS, DWG, etc.).

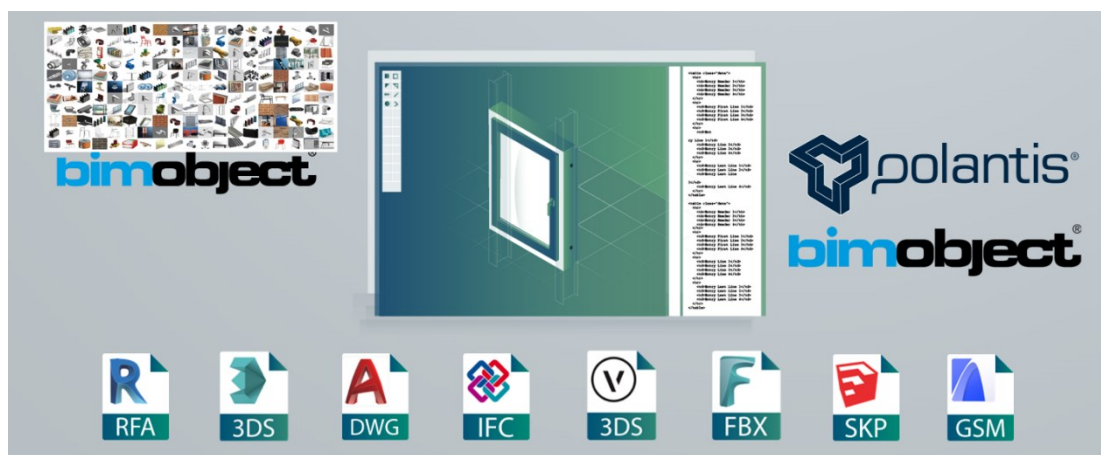


Figure 3.15 : Les sites des objets BIM (Source : [www.bimobject.com](http://www.bimobject.com) ; [www.polantis.com](http://www.polantis.com))

La figure suivante présente des exemples des objets BIM.

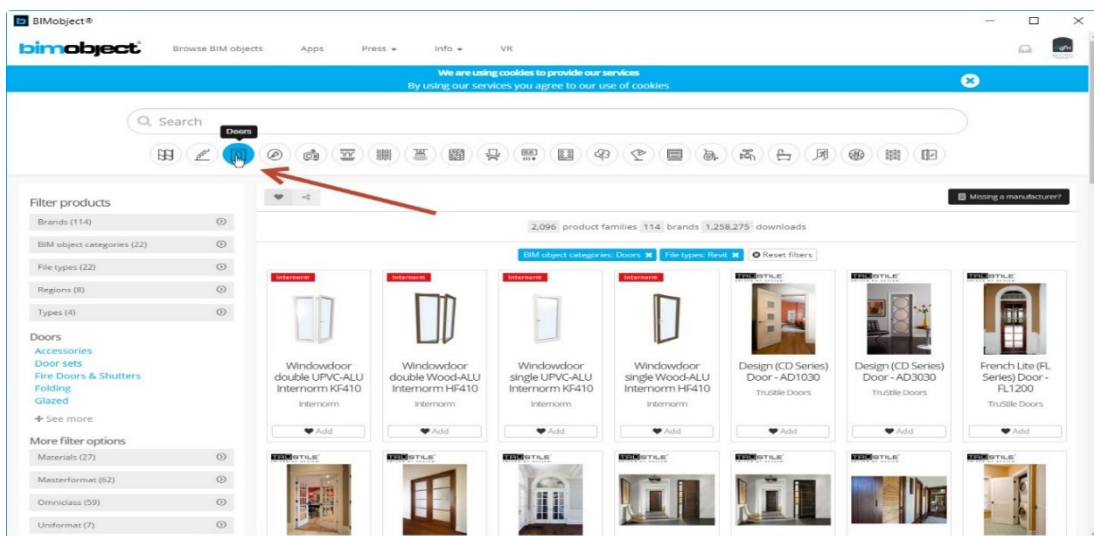


Figure 3.16 : Les objets BIM (Source : [www.bimobject.com](http://www.bimobject.com) ; [www.polantis.com](http://www.polantis.com))

Dans chaque site, on trouve une bibliothèque très riche et bien organisée.

## 5. Les avantages du BIM

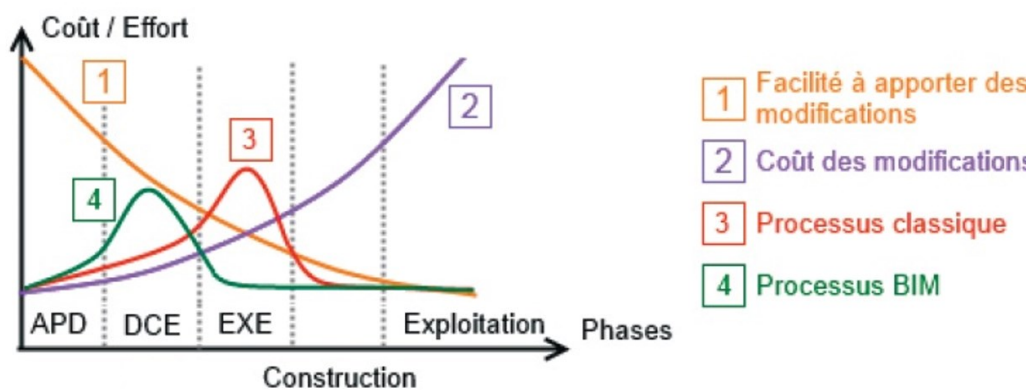
Le BIM dépasse le cadre d'une simple méthode de travail. En permettant de créer une représentation virtuelle de ce qui sera construit, il offre la possibilité de construire, tester et analyser un bâtiment en temps réel, bien avant le début des travaux (fournissant ainsi un contrôle complet et détaillé). Le BIM transforme la manière dont les maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs et entrepreneurs travaillent. Il leur permet de collaborer et d'intégrer des informations pertinentes dès les premières étapes du projet, lorsque les modifications n'entraînent pas encore de lourdes conséquences financières.

Le BIM permet de concevoir des bâtiments qui consomment moins d'électricité, sont plus efficaces en matière de chauffage et de climatisation, et offrent une meilleure protection pour leurs occupants et l'environnement.

Le BIM a de multiples avantages pour tous les intervenants et durant toutes les étapes d'un projet qui permet de :

- Améliorer la collaboration et la coordination entre tous les acteurs.
- Assurer le partage et la gestion d'informations et éviter la reproduction des données.
- Encourager l'optimisation de la conception par ordinateur et la visualisation du projet.
- Détecter les problèmes et les chevauchements entre les éléments afin d'éviter les modifications tardives de la conception.
- Économiser les coûts et préserver les ressources.
- Assurer une meilleure qualité avec une performance sur tous les plans (thermique, acoustique, énergétique environnementale, etc.).
- Permettre l'optimisation de la gestion du temps avec un planning maîtrisé.
- Permettre la fabrication hors site.
- Des sites de construction organisés et plus sécurisés.
- Réutilisation facile des informations (plans, chiffres, textes, ...) durant toute la durée de vie du projet.
- Une gestion améliorée de l'exploitation grâce à la disponibilité des données et aux opérations de maintenance.

La figure ci-dessous illustre une comparaison de la charge de travail (coût et effort) entre la méthode classique et la méthode BIM.



APD: Avant Projet Définitif  
 DCE: Dossier de Consultation des Entreprises

Figure 3.17 : Comparaison de la charge de travail entre la méthode classique et BIM  
 (Source : [www.conseils.xpair.com](http://www.conseils.xpair.com))

### **5.1. Les avantages pour les maîtres d'ouvrage et les développeurs**

Pendant les études de faisabilité et la conception, le modèle virtuel BIM permet de vérifier dès les premières étapes si le projet respectera les critères financiers et les délais de construction.

- Le modèle virtuel 3D facilite la vérification des critères fonctionnels et environnementaux d'un projet, ce qui conduit à une amélioration de la qualité des bâtiments.
- Une collaboration renforcée entre les intervenants favorise une meilleure compréhension des critères du projet.
- Une estimation des coûts en temps réel permet d'évaluer immédiatement l'impact budgétaire des modifications de conception.

### **5.2. Les avantages pour les bureaux d'études, architectes et ingénieurs**

Le modèle virtuel 3D créé permet de réaliser des visualisations détaillées de tous les composants du bâtiment à chaque étape du projet.

- Détection précoce des conflits grâce à la superposition des modèles des différentes spécialités (architecture, structure, fluides, etc.).
- La collaboration entre les intervenants est optimisée grâce à l'utilisation d'un unique modèle 3D (une seule maquette).
- Le modèle, constitué d'objets paramétriques, ne présentera aucune erreur géométrique, notamment après une modification.
- Les logiciels BIM permettent de générer à tout moment des plans 2D cohérents entre eux, reflétant fidèlement le modèle virtuel à cet instant précis.
- Réduction des erreurs et gain de temps grâce à l'élimination des ressaisies.
- Le modèle virtuel BIM permet de vérifier le respect des normes en vigueur ainsi que des critères du projet, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.
- Fiabilité des estimations de coûts et de délais : les quantités et coûts de construction peuvent être calculés en temps réel, offrant ainsi un retour immédiat sur les implications budgétaires d'une modification ou d'une variante.

- Les analyses et simulations des performances énergétiques et environnementales d'un bâtiment peuvent être effectuées dès les premières étapes de l'étude, offrant ainsi la possibilité d'ajuster la conception en fonction des besoins.

### **5.3. Les avantages pour les entrepreneurs et les fabricants**

Identification des erreurs et omissions avant le démarrage des travaux. Les modèles issus de toutes les disciplines peuvent être réunis et vérifiés pour repérer d'éventuelles interférences.

- Méthodes d'exécution fiables avec une précision accrue de fabrication, car le modèle 3D unique sert de source à tous les dessins, éliminant ainsi toute incohérence entre eux.

- Les conflits et problèmes de construction sont identifiés durant la phase d'étude, plutôt que sur le chantier lors de l'exécution.

- Optimisation de la logistique (préfabrication, transport, livraison, gestion des stocks, etc.).

- La planification et le suivi des travaux sont simplifiés grâce au modèle 3D, qui permet de définir toutes les tâches, matériaux et ressources nécessaires à chaque étape du projet. Cela facilite la planification des livraisons de matériaux et d'équipements, ainsi que les commandes aux sous-traitants, qui peuvent être effectuées avec plus de précision et dans les délais appropriés.

- La conception et la construction peuvent être synchronisées grâce au 4D, qui intègre la dimension "temps" au modèle virtuel 3D.

### **5.4. Les avantages après la construction pour les propriétaires et gestionnaires de patrimoine**

L'application de la méthode BIM garantit aux occupants une gestion optimale, un confort accru, tout en réduisant la consommation énergétique et les impacts environnementaux négatifs.

- Toutes les informations recueillies pendant la construction peuvent être intégrées dans le modèle 3D (as-built) et fournies aux propriétaires.

- Le modèle 3D remis à la fin du chantier constitue une source d'informations essentielles pour la gestion et l'exploitation des installations, ainsi que pour les travaux d'entretien.

## 6. Les inconvénients du BIM

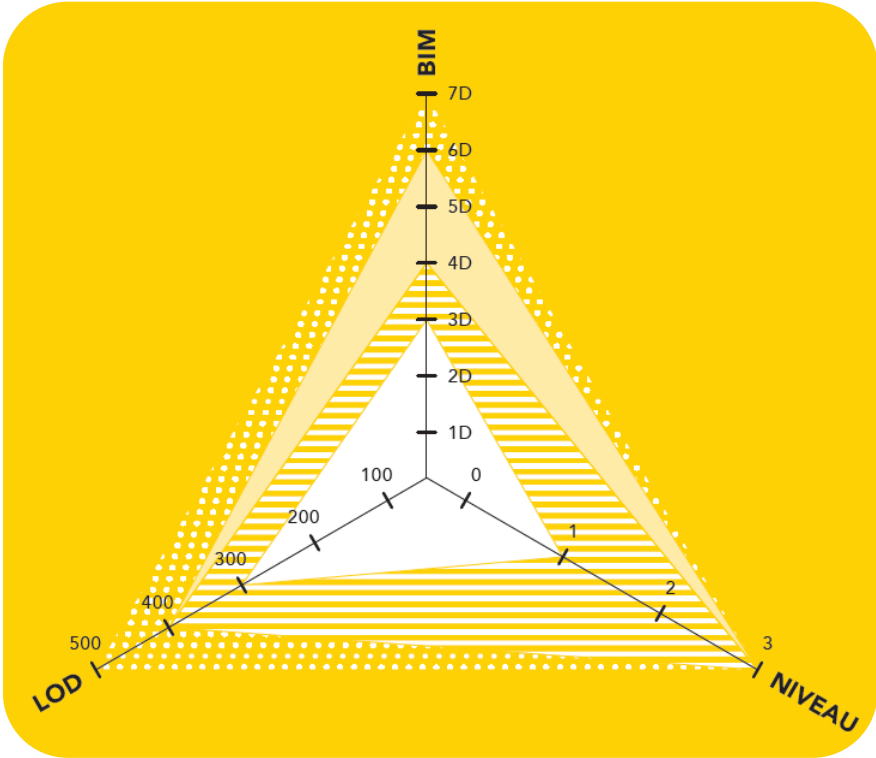
Le BIM rencontre certains obstacles :

- Un niveau de détail relativement élevé dès le début du projet, en raison de la paramétrisation de tous les éléments.
- Une implication de toutes les parties prenantes du projet pour la création d'un modèle BIM complet.
- L'acquisition du logiciel nécessaire à l'implémentation de la méthode et la formation des utilisateurs.
- La nécessité d'un coordinateur BIM à chaque étape du projet (nouveau métier).

## Conclusion

Le BIM est une méthode de travail basée essentiellement sur l'utilisation d'une seule maquette. Cette maquette est très différente que la maquette ordinaire car elle permet de visualiser le projet architectural en 3D et contient toutes les informations nécessaires (géométrie, matériaux, apparence, coût, qualités, aspect énergétique, etc.) pour l'élaboration des études détaillées sur le projet par rapport à plusieurs aspects (thermique, visuel, énergétique, environnemental, etc.). Cette maquette a des avantages pour tous les acteurs car elle facilite la tâche de chaque intervenant et organise tout le travail durant toutes les phases.

## CHAPITRE IV : Les échelles du BIM



## CHAPITRE IV : Les échelles du BIM

### Introduction

Dans l'ancienne méthode, le processus de la conception d'un projet architectural (l'étude) passe par plusieurs phases, l'esquisse, l'avant-projet et le projet d'exécution. Dans chaque phase on utilise une échelle différente pour le dessin des plans et traitement de certains détails. Dans la même optique et selon l'état d'avancement du projet, on trouve plusieurs échelles dans la nouvelle méthode de travail BIM.

### 1. Les échelles du BIM

Le BIM se définit par 3 échelles différenciées et complémentaires selon les aspects, l'état d'avancement et la précision, les besoins et les exigences du projet.

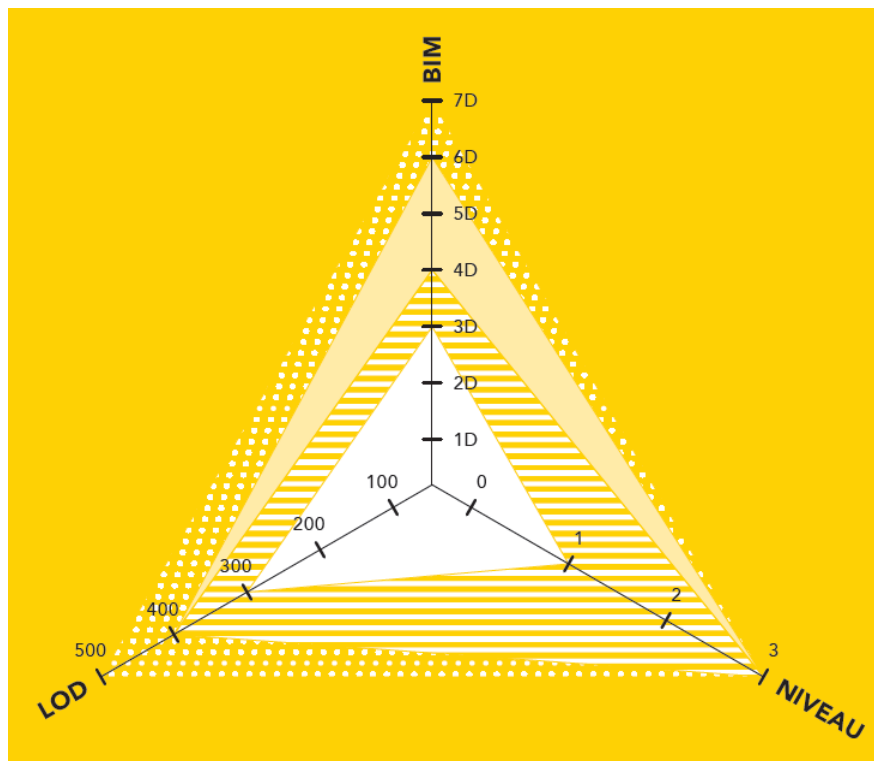


Figure 4.1 : Les échelles du BIM (Source : Tettamanti et al., 2018)

L'utilisation du BIM et son degré d'intégration doivent être évalués et définis en fonction du type et des objectifs de chaque phase du projet.

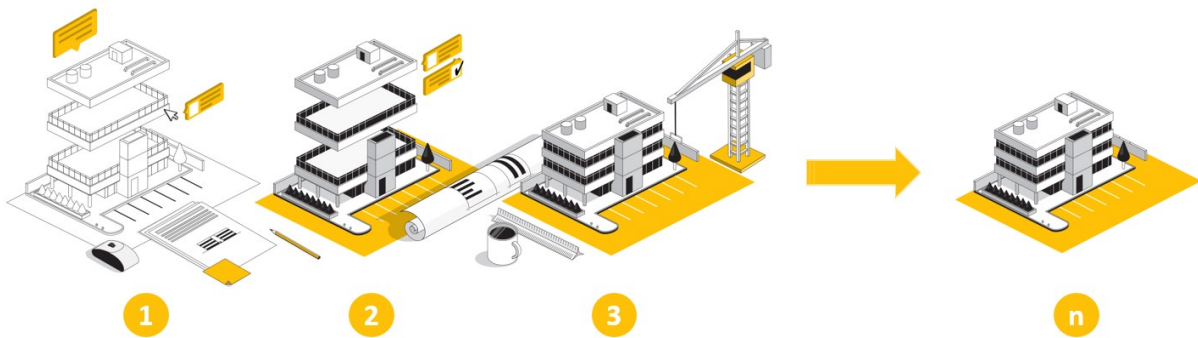


Figure 4.2 : Le processus du travail BIM (Source : Tettamanti et al., 2018)

L'objectif principal est de centraliser toutes les informations et de les valider à partir d'une seule base de données (une seule maquette).

## 2. Les dimensions du BIM

Les dimensions du BIM définissent les aspects intégrés dans la maquette numérique (géométrie, matériaux, temps, coûts, performances, etc.).

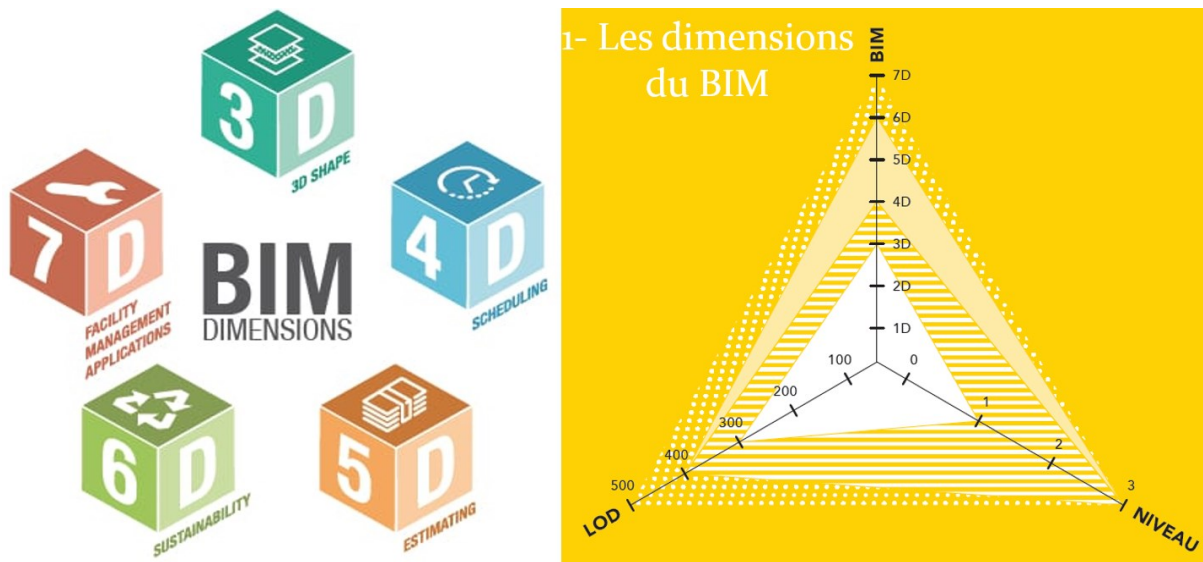


Figure 4.3 : Les dimensions du BIM

(Source : Tettamanti et al., 2018 ; [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

On parle fréquemment de 2D et 3D, mais le BIM a également introduit d'autres « dimensions » telles que les BIM 4D, 5D, 6D et nD.

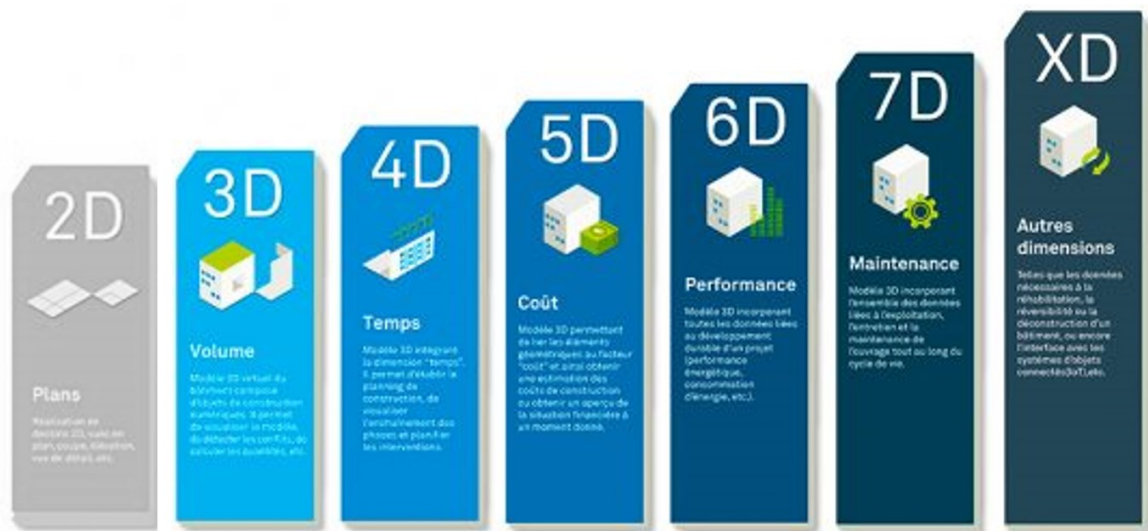


Figure 4.4 : Les dimensions du BIM du 2D vers XD

(Source : [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

- BIM 2D (Vecteurs) : Géométrie en deux dimensions = plans, coupes et façades.
- BIM 3D (Volume) : Géométrie en trois dimensions X,Y et Z. Le BIM 3D, ou maquette numérique, est une représentation tridimensionnelle d'un ouvrage, incluant les caractéristiques géométriques (plans, façades, etc.) ainsi que les informations relatives à la nature des objets utilisés (composition, propriétés physiques, etc.).
- BIM 4D (Temps) : Modèle 3D qui intègre la dimension du temps, il est utilisé pour visualiser le planning de construction.
- BIM 5D (Coûts) : Modèle 4D qui intègre des données de coûts (la dimension économique), il est utilisé pour automatiser les calculs des quantités lors de l'estimation financière.
- BIM 6D (Performance) : Il représente l'ajout des simulations de performances énergétiques et environnementales de l'ouvrage (les déperditions thermiques, l'efficacité énergétique, etc.).
- BIM 7D (Cycle de vie / Maintenance) : Il établit le lien entre l'ouvrage (en tant qu'objet) et sa durée de vie. Ce fichier est remis au maître d'ouvrage (tel que construit, "as-built") pour l'exploitation et la maintenance de son bien.
- BIM 8D (Rénovation) : Il intègre la dimension relative à la rénovation et à la réhabilitation des ouvrages.

- BIM nD : Le "n" englobe toutes les données supplémentaires possibles qui pourraient être ajoutées aux autres dimensions (la gestion des déchets, l'interaction avec l'échelle urbaine, etc.).

Ces dimensions nécessitent fonctionnalités et applications qui varient en fonction de la phase de la construction (Figure 4.5).






	Dimensions du BIM	Fonctionnalités et applications	Phases de vie
	Modélisation 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>détection des interférences,</li> <li>préfabrication</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toutes phases</li> </ul>
	Intégration de la dimension temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>modélisation dans le temps et organisation des différentes étapes du projet,</li> <li>simulation d'alternatives et impacts délais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception, Construction, Rénovation</li> </ul>
	Intégration du paramètre coûts	<ul style="list-style-type: none"> <li>modélisation budgétaire,</li> <li>simulation d'alternatives et impacts coûts,</li> <li>extraction de quantités et des coûts associés,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception, Construction, Rénovation</li> </ul>
	Intégration des paramètres énergétiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>analyses de consommation énergétiques,</li> <li>optimisation de la performance énergétique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conception, Exploitation, Rénovation</li> </ul>
	Intégration des données de gestion d'actif immobilier	<ul style="list-style-type: none"> <li>facility management</li> <li>gestion de patrimoine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exploitation, Rénovation</li> </ul>

Figure 4.5 : Les dimensions du BIM et les fonctionnalités dans chaque phase

(Source : Lorgeril et al., 2018)

Le BIM intervient dans toutes les phases du projet architectural (étude, réalisation, exploitation et rénovation).

### 3. Les niveaux du BIM

Les niveaux définissent la collaboration interdisciplinaire, depuis la première étape de planification jusqu'à l'exploitation de l'ouvrage.

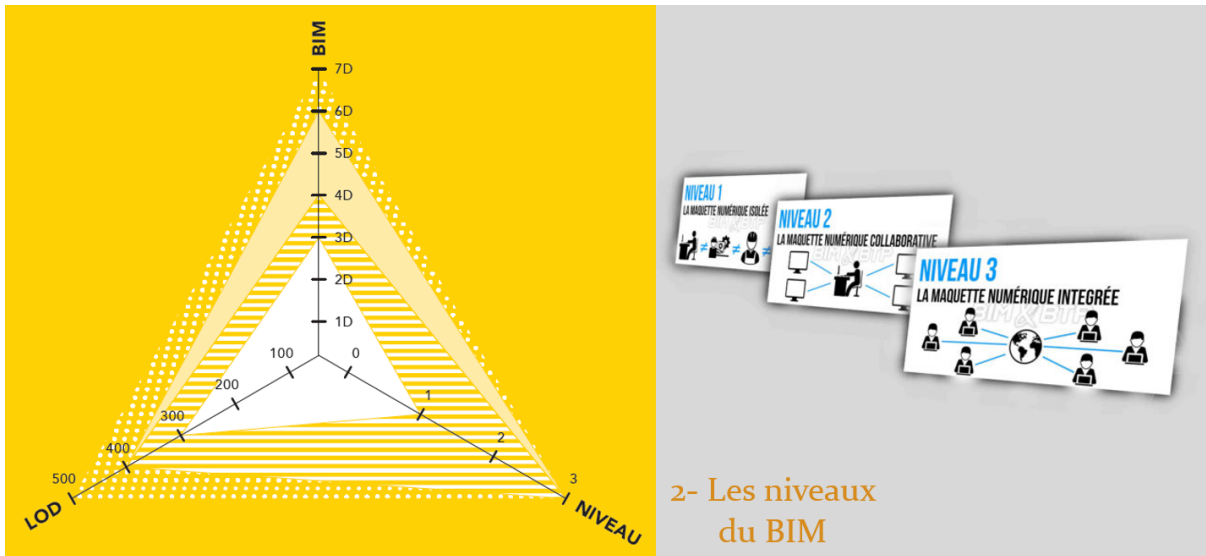


Figure 4.6 : Les niveaux du BIM et les fonctionnalités dans chaque phase  
(Source : Tettamanti et al., 2018 ; www.numerisation3d.construction.com)

Le BIM a plusieurs niveaux, appelés niveaux de maturité qui sont clairement définis et distincts. Ces étapes permettent de progresser vers un BIM collaboratif (la collaboration totale interdisciplinaire).

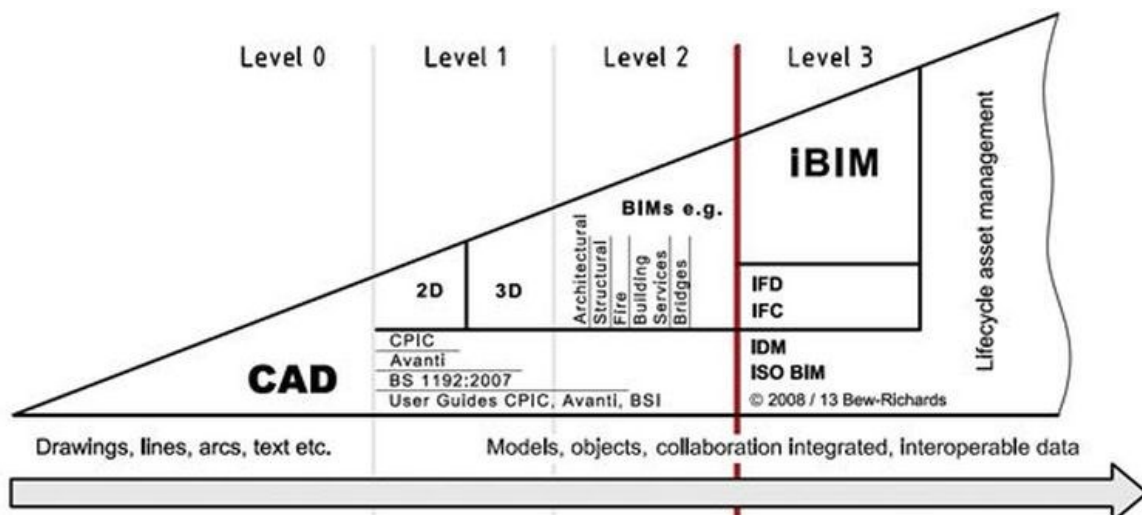


Figure 4.7 : Diagramme de BEW et Richards illustrant les niveaux du BIM au Royaume-Uni  
(Source : Boutemadja, 2018)

On distingue 3 niveaux :

- BIM Niveau 1 = BIM isolé.
- BIM Niveau 2 = BIM collaboratif.
- BIM Niveau 3 ou i-BIM = BIM intégré.

La figure suivante illustre ces trois niveaux en fonction du degré de collaboration entre les intervenants.

Niveau 0 dessin 2 D		Niveau 1 : 2D, 2,5D voir 3D		Niveau 2 : Maquette numérique (MN)		Niveau 3 : Maquette numérique (MN)	
0a	0b	1a	1b	2a	2b	3a	3b
Plans papier	Plans DAO	Plans DAO 2D Plans 2,5D	3D isolé (souvent archi uniquement)	Echange de MN dans une seule direction	Echange bidirectionnel non intégré	Partage de MN sur serveur local ou distant Ingénierie intégrée	Plateforme CLOUD = Product Lifecycle Management
<b>Travail isolé</b>				<b>Travail collaboratif</b>			

Figure 4.8 : Les niveaux du BIM et la collaboration entre les intervenants

(Source : [www.hexabim.com](http://www.hexabim.com))

Les niveaux 0, 1 et 2 ne doivent donc être considérés que comme des étapes.

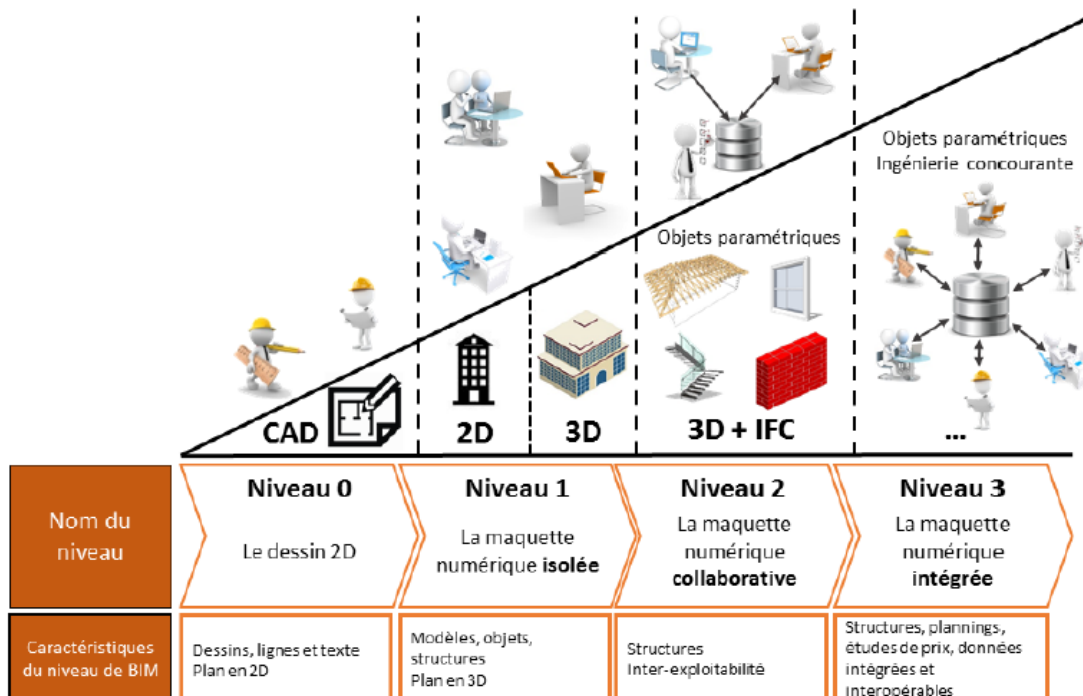


Figure 4.9 : Les caractéristiques des niveaux du BIM (Source : [www.eduscol.education.fr](http://www.eduscol.education.fr))

### 3.1. Le niveau 0

Le niveau 0 ou le "Pré-BIM" souvent référé comme dessin (2D) non géré ou non structuré. Il est caractérisé par le dessin sur papier ou par le dessin informatisé purement en 2D. Ce niveau ne comporte pratiquement aucune coopération.

### 3.2. Le niveau 1

Le niveau 1 est un mélange de dessin 2D et de CAO 3D, souvent référé comme le BIM en isolation (BIM isolé "lonely BIM"). Les données sont structurées et intégrées selon les normes. À ce niveau, il n'y a pas de collaboration, chaque acteur publie et met à jour ses données de manière indépendante. Le Niveau 1 du BIM se focalise sur la transition des informations CAO de la 2D vers la 3D.

### 3.3. Le niveau 2

Le niveau 2 est considéré comme le premier niveau du "vrai BIM" car il marque le début de la collaboration. À ce stade, chaque intervenant travaille sur sa propre maquette numérique, avec des informations du projet accessibles sur un fichier commun dont le format est compatible avec tous les acteurs.

Le niveau 2 représente une étape clé, car il induit une véritable évolution des méthodes de travail collaboratif, notamment en mettant l'accent sur l'échange d'informations, qui devient central à ce stade.

L'équipe collabore de manière coordonnée, chaque membre travaillant sur sa propre modélisation 3D, dans le but de créer un modèle fédéré qui préserve les caractéristiques spécifiques de chaque discipline de la conception.

Le BIM niveau 2 est composé des éléments suivants:

- Un modèle graphique "une maquette numérique 3D" créé avec un logiciel BIM (Revit, ArchiCAD, etc).
- Des données non-graphiques (informations importantes pour l'utilisation et la maintenance de l'ouvrage).
- De la documentation.
- Des données structurées.
- Un format de fichier natif (standard Cobie ou IFC).

À ce stade, les données sont organisées dans un environnement commun, et les processus de contrôle ainsi que les échanges sont clairement établis.

### 3.4. Le niveau 3

Le niveau 3 représente une collaboration totale entre toutes les parties prenantes. Chaque acteur a un accès centralisé à la maquette, et les modifications sont mises à jour automatiquement en temps réel. Ce niveau constitue l'objectif ultime du secteur de la construction.

Le niveau 3, ou iBIM, est considéré comme le véritable BIM, car il permet de tirer pleinement parti des avantages de cette méthode. Un modèle unique est stocké sur un serveur centralisé, accessible à tous les intervenants tout au long de la durée de vie de l'ouvrage, via le format IFC.

Le niveau 3 se distingue par l'utilisation d'une maquette unique, servant de support à la fois pour l'information et la collaboration. Cette collaboration peut s'effectuer au sein d'un même réseau d'entreprise ou via des réseaux distants entre différentes entreprises, grâce à des serveurs hébergés chez l'un des intervenants.

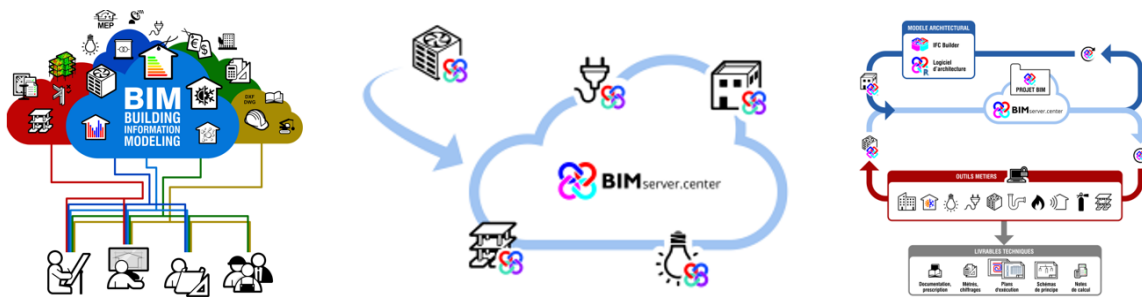


Figure 4.10 : Le BIM server (Source : [www.open-bim.cype.fr](http://www.open-bim.cype.fr))

Il s'agit du BIM server (Archicad) ou du Revit server (Revit), mais cela peut également se faire via des plateformes Cloud dédiées telles que BIM Cloud ou A360 Collaboration for Revit. Dans ces cas, les services de partage de la maquette sont souvent accompagnés d'outils de collaboration avancés, tels que la messagerie et l'historique des modifications. Cela rapproche alors le BIM du PLM (Product Life Cycle Management), qui concerne la gestion du cycle de vie du produit.

### 3.5. Les niveaux de collaboration dans le BIM

On distingue trois types, le BIM isolé, le BIM collaboratif et le BIM intégré (Figure 4.11).

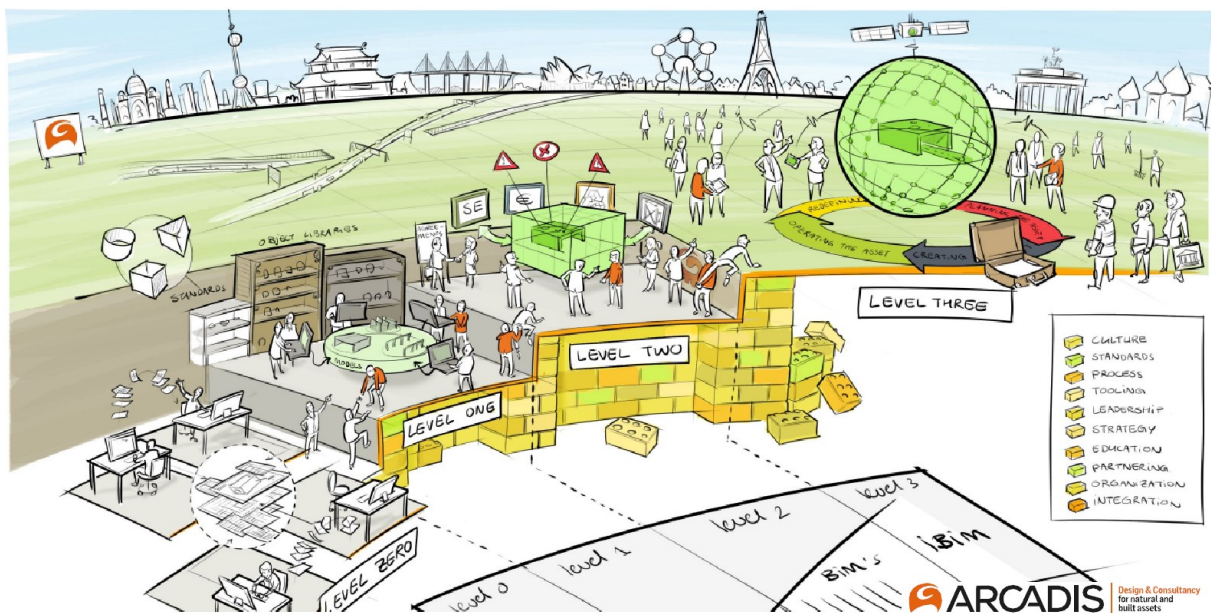
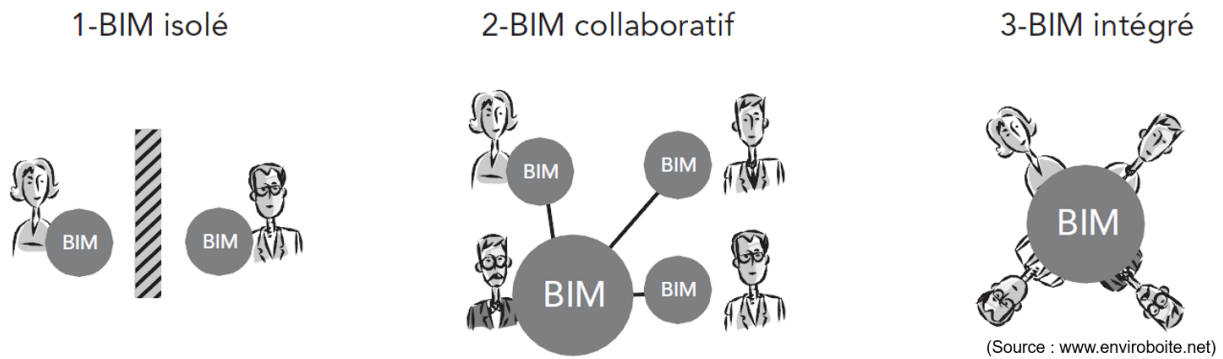


Figure 4.11 : Les niveaux de collaboration du BIM

(Source : www.enviroboite.net ; www.arcadis.com)

- BIM isolé : Chaque intervenant travaille sur sa propre maquette adaptée à ses besoins spécifiques.
- BIM collaboratif : Chaque intervenant travaille sur une version partagée de la même maquette, tandis que le BIM Manager veille à la coordination.
- BIM intégré : Tous les intervenants travaillent sur une maquette numérique commune.

## 4. Les niveaux de développement (LOD)

Les niveaux de développement (LOD) déterminent le degré de précision de la maquette numérique en fonction de l'avancement du projet (phases).

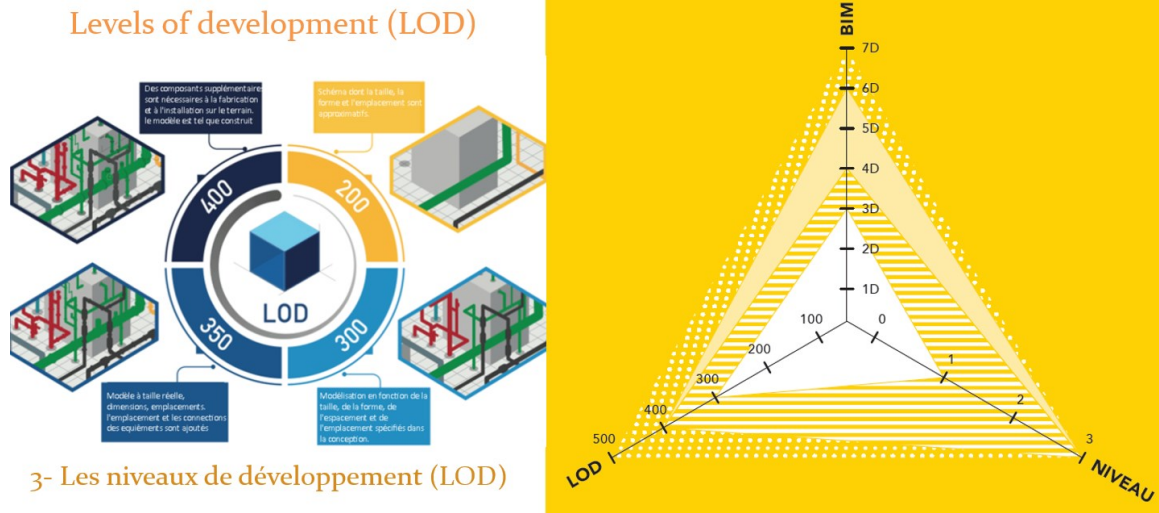


Figure 4.12 : Les niveaux de développement (LOD) du BIM

(Source : Tettamanti et al., 2018 ; www.tekla.com)

Le niveau de développement d'un modèle numérique inclut à la fois le niveau de détail des objets présents dans la maquette et le niveau d'information associé aux données de ces objets.

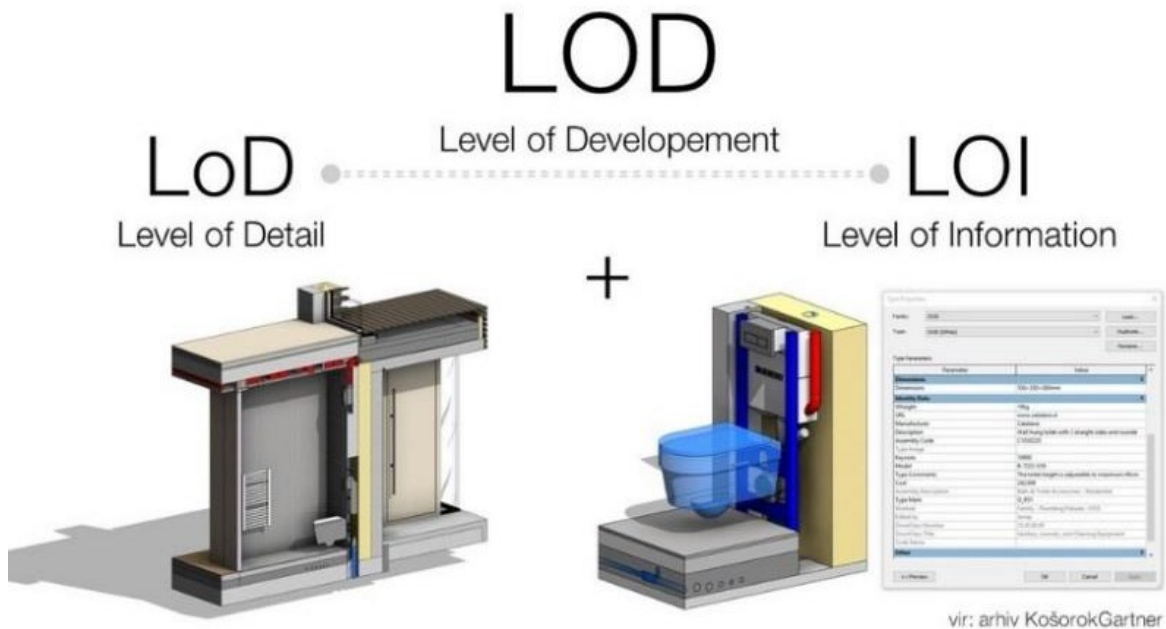


Figure 4.13 : La composition des niveaux de développement (LOD)

(Source : www.bimcorner.com)

Les niveaux définis dans divers pays peuvent inclure des termes tels que « détail », « géométrie », « information », « développement », etc.

Les LOD en Amérique : Les LOD américains sont détaillés dans le document « Level of Development Specification » et incluent, pour de nombreux éléments, une explication précise de ce qui doit être modélisé et défini au LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350 et LOD 400.

Les LOD en Angleterre : Le LOD, ou « Level of Development », est divisé en deux catégories, le LOI (Level of Information), qui se rapporte à l'information, et le LOD (Level of Detail), qui concerne le niveau de détail graphique.

Les LOD en France (ND) : Les six niveaux en France (ND 1, ND 2, ND 3, ND 4, ND 5, ND 6) spécifient le degré de renseignement requis pour les éléments de la maquette numérique, en fonction de l'avancement du projet.

Les "niveaux GID" au Luxembourg font référence à un système prenant en compte la granularité des données, incluant la géométrie, l'information et la documentation associée.

La figure suivante présente les niveaux de développement (LOD) de chaque phase du projet.

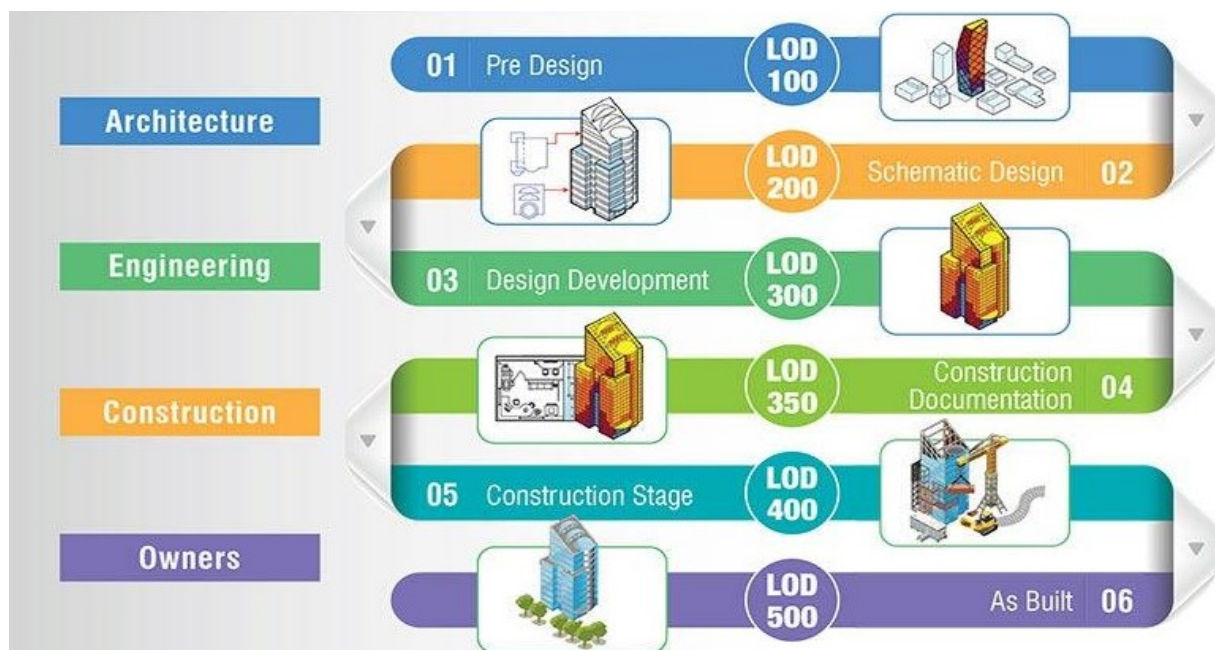


Figure 4.14 : Les niveaux de développement (LOD) de chaque phase du projet

(Source : [www.knowledge.autodesk.com](http://www.knowledge.autodesk.com))

La première phase architecturale ne nécessite pas de détails. Selon l'état d'avancement de l'étude du projet, on a besoin plus de détails qui nécessitent d'aller vers (LOD 400 et LOD 500).

- **LOD 100/Symbole** : L'élément de la maquette peut être illustré graphiquement par un symbole, et les informations le concernant peuvent être issues de son contexte.
- **LOD 200/Schéma** : L'élément de la maquette est représenté par une forme schématique indiquant sa taille, sa forme, son emplacement, sa quantité et son orientation. Les informations associées à cet élément sont approximatives.
- **LOD 300/Forme** : L'élément de la maquette est représenté graphiquement par une forme plus détaillée, incluant sa taille, sa forme, son emplacement, sa quantité et son orientation. Les informations associées à cet élément restent approximatives.
- **LOD 400/Forme précise** : L'élément de la maquette est représenté graphiquement par une forme précise, incluant sa taille, sa forme, son emplacement, sa quantité et son orientation. Les informations associées à cet élément sont davantage détaillées (matériau, produit, coût, fabrication, assemblage, installation, etc.).
- **LOD 500/Forme vérifiée** : L'élément de la maquette est représenté graphiquement par une forme constructive validée. Les informations associées à cet élément sont confirmées et correspondent à la réalité de la construction (matériau, produit, coût, fabrication, assemblage, installation, etc.).

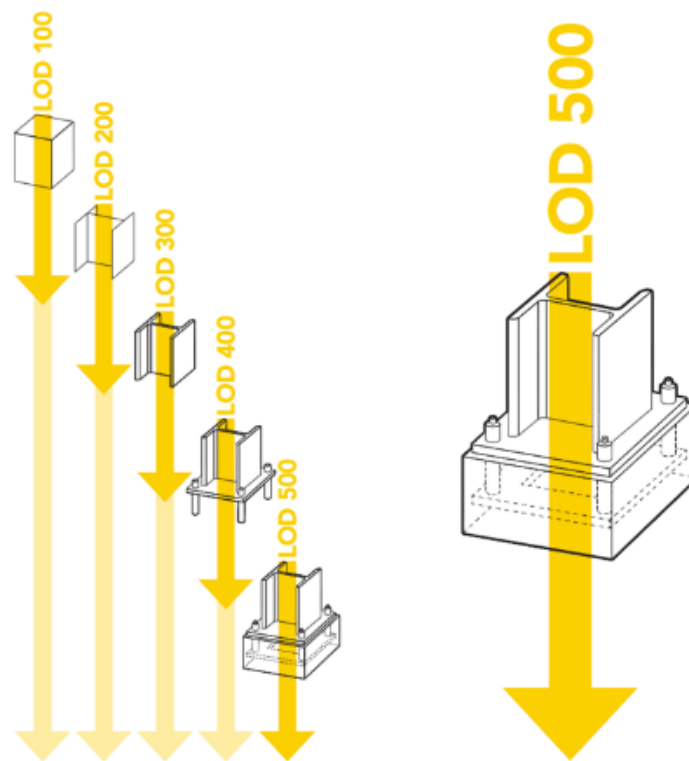


Figure 4.15 : La représentation graphique d'un élément en fonction du niveaux de développement (LOD) (Source : Tettamanti et al., 2018)

Le niveau de développement (LOD 500) reflète l'objet réel.

Les niveaux de développement (ND) :

Il y a six niveaux de développement (ND1 => ND6) selon l'avancement du projet.

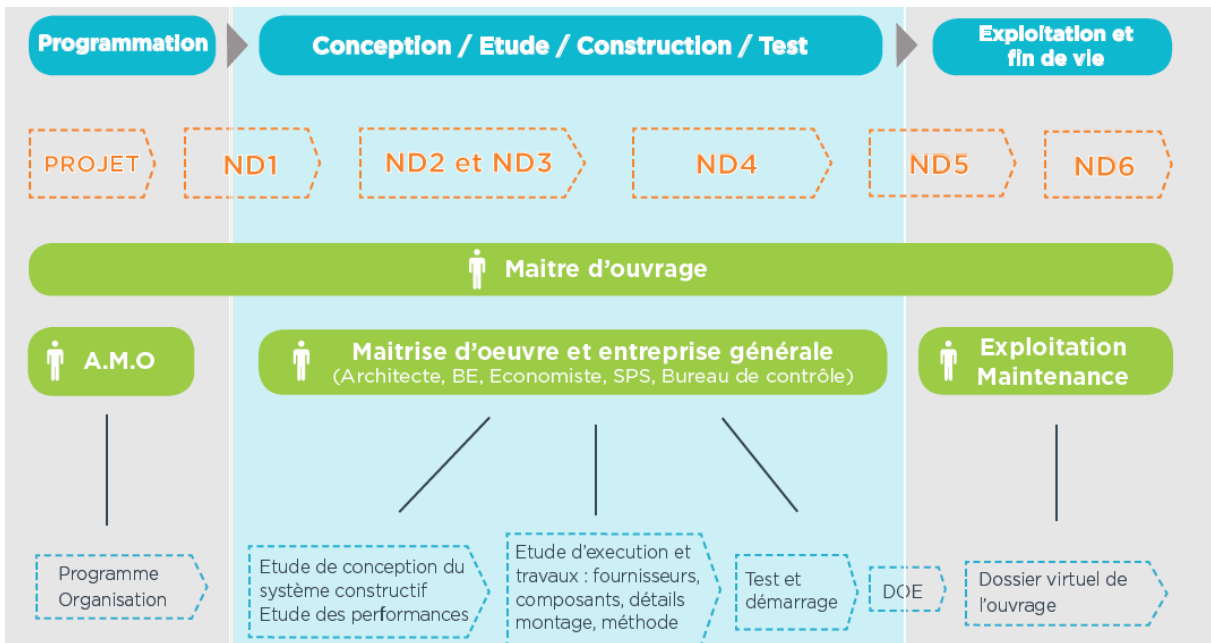
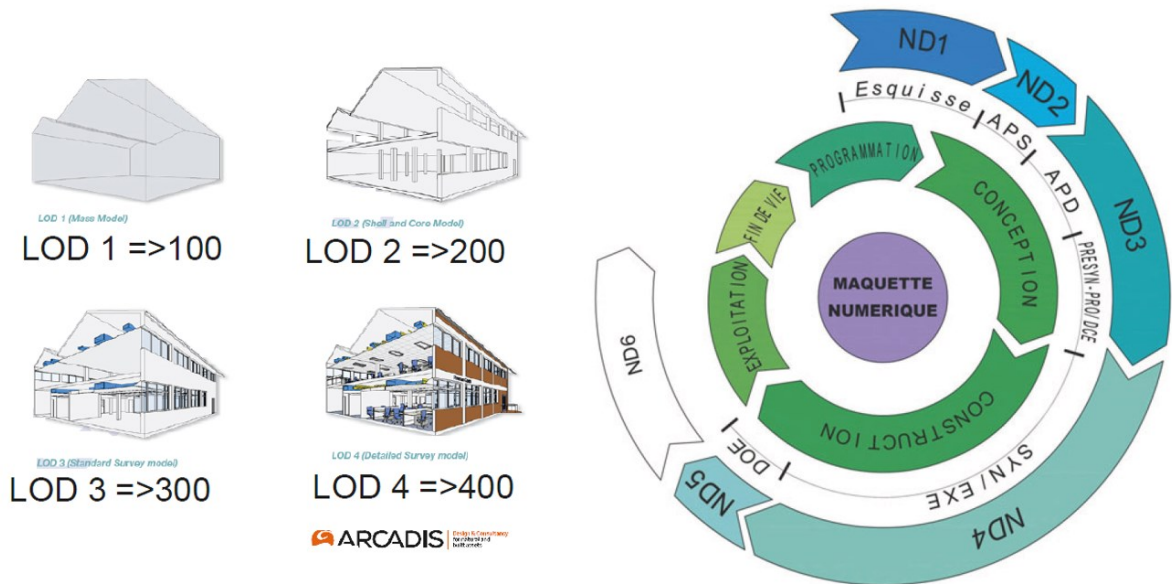



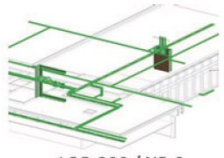
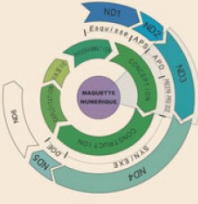
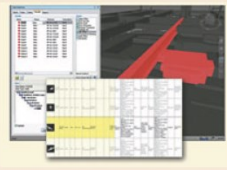

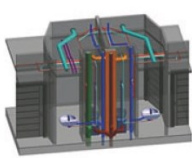
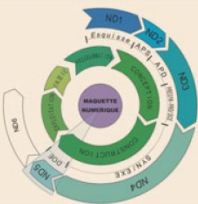


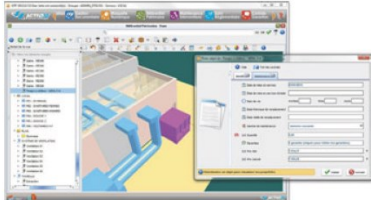


Figure 4.16 : Les niveaux de développement  
(Source : [www.arcadis.com](http://www.arcadis.com) ; [www.cercle-promodul.fr](http://www.cercle-promodul.fr))

Le tableau suivant résume les différents niveaux de développement d'une maquette numérique.

Tableau 4.1 : Les différents niveaux de développement d'une maquette numérique  
(Source : Le Moniteur n° 5763 – Cahier détaché n° 2, www.lemoniteur.fr)

: Tableau de synthèse des différents niveaux de développement d'une maquette numérique			
<p>ND 1</p> 	<p>CONCEPTS ESQUISSE</p>		<p>Analyses et impact</p>
<p>ND 2</p> 	<p>AVANT-PROJET SOMMAIRE PERMIS DE CONSTRUIRE</p>	 <p>LOD 200 / ND 2 Réseaux primaires &amp; Systèmes</p>	<p>Zones techniques Réseaux primaires et équipements</p>
<p>ND 3</p> 	<p>AVANT-PROJET DÉTAILLÉ PRÉ-SYNTHÈSE PRO/DCE</p>		<p>Coordination des interdisciplines</p>
<p>ND 4</p> 	<p>SYNTHÈSE ÉTUDE D'EXÉCUTION CONSTRUCTION</p>		<p>Modélisations des ouvrages à exécuter</p>
<p>ND 5</p> 	<p>DOSSIER DES OUVRAGES EXÉCUTÉS</p>	 <p>PID : Schéma dans lequel l'objet sélectionné est représenté</p>	<p>Modèle virtuel = Ouvrage exécuté</p>
<p>ND 6</p> 	<p>EXPLOITATION</p>		<p>Gestion technique patrimoniale</p>

La notion de LOD a évolué au fil du temps, passant de LOD, LOI et LOG à celle de LOIN (Level Of Information Need, ou Niveau d'Information Requis). L'objectif de ce terme "LOIN" est d'harmoniser et de concilier les pratiques, car les pays utilisent actuellement des terminologies et des échelles différentes pour définir les exigences d'information à chaque phase du projet.

## **Conclusion**

Le BIM repose sur trois échelles distinctes et complémentaires qui varient en fonction de l'état d'avancement, de la précision requise à chaque phase, ainsi que des besoins et exigences du projet. Les dimensions (2D, 3D, 4D, etc.) déterminent les aspects pris en compte par la maquette numérique, tels que la géométrie, les matériaux, le temps, les coûts, les performances, etc. Les niveaux définissent la collaboration entre les intervenants du projet et le type de collaboration (BIM isolé, BIM collaboratif et BIM intégré). Les niveaux de développement (LOD) spécifient la précision avec laquelle la maquette numérique est élaborée en fonction de l'avancement du projet (phases).

## CHAPITRE V : Les logiciels et le BIM



## CHAPITRE V : Les logiciels et le BIM

### Introduction

Les logiciels de simulation sont des outils essentiels et très performants pour évaluer et optimiser les choix conceptuels dès la phase esquisse. L'expansion du domaine de la simulation numérique, avec ses nombreux avantages, en fait une étape incontournable dans toutes les démarches de conception. Le BIM utilise les logiciels de simulation vu les avantages de cette technique pour l'évaluation et l'optimisation du projet architectural sur tous les plans.

### 1. Les logiciels et le BIM

La méthode BIM intègre la simulation numérique dans le processus de l'élaboration des études architecturales des projets. On trouve plusieurs types de logiciels selon sa fonction et son utilisation (modélisation, collaboration, visualisation, simulation, gestion, etc.).



Figure 5.1 : Les différents types de logiciels utilisés dans le BIM

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be))

Dans chaque type, il existe plusieurs logiciels (gratuits, payants) en fonction des développeurs.

## 2. Logiciels de modélisation

Certains intervenants du projet prennent en charge la création de modèles afin de modéliser la géométrie de l'ouvrage en liant les informations le concernant. Pour ce faire, il existe des logiciels de modélisation dont Certains ne sont plus utilisés, alors que d'autres sont plus adaptés pour la modélisation des structures ou des techniques spéciales.



Figure 5.2 : Les logiciels de modélisation

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be), traité par auteur, 2022)

Il y a plusieurs logiciels de modélisation 3D destinés à l'architecture, on cite :

- ArchiCAD ;
- AutoCAD Architecture ;
- Revit ;
- SketchUp ;
- Edificius ;
- AllPlan ;
- Rhinoceros + Grasshopper.

### 3. Logiciels de collaboration

Ce qui est très important dans un projet BIM c'est la centralisation des informations sur une plateforme collaborative, accessible à tous pour que chacun puisse consulter des informations en temps réel (BIM 360, BIM cloud, BIMcollab, etc.).

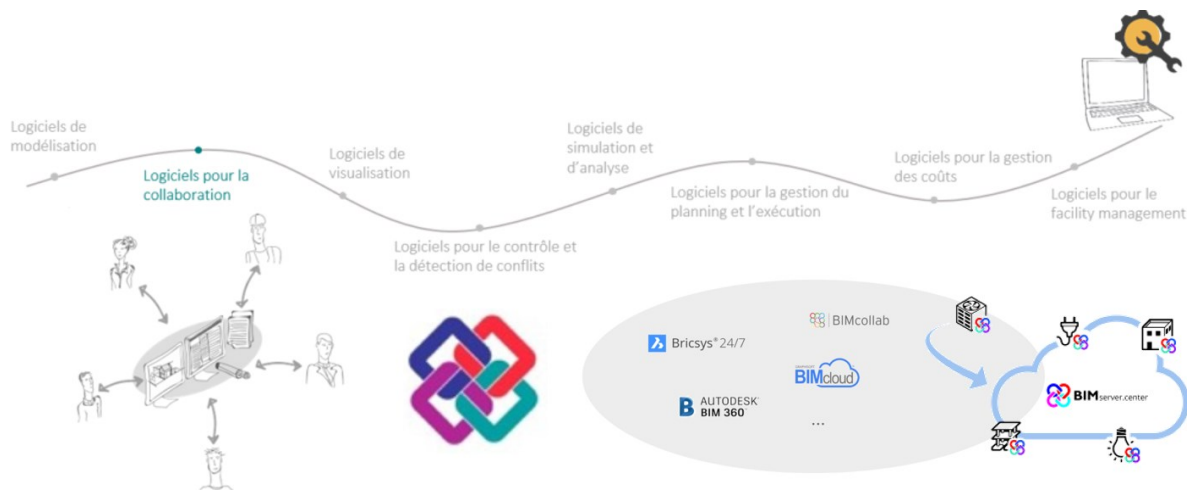


Figure 5.3 : Les logiciels de collaboration

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be), traité par auteur, 2022)

Afin de garantir un échange d'informations optimal, il est préférable d'utiliser un serveur centralisé accessible à toutes les parties prenantes. Ainsi, toutes les informations relatives à un projet peuvent être centralisées et partagées via ce serveur, permettant à tous les acteurs de disposer en temps réel des documents actualisés. Cela évite les ambiguïtés ou incohérences causées par la présence de versions multiples. Chaque intervenant bénéficie d'une vue d'ensemble précise du projet et reste informé de son avancement.

### 4. Logiciels de visualisation

Il existe également des logiciels de visualisation qui permettent d'examiner les informations contenues dans le modèle (informations géométriques et non géométriques).

Il y a plusieurs logiciels de visualisation, on cite :

- BIMvision ;
- BIMx ;
- eveBIM ;
- BIMcollab zoom.

## 5. Logiciels pour le contrôle et la détection de conflits

Ils offrent la possibilité d'effectuer divers contrôles sur la base de règles prédéfinies (NAVISWORKS, Simplebim, Solibri Office, etc.).

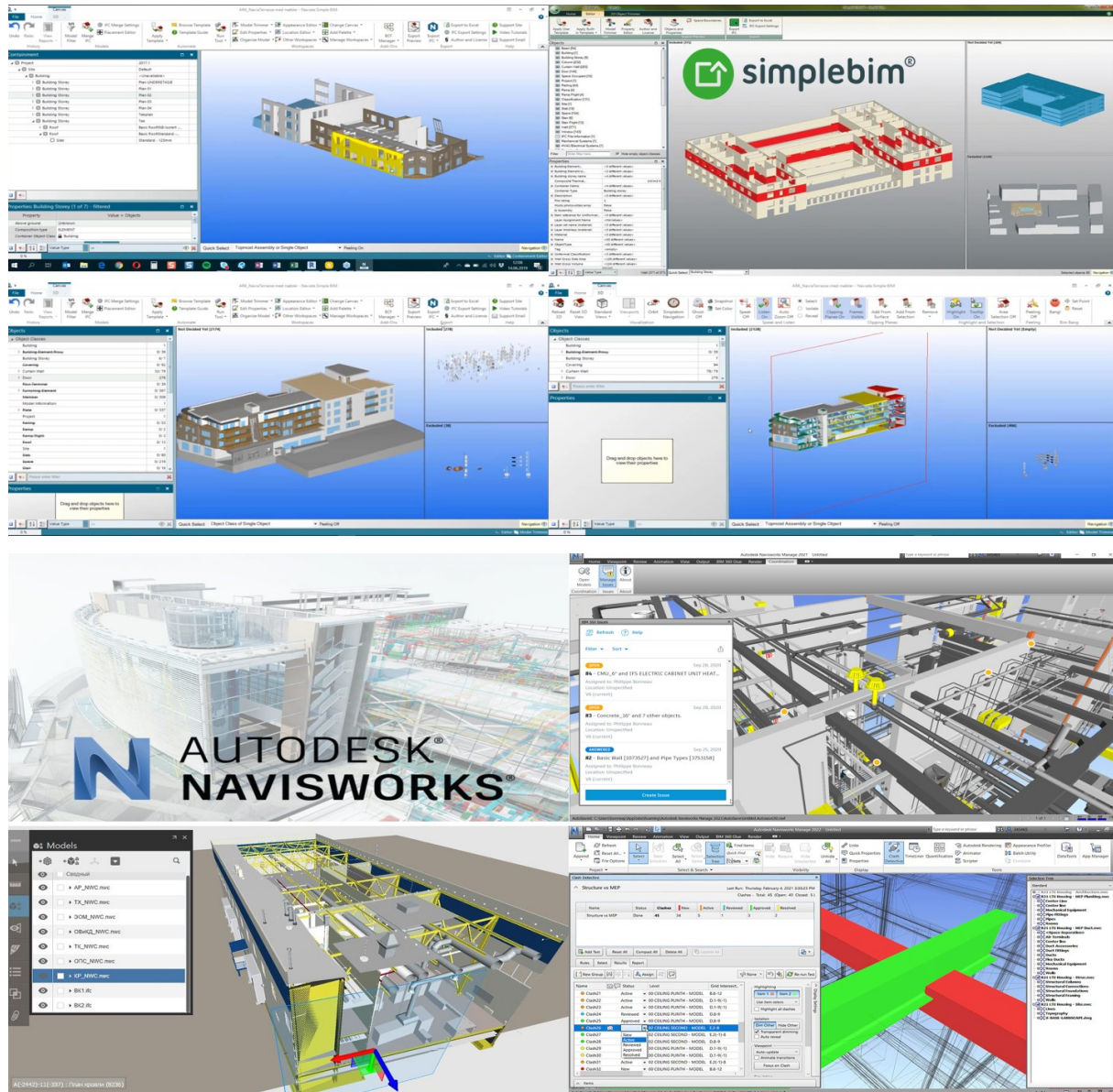


Figure 5.4 : Les logiciels de contrôle et la détection de conflits

(Source : [www.simplebim](http://www.simplebim) ; [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

Ils permettent de réaliser des contrôles de conformité aux réglementations. Il est possible de superposer des modèles (le modèle de stabilité et de techniques spéciales) afin de détecter les éventuelles incohérences.

## 6. Logiciels de simulation et d'analyse

Il existe des logiciels permettant de réaliser des calculs, des simulations et analyses (acoustiques, thermiques, de l'éclairage, de l'ensoleillement, de durabilité (BREEAM), ...).

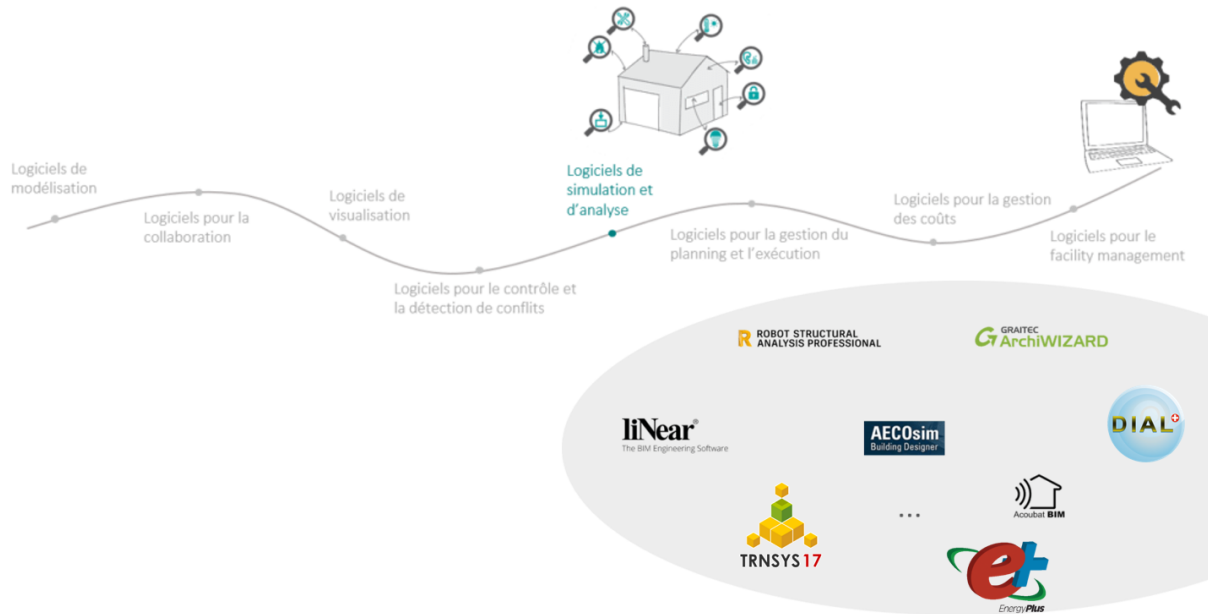


Figure 5.5 : Les logiciels de collaboration

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be), traité par auteur, 2022)

### 6.1. Logiciels de calcul des structures

Il existe plusieurs logiciels pour le calcul des structures entre autres : ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS, GRAITEC.

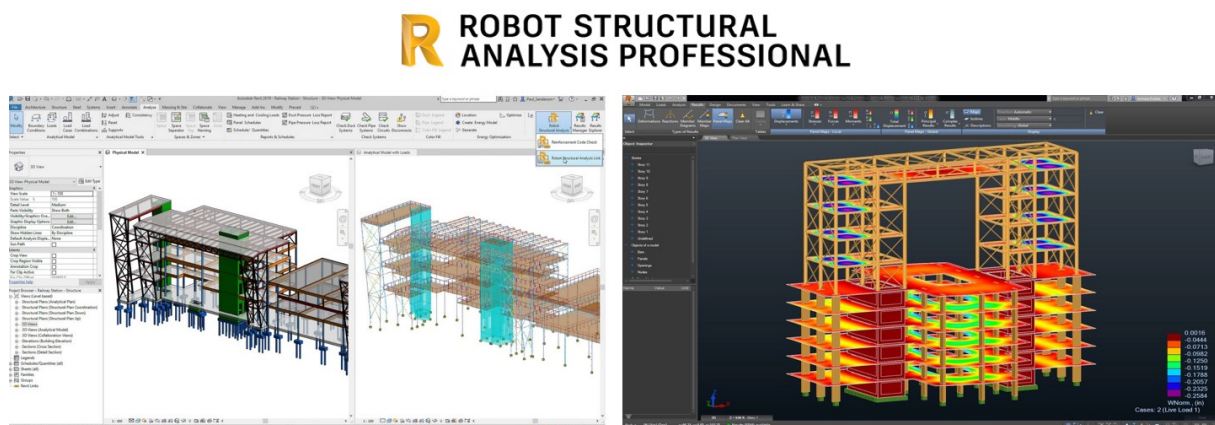


Figure 5.6 : Le logiciel ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

(Source : [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

## 6.2. Logiciels de simulation

La simulation est un outil puissant qui allie la précision des calculs, la variabilité des conditions de mesure, et la possibilité de réaliser des études paramétriques détaillées en isolant l'impact de chaque élément.



Figure 5.7 : Les logiciels de simulation  
(Source : traité par auteur, 2021)

La figure suivante présente les résultats d'une Simulation Thermique Dynamique (STD) obtenus par le logiciel de simulation de l'aspect thermique et énergétique ArchiWIZARD.

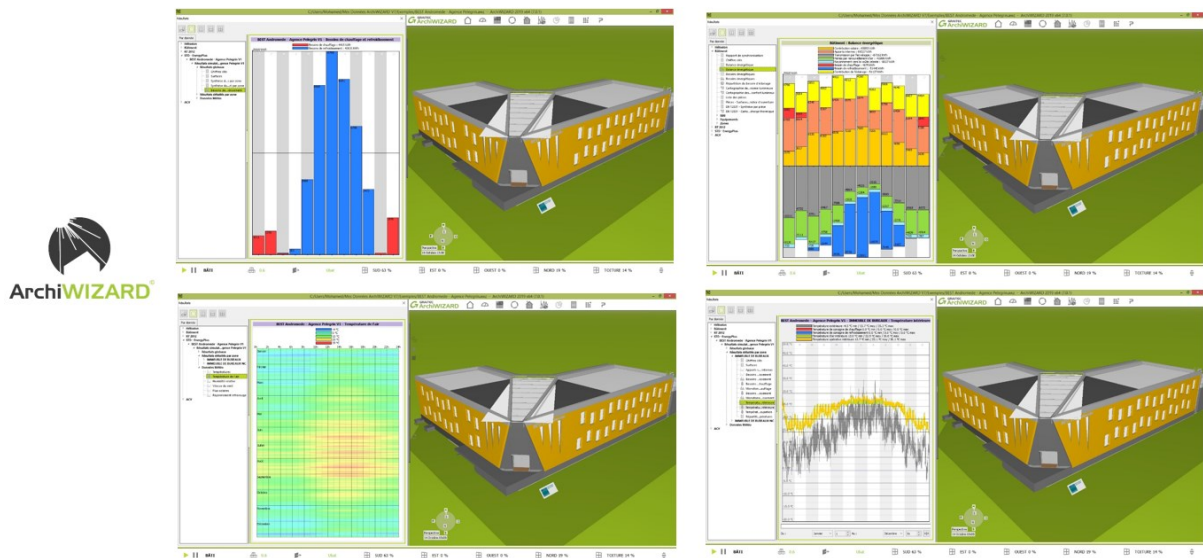


Figure 5.8 : Simulation du comportement thermique et la consommation énergétique  
(Source : Auteur, 2022)

La figure suivante présente une simulation de l'éclairage naturel élaboré par le logiciel DIAL+

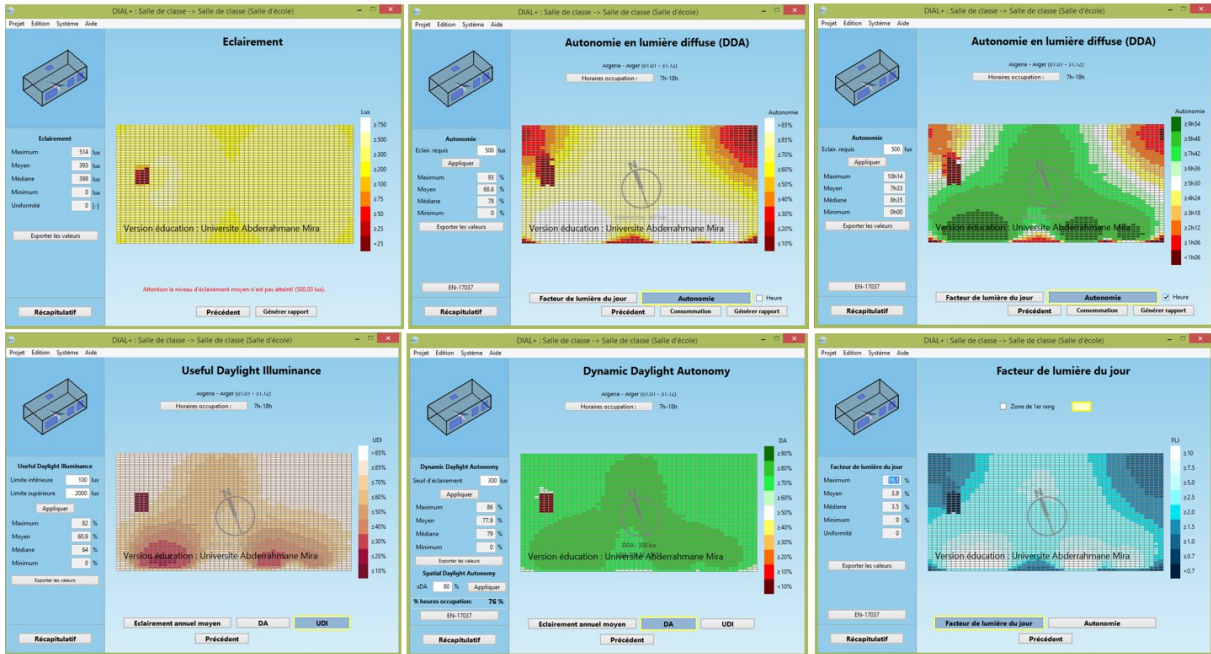


Figure 5.9 : Simulation de l'éclairage naturel

(Source : Auteur, 2022)

La figure ci-dessous illustre une simulation de l'aspect acoustique d'un bâtiment réalisée par logiciel AcouBAT.

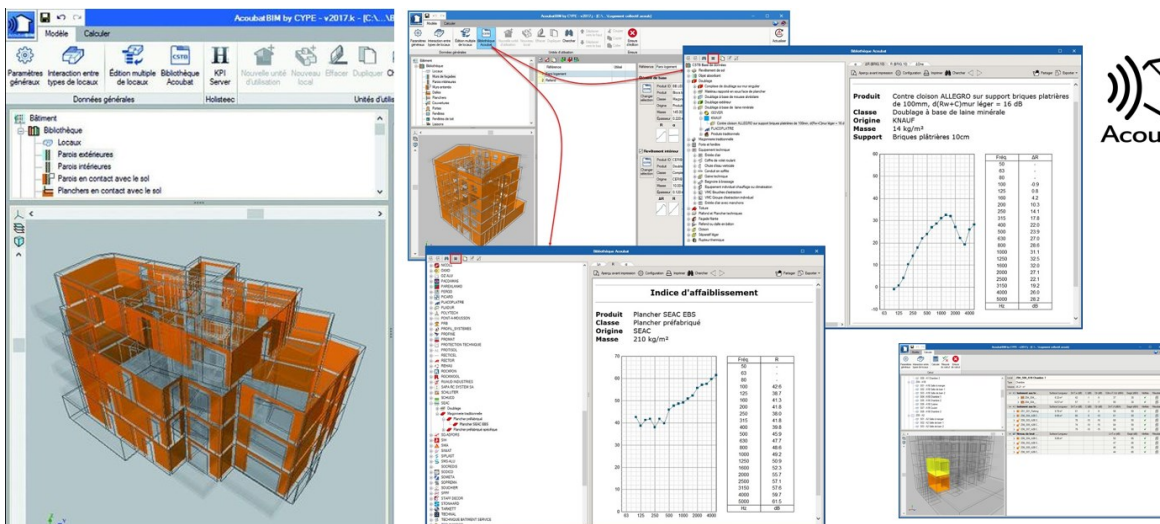


Figure 5.10 : Simulation de l'acoustique d'un bâtiment

(Source : www.batirama.com)

La figure suivante présente une simulation de l'aspect aéralique (CFD : Computational Fluid Dynamics ou Mécanique des fluides numérique) élaborée par le logiciel PHOENICS.

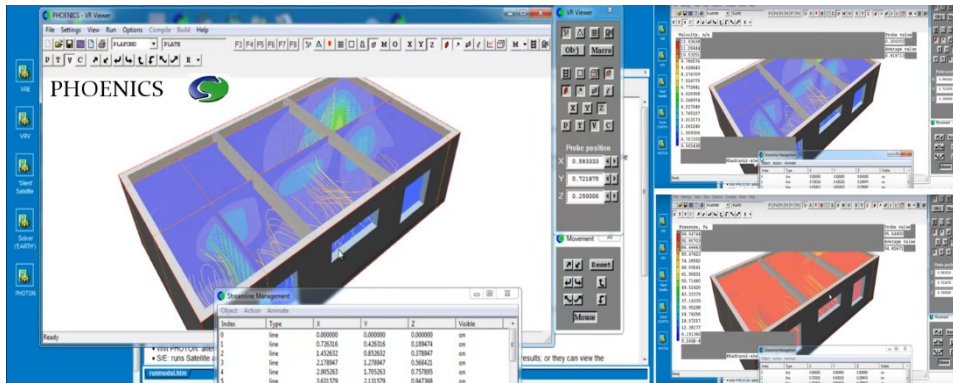


Figure 5.11 : Simulation de la vitesse de l'air et l'écoulement aéralique d'un espace (Source : Auteur, 2015)

## 7. Logiciels pour la gestion du planning et l'exécution

Les logiciels de BIM 4D permettant de lier le modèle à un planning, il existe plusieurs logiciels comme NAVISWORKS, TEKLA BIMsight, VICO, etc. (Figure 5.12).

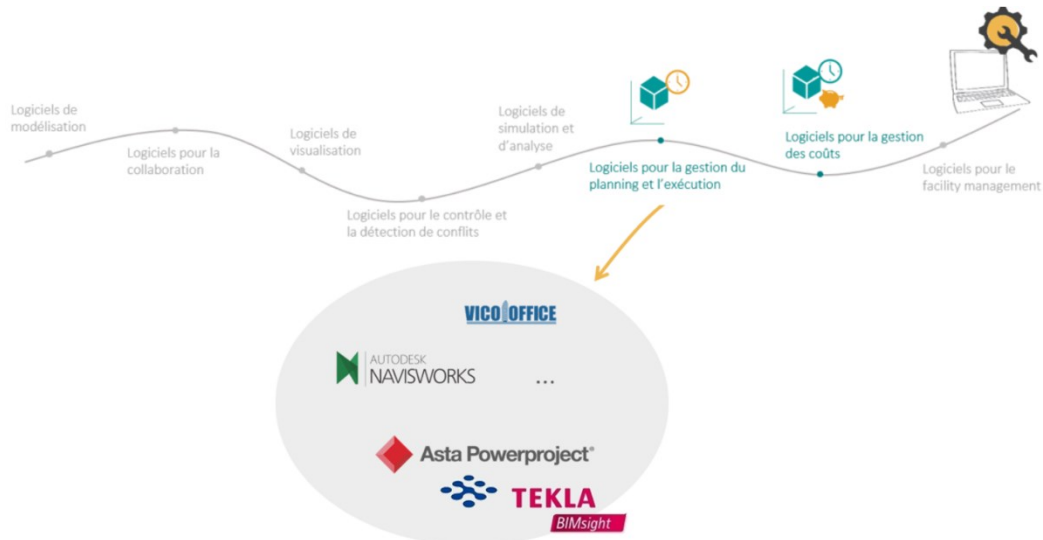


Figure 5.12 : Les logiciels pour la gestion du planning (Source : www.autodesk.com)

## 8. Logiciels pour la gestion des coûts

On retrouve également des logiciels de BIM 5D permettant de lier le modèle à des informations de coûts comme BIM estiMate, RIB iTWO.

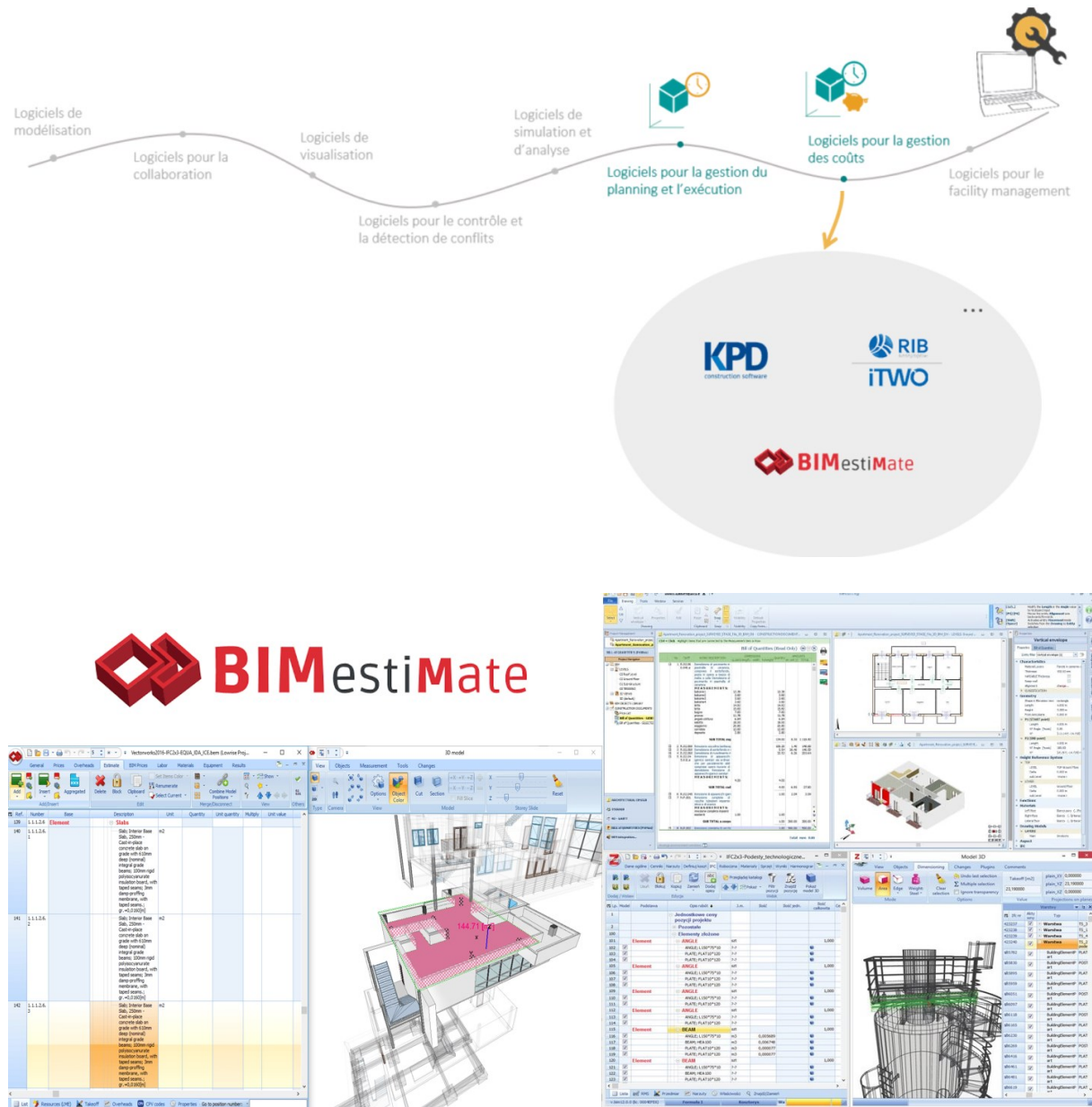


Figure 5.13 : Les logiciels pour la gestion des coûts

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be) ; [www.bimestimate.eu](http://www.bimestimate.eu) ; [www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com))

## 9. Logiciels pour la gestion ‘facility management’

Il existe des logiciels spécifiques pour l’exploitation de l’ouvrage permettant de saisir des informations relatives à la maintenance (date du dernier entretien, ...). On cite ARCHIBUS, abyla, ecdomus.



Figure 5.14 : Les logiciels pour la gestion ‘facility management’

(Source : [www.bimportal.be](http://www.bimportal.be) ; [www.softwareadvice.fr](http://www.softwareadvice.fr))

On peut aussi planifier et visualiser l’occupation des locaux et surveiller leur température.

## **Conclusion**

Le développement de l'informatique a contribué positivement à l'apparition et le développement des logiciels. Aujourd'hui, l'utilisation des logiciels est considérée comme étape incontournable dans tous les domaines entre autre le domaine du bâtiment. Ces logiciels sont des outils puissants indispensables pour l'élaboration des études détaillés et efficaces sur n'importe quel élément. La méthode de travail BIM est basée principalement sur l'utilisation d'un seul modèle numérique et la collaboration entre tous les acteurs qui sont deux paramètres réalisables uniquement à travers l'exploitation des logiciels spécialisés pour chaque domaine ce qui assure la bonne maitrise du projet architectural.

# CHAPITRE VI : Le modèle BIM et les projets réalisés avec cette méthode



# CHAPITRE VI : Le modèle BIM et les projets réalisés avec cette méthode

## Introduction

Le développement du BIM engendre un changement de paradigme dans le processus constructif induisant une nécessité de travailler ensemble et d'intégrer les différents acteurs dans le processus constructif. Le BIM offre l'opportunité de travailler dans la complémentarité afin d'améliorer la qualité de la construction sur tous les plans et permet également de mieux gérer les énormes quantités de déchets générés durant la construction et l'exploitation, de même lors de la rénovation ou la démolition d'un bâtiment.

### 1. Le modèle BIM

Le modèle BIM est basé sur des détails liés à la géométrie (2D et 3D) et à des données qui englobent toutes les informations de l'élément (type, code, nombre, dimension, matériau, classification, performance, coût, durée de vie, marque, informations de montage, etc.).

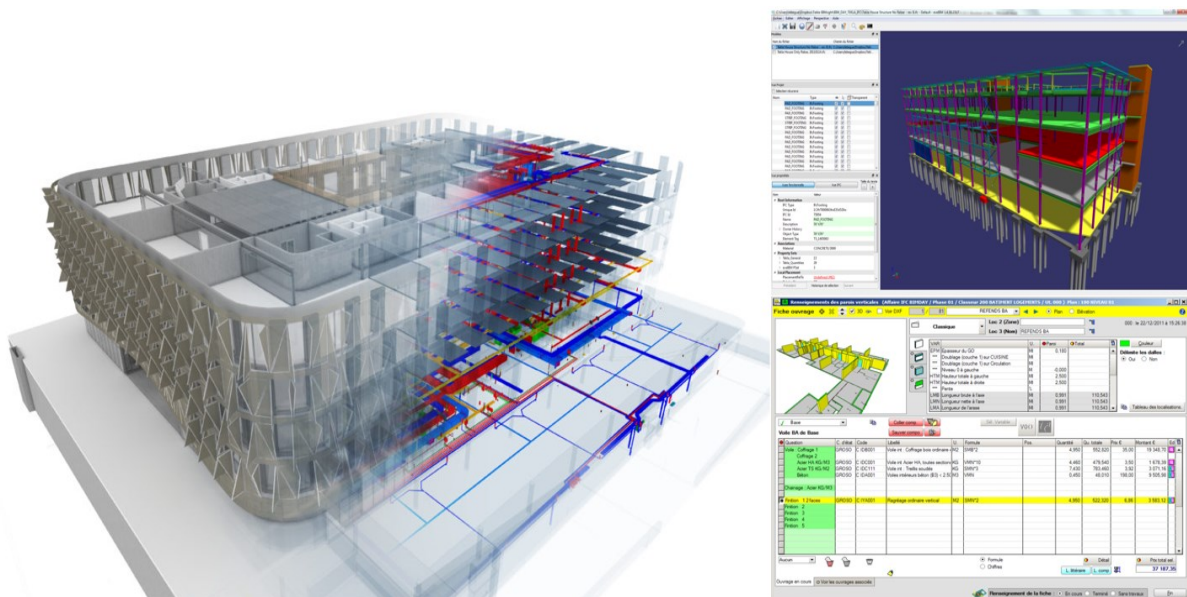


Figure 6.1 : Le modèle BIM (Source : [www.architizer.com](http://www.architizer.com) ; [www.teklafabrics.com](http://www.teklafabrics.com))

Un modèle basé sur les détails (2D, 3D et 4D).

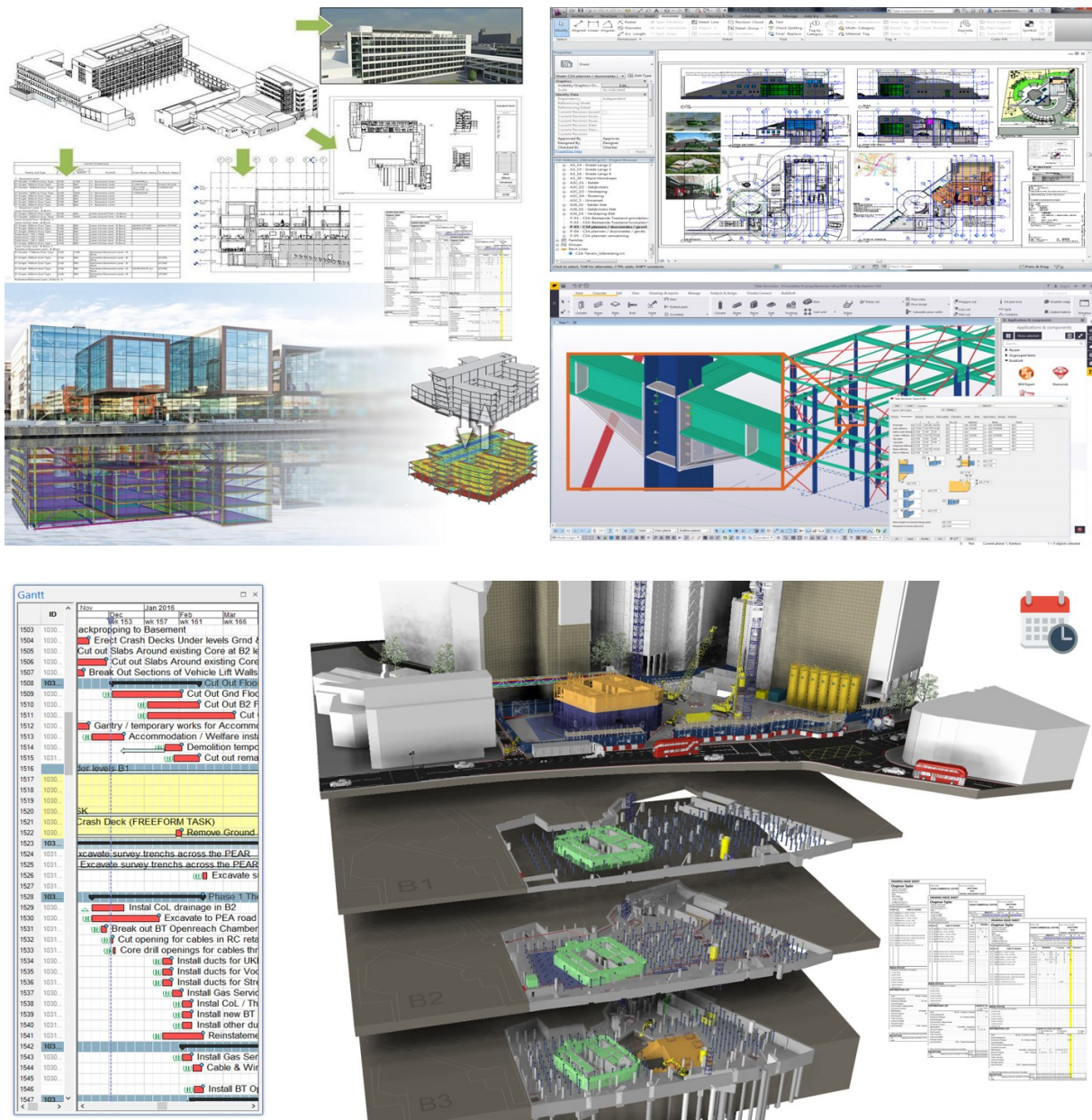


Figure 6.2 : Le modèle 4D du BIM

(Source : [www.freeform3d.co.uk](http://www.freeform3d.co.uk) ; [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com))

Le BIM 4D est un modèle 3D qui intègre la dimension du temps pour visualiser le planning de construction.

Un modèle basé sur les détails (2D, 3D, 4D et 5D).

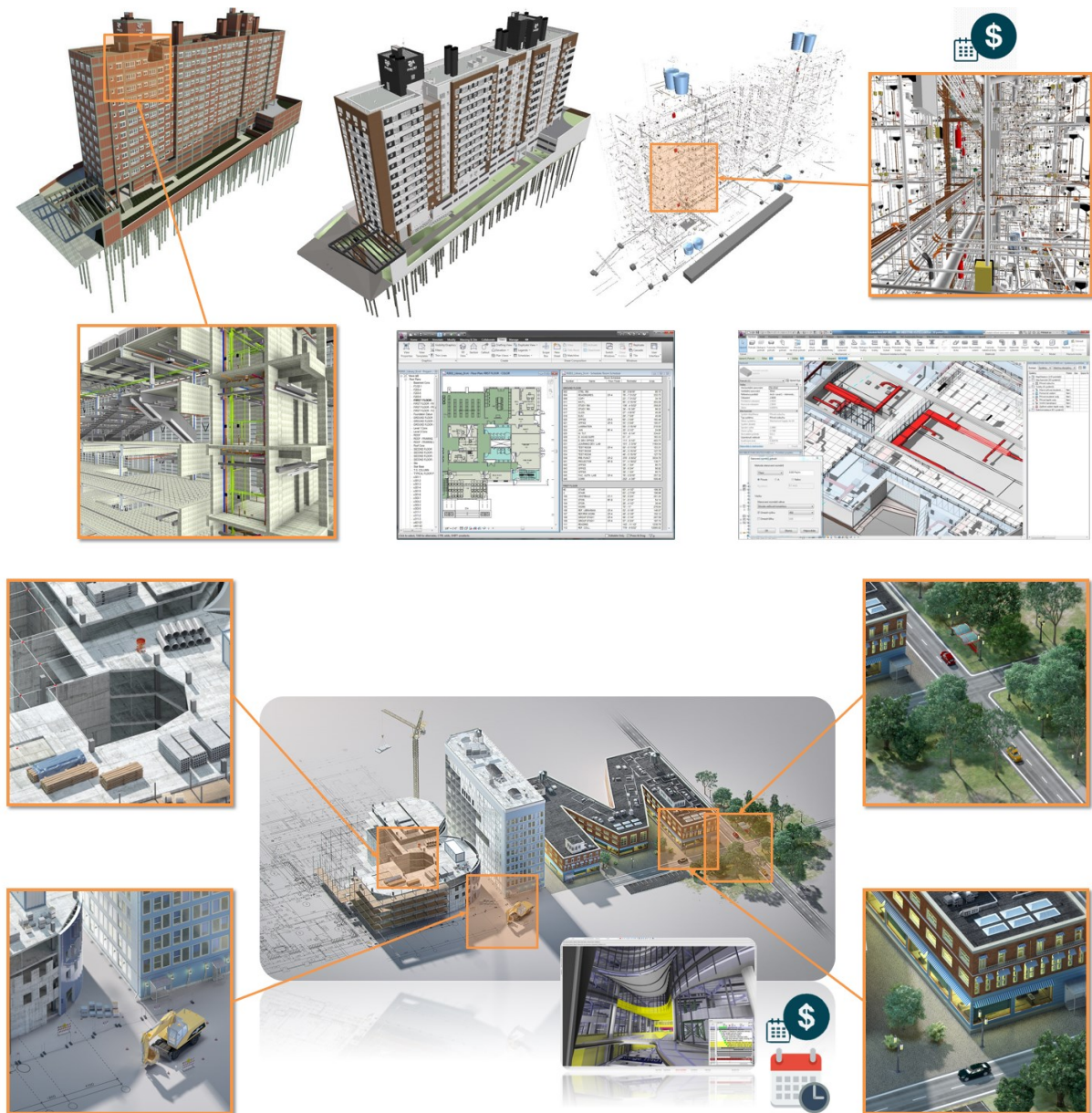


Figure 6.3 : Le modèle 5D du BIM  
(Source : [www.projetabim.com.br](http://www.projetabim.com.br))

Le BIM 5D est un modèle 4D qui intègre la dimension économique (coût), il est utilisé pour automatiser les calculs des quantités lors de l'estimation financière.

Un modèle intelligent intègre tous les détails et les données.

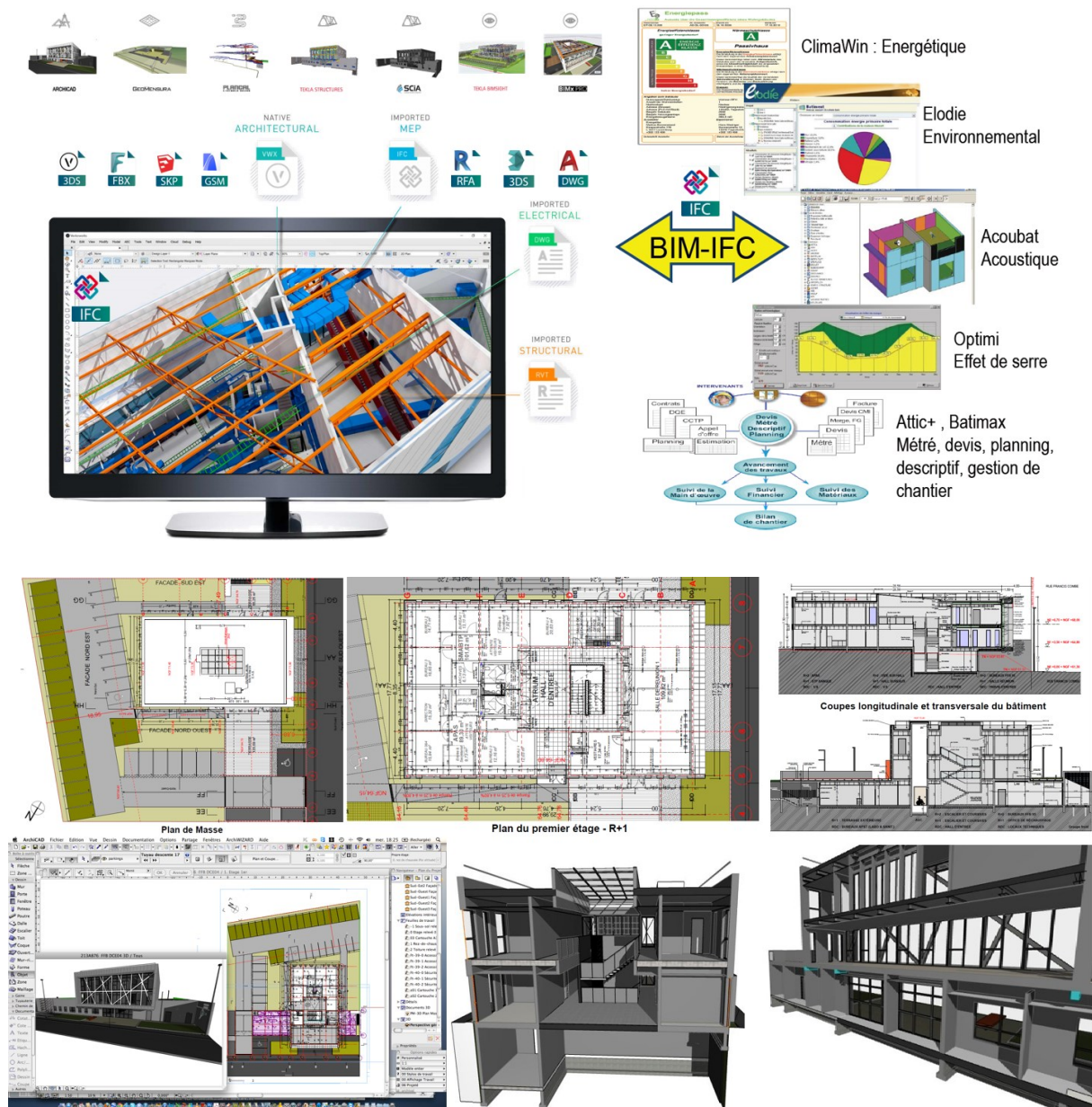


Figure 6.4 : Le modèle 7D du BIM

(Source : [www.ffbatiment.fr](http://www.ffbatiment.fr) ; [www.vectorworks.net](http://www.vectorworks.net) ; [www.urbanisme-puca.gouv.fr](http://www.urbanisme-puca.gouv.fr))

La maquette BIM est un modèle complet qui englobe toutes les informations (données) nécessaires pour l'élaboration des études détaillées sur tous les plans et en temps réel. Le principe de l'interopérabilité à travers l'utilisation du format IFC permet d'échanger l'information entre tous les acteurs de manière rapide et efficace tout en évitant les erreurs et la répétition de l'information.

## 2. La réalité virtuelle, augmentée et mixte

Le modèle BIM au service du chantier grâce à la réalité virtuelle, augmentée et mixte.

### 2.1. La réalité virtuelle

La réalité virtuelle « Virtual Reality VR » est une expression qui désigne l'utilisation de la technologie et des dispositifs permettant de visualiser numériquement un environnement virtuel sur ordinateur par un casque de réalité virtuelle.



Figure 6.5 : La réalité virtuelle (Source : [www.artefacto-ar.com](http://www.artefacto-ar.com))

### 2.2. La réalité augmentée

La réalité augmentée « Augmented Reality AR » est une technologie qui permet d'intégrer des éléments virtuels en 3D (en temps réel) au sein d'un environnement réel. Cette technologie combine entre le monde physique et virtuel en superposant des informations numériques virtuelles dans l'environnement de l'utilisateur par une tablette ou un téléphone.



Figure 6.6 : La réalité augmentée (Source : [www.bdcnetwork.com](http://www.bdcnetwork.com))

### 2.3. La réalité mixte

La réalité mixte « Mixed Reality MR » est un terme désignant les dispositifs de visualisations du contenu en 3D par le biais d'un casque dédié. Par définition, ce terme est une fusion entre la réalité augmentée et la réalité virtuelle. Bien que plus proche de la réalité augmentée, elle reste différente par la technologie qu'elle embarque.



Figure 6.7 : La réalité mixte (Source : [www.buildingpoint.com](http://www.buildingpoint.com) ; [www.fieldtech.trimble.com](http://www.fieldtech.trimble.com))

Le modèle BIM du virtuel au réel :



Figure 6.8 : Le modèle BIM du virtuel au réel

(Source : [www.kelarpacific.com](http://www.kelarpacific.com) ; [www.urbanisme-puca.gouv.fr](http://www.urbanisme-puca.gouv.fr) ; [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com))

### 3. Projets réalisés avec le BIM

#### 3.1. Stade Olympique de Pékin « Nid d'oiseau » - Chine

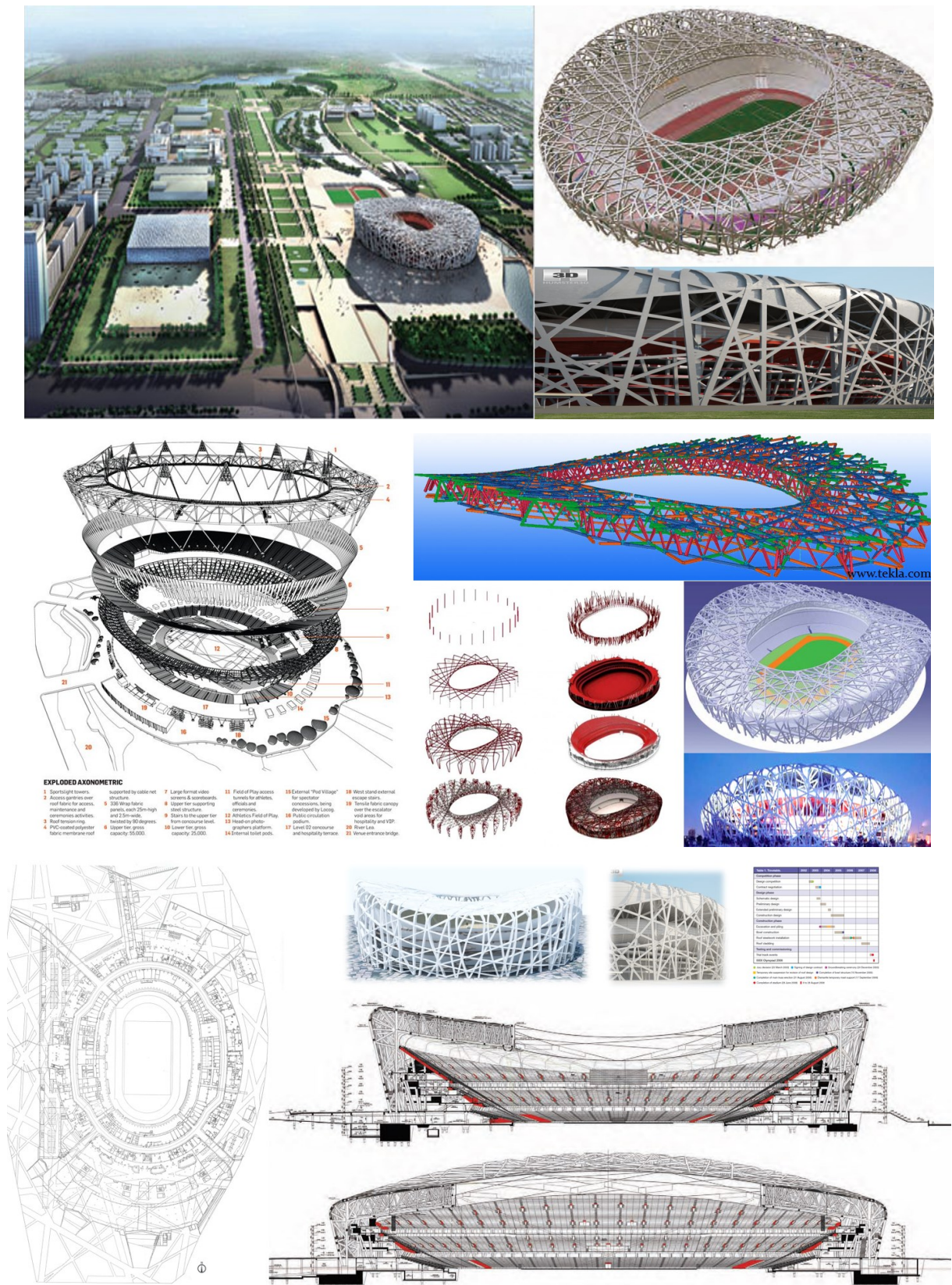


Figure 6.9 : Stade Olympique de Pékin (Source : www.arup.com ; www. architecturever.com)

### 3.2. Centre des congrès de Mons - Belgique

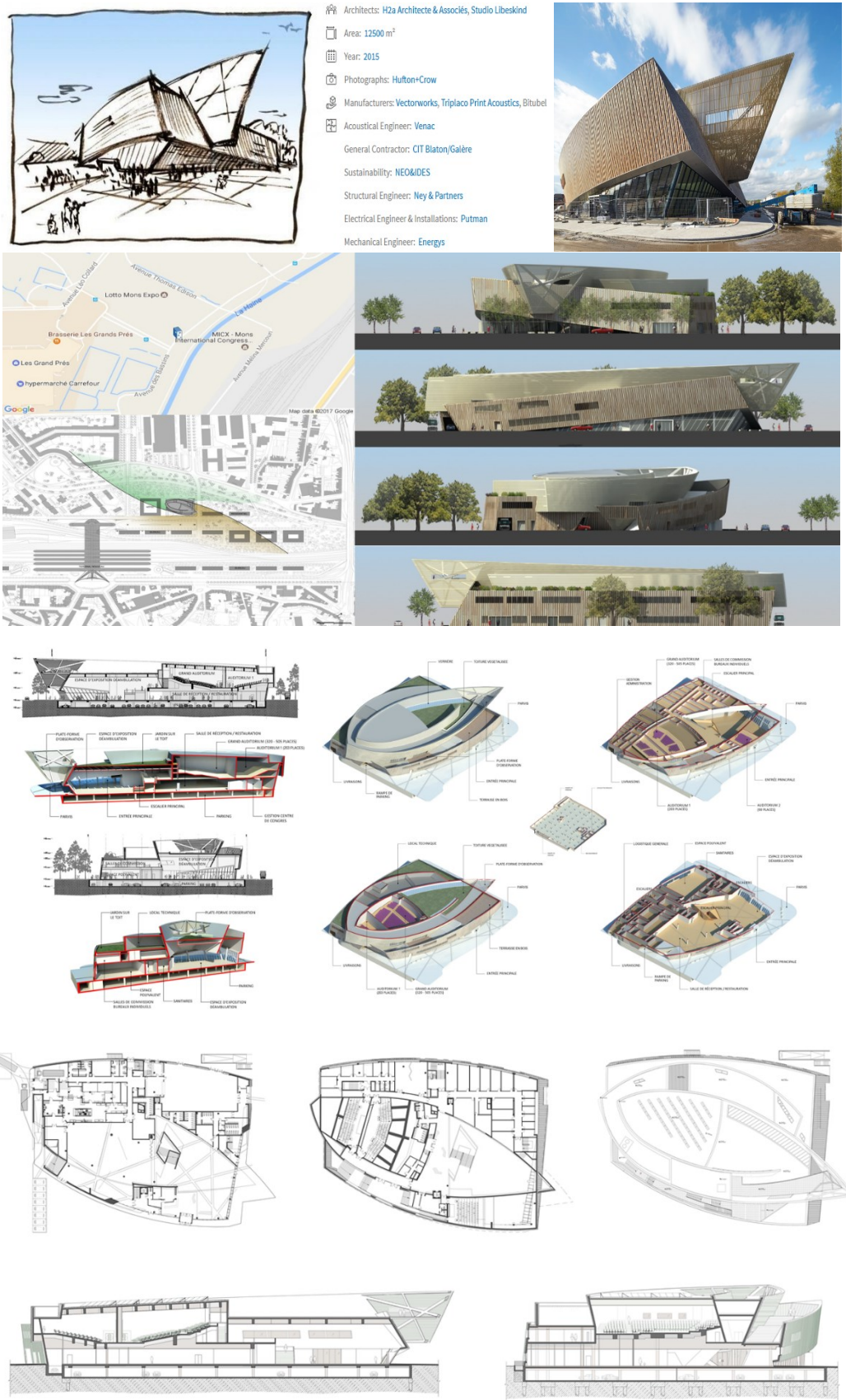


Figure 6.10 : Centre des congrès de Mons

(Source : [www.archello.com](http://www.archello.com) ; [www.h2a.be](http://www.h2a.be) ; [www.genval-architecture.be](http://www.genval-architecture.be))

### 3.3. Musée des Confluences - Lyon

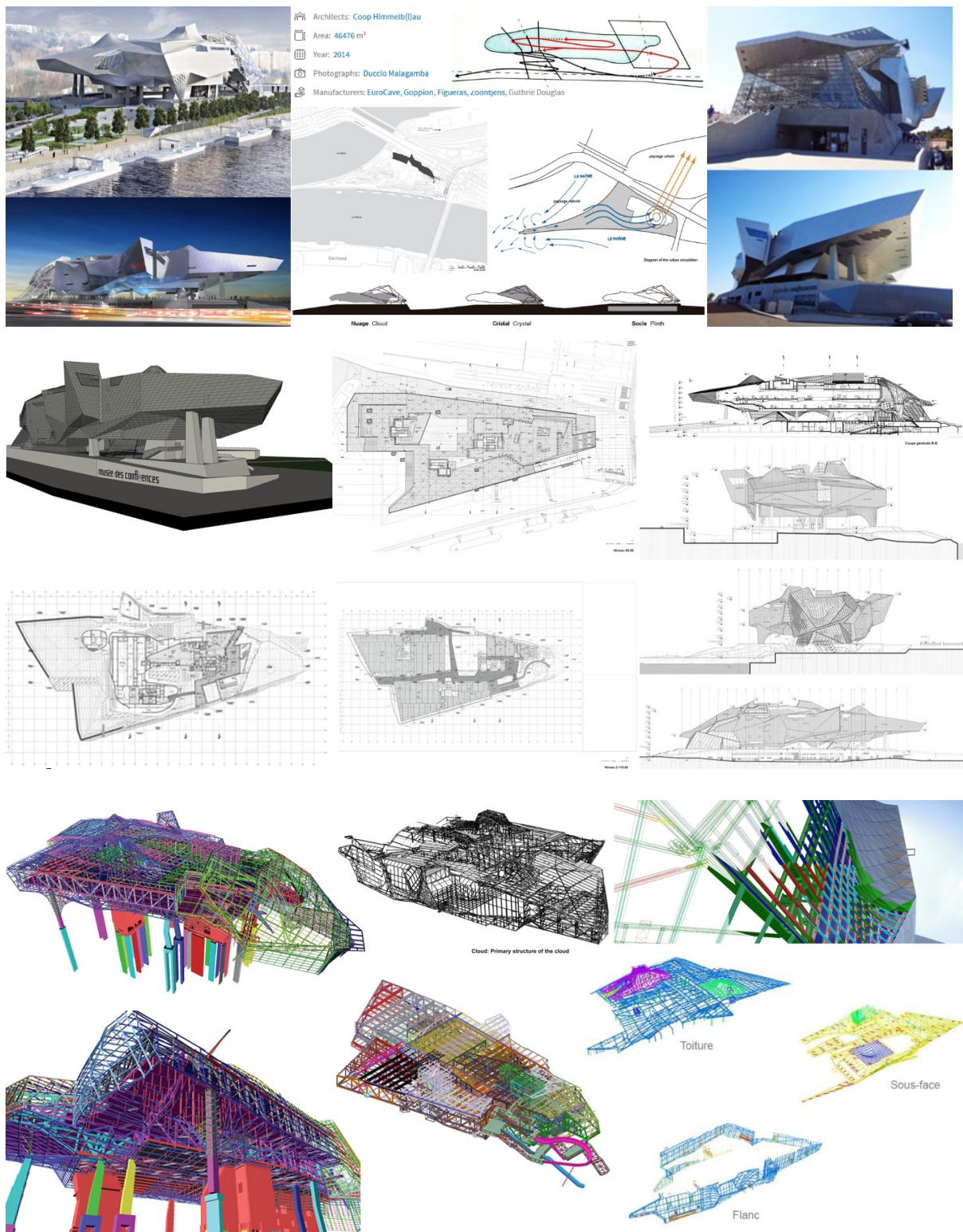


Figure 6.11 : Musée des Confluences (Source : [www.archdaily.com](http://www.archdaily.com) ; [www.architonic.com](http://www.architonic.com) ; [www.floornature.eu](http://www.floornature.eu) ; [www.scia.net](http://www.scia.net) ; [www.smb-cm.fr](http://www.smb-cm.fr) )

### 3.4. Le nouveau palais de justice de Paris



Figure 6.12 : Le nouveau palais de justice de Paris (Source : [www.construiracier.fr](http://www.construiracier.fr) ; [www.ingerop.fr](http://www.ingerop.fr) ; [www.setec.fr](http://www.setec.fr))

#### 4. Le changement de paradigme

Malgré les atouts de la nouvelle méthode BIM, il y a une résistance au changement dans certains cas. La figure 6.13 présente la résistance à l'innovation et au changement en un dessin.

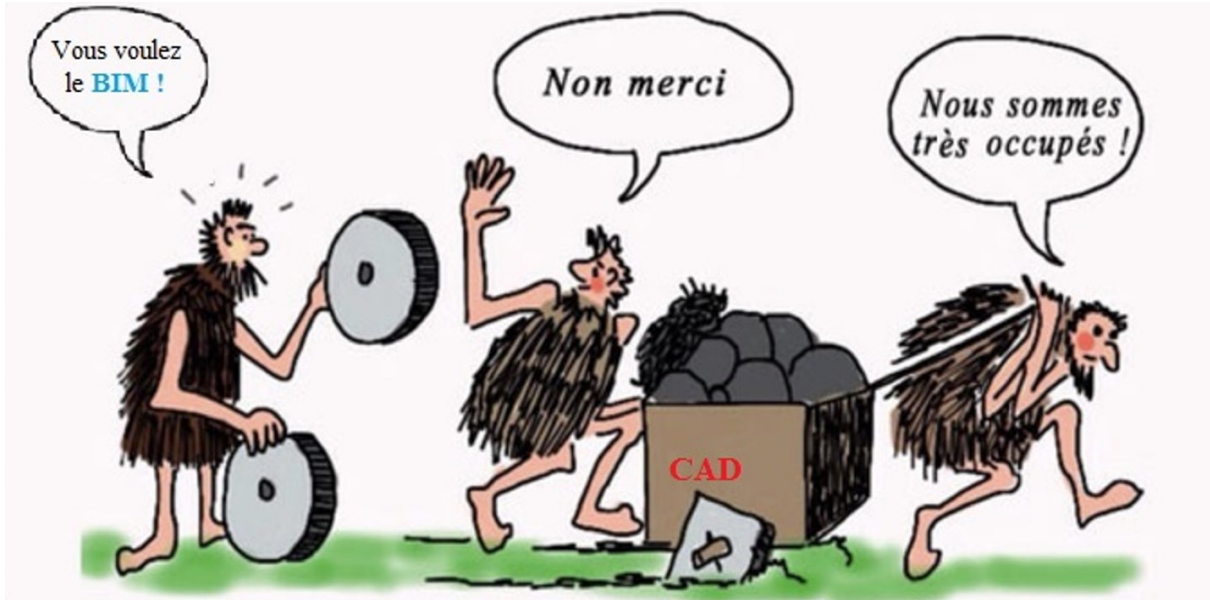


Figure 6.13 : La résistance à l'innovation et au changement (Source : [www.bimireland.ie](http://www.bimireland.ie))

Vers le changement de paradigme et notre façon de travail.

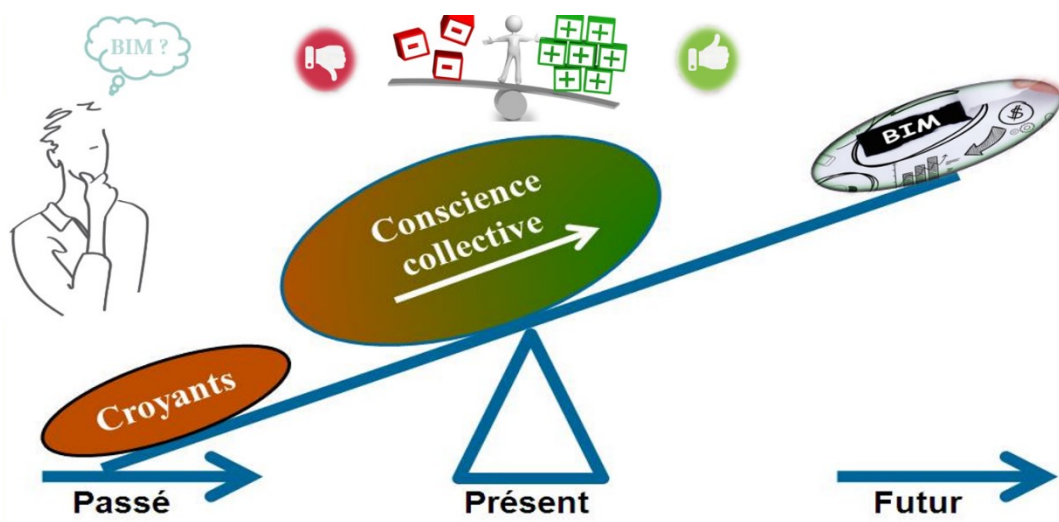


Figure 6.14 : Vers le changement de paradigme BIM  
(Source : [www.ecoherence.ca](http://www.ecoherence.ca) ; traité par auteur, 2022)

La méthode BIM a des points forts et faibles mais ses avantages dépassent de loin ses inconvénients. Avec la conscience collective on peut changer le paradigme vers l'utilisation adéquate de cette méthode dans les projets architecturaux.

## **Conclusion**

Le BIM est une nouvelle méthode de travail basée sur l'exploitation d'un seul modèle numérique avec la collaboration totale entre toutes les parties prenantes du projet architectural. La maquette BIM est un modèle basé sur des détails (2D, 3D, 4D, etc.) et les données (type, code, nombre, dimension, performance, coût, durée de vie, ...), elle est liée à toutes les informations nécessaires pour l'élaboration des études détaillées en temps réel. L'apparition du BIM engendre un changement de paradigme dans le processus de l'élaboration du projet architectural (étude, réalisation, exploitation, etc.). Comme toutes nouvelles méthodes, au début elle a rencontré une certaine résistance à cause de son processus compliqué. Actuellement, le BIM est utilisé à l'échelle mondiale et plusieurs pays ont instauré des programmes pour encourager l'adoption du BIM. Actuellement, certains rendent son utilisation obligatoire pour les grands projets.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale

La conception d'un projet est un travail d'équipe, l'architecte en tant que premier responsable de l'œuvre architecturale commence la conception et prend en considération plusieurs aspects de natures et spécialités différentes (fonctionnels, culturels, esthétiques, structurels, thermiques, énergétiques, etc.). La réussite du projet nécessite la collaboration de tous les acteurs où les méthodes traditionnelles présentent de grands problèmes relatifs à l'échange et le partage de l'information ce qui engendre beaucoup de problèmes dans toutes les phases du projet architectural (étude, réalisation et entretien) influençant non seulement sur les coûts et les délais mais aussi sur la qualité architecturale du projet. Toutes ces raisons font appel aux spécialistes pour trouver des solutions appropriées.

Le BIM est une nouvelle méthode proposée pour résoudre les problèmes du domaine du bâtiment. C'est une méthode de travail basée sur l'utilisation d'une seule maquette paramétrique et la collaboration totale entre toutes les parties prenantes du projet architectural afin de respecter les délais et les coûts de réalisation tout en assurant la qualité architecturale du projet. Avec l'apparition du BIM, le domaine de la construction a connu de nouveaux métiers (BIM Manager, BIM Coordinateur, BIM Producteur, etc.) qui assurent le bon déroulement de chaque phase et chaque tâche. Le BIM est connu par les détails et l'utilisation de trois échelles différenciées et complémentaires qui varient en fonction de l'état d'avancement, la précision requise pour chaque phase et les besoins et les exigences du projet.

La méthode BIM a changé le paradigme et la façon du travail traditionnel car elle a donné ses preuves sur tous les plans ce qui rend son utilisation indispensable afin d'améliorer le cadre bâti tout en assurant la qualité architecturale des projets. Actuellement, le BIM est utilisé dans plusieurs projets à l'échelle mondiale et certains pays exigent son utilisation pour les grands projets vu ses avantages incontestés.

## Bibliographie

**Adeline, R. et al. (2014).** *BIM/maquette numérique, contenu et niveau de développement.* France : Le Moniteur n°5763, Cahier détaché n°2, repéré à [www.lemoniteur.fr](http://www.lemoniteur.fr)

**Audiffret, P., Levan, S.K. (2018).** *Les managers du BIM : guide impertinent et constructif.* France : Eyrolles.

**Beddiar, K., Imbault, F. (2017).** *BIM et énergétique du bâtiment de la conception à l'exploitation.* France : Dunod.

**Boutemadja, A. (2018).** Le BIM, dans la construction durable : les avantages de ce mode de collaboration dans le contexte d'une volonté d'une meilleure durabilité des bâtiments. Communication présenté au Séminaire Bâtiment Durable BIM : Impacts sur le bâtiment durable.

**AUBLIN et al. (2016).** Le BIM dans les enseignements professionnels - Groupe de réflexion académique sur les enseignements du BTP (Académie Toulouse). Repéré à [eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/7801/7801-bim-toulouse.pdf](http://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/7801/7801-bim-toulouse.pdf)

**Celnik, O., Lebègue, É. (2015).** *BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction.* France : Eyrolles et CSTB.

**Celnik, O. (2016).** BIM et architecture. Z.STUDIO, Paris, Repéré à <http://www.zstudio.fr>

**Duboz, R., Garcia, F., Quesnel, G., Ramat, E. (2008).** *Théorie de la Modélisation et de la Simulation.* Laboratoire d'Informatique du Littoral.

**Ferries, B. (2016).** Le BIM et les nouvelles pratiques de collaboration, École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, Repéré à <http://aicvf.org/midi-pyrenees/files/2016/01/BIM.pdf>

**F.F.B. (2015).** BIM - Bonnes pratiques et expérimentations, France, Repéré à [http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/Bim\\_pour\\_Tous.pdf](http://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/Bim_pour_Tous.pdf)

- Gladieux, C. (2018).** Simulation numérique : du produit à l'usine complète. *Cad Magazine*. Repéré à [www.annuairedu4-0.fr/cad-magazine/1-du-produit-a-lusine-complete](http://www.annuairedu4-0.fr/cad-magazine/1-du-produit-a-lusine-complete).
- Guillaume, D. (2016).** *La simulation numérique : Enjeux et bonnes pratiques pour l'industrie*. France : Dunod.
- Jaussaud, V., Simonian, P. (2017).** *Le concept BIM et les ressources à disposition*. Communication présentée au séminaire 'la démarche BIM, un travail collaboratif', Marseille.
- Kirschbaum, N.S. (2016).** *The effectiveness of fixed solar shading*. Communication présentée au séminaire international Façade tectonics - World Congress Los Angeles, États-Unis.
- Kjell, A. (2014).** *Design Energy Simulation for Architects Guide to 3D graphics*. New York : Routledge.
- Lorgeril, C., Drouglazet-Giraud, S., Bouffirass, M. (2018).** Le BIM, une composante-clé du bâtiment 4.0, France, Repéré à [www.energie.sia-partners.com](http://www.energie.sia-partners.com)
- Mazouz, S. (2016).** *To BIM or not to BIM? That is the question*. Communication présentée au séminaire 'Premières Journées BIM', Biskra.
- Miquey, D. (2010).** *La prise en compte de l'énergie et du climat dans l'urbanisme, l'approche bioclimatique dans l'aménagement*. Repéré à [www.territoires-durables.fr/IMG/pdf/rt\\_climat\\_090410\\_bioclim\\_inddigo.pdf](http://www.territoires-durables.fr/IMG/pdf/rt_climat_090410_bioclim_inddigo.pdf)
- Saad, M. (2014).** *Modélisation et simulation numérique*. Ecole Centrale de Nantes.
- Riedo, P. (2017).** Objectif-BIM, Suisse, Repéré à [http://securelec.ch/wp-content/uploads/2017/10/BIM\\_Riedo.pdf](http://securelec.ch/wp-content/uploads/2017/10/BIM_Riedo.pdf)
- Tettamanti, J., Steiner, P., Pernet, J. (2018).** Building Information Modeling, Repéré à [www.cche.ch](http://www.cche.ch)
- Varenne, F., Silberstein, M., Dutreuil, S., Huneman, P. (2014).** *Modéliser et simuler : Epistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*. France : Editions Matériologiques.
- Zaker, R. (2018).** BIM implementation in architectural practices: towards advanced collaborative approaches based on digital technologies. Thèse de Doctorat, Barcelona School of Architecture.

## **Sites internet**

[www.objectif-bim.com](http://www.objectif-bim.com)

[www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)

[www.sculpteo.com](http://www.sculpteo.com)

[www.bimbtp.com](http://www.bimbtp.com)

[www.bimportal.be](http://www.bimportal.be)

[www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be)

[www.biblus.accasoftware.com](http://www.biblus.accasoftware.com)

[www.bim-manager.fr](http://www.bim-manager.fr)

[www.buildingsmart.fr](http://www.buildingsmart.fr)

[www.sia-partners.com](http://www.sia-partners.com)

[www.bimcaraibes.com](http://www.bimcaraibes.com)

[www.cercle-promodul.fr](http://www.cercle-promodul.fr)

[www.digitalconstruction.be](http://www.digitalconstruction.be)