

Les Conventions BIM

L'enseignement, clé de la pratique du BIM



Mémoire de Master Design Global

Spécialité Architecture Modélisation et Environnement. Mention recherche

Léopold CART

Sous la direction de : Olivier Malcurat, Elodie HOCHSCHEID.

Soutenu le 7 septembre 2016.

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Olivier MALCURAT, architecte enseignant chercheur au MAP-CRAI pour l'orientation donnée à mon travail et son aide dans la définition du sujet.

J'adresse ma reconnaissance à :

- Elodie HOCHSCHEID pour son expertise et le temps qu'elle a consacré à la relecture de mon travail,
- L'ensemble du personnel du laboratoire MAP-CRAI pour son aide pour argumenter mon travail et structurer ma documentation.
- A ma famille pour ses nombreuses relectures.

Table des matières

Avant-propos	1
Introduction	3
I Présentation de l'étude	4
I.1 Objectifs de l'étude	4
I.2 Définitions des termes	5
I.3 Contexte de l'étude	7
II Etat de l'art	13
II.1 Comprendre le BIM	13
II.2 Les conventions BIM	22
II.3 Tour de l'enseignement numérique	43
III Une convention BIM appliquée à l'enseignement	54
III.1 Contexte de l'étude	54
III.2 Ses atouts pour l'enseignement	56
III.3 Adaptation d'une convention au cadre de l'enseignement	58
IV Conclusion	71
V Bibliographie	73
VI Annexes	79

AVANT-PROPOS

Ce mémoire a été développé dans le cadre du stage de Master Architecture Modélisation et Environnement (AME) au laboratoire MAP-CRAI.

Ce master est le résultat de la collaboration entre l'école d'architecture et la faculté de sciences de Nancy.

Ce contexte m'a permis d'accéder à des ressources documentaires diverses et variées, ainsi qu'à l'expertise des chercheurs du CRAI dans la démarche BIM. Mon travail s'inscrit dans la continuité des réflexions sur le BIM qu'ont développées les précédents mémoires et thèses soutenues au laboratoire MAP-CRAI.

L'enseignement que j'ai suivi dans le cadre du master AME, ainsi que mon expérience étudiante au sein des écoles d'architecture m'ont guidé vers le sujet de ce mémoire de fin d'études. Durant ces cinq dernières années d'études, j'ai eu l'occasion de suivre l'enseignement de trois écoles d'architecture : ENSA Normandie, ENSA Nancy et UACG Sofia. J'ai ainsi pu remarquer la diversité d'approches autour de l'outil numérique et réfléchir à l'intégration de l'outil numérique dans le cursus d'architecture.

Cette diversité autour d'un outil unique, l'informatique, m'a questionné sur la réelle maîtrise, non pas d'une interface mais d'une nouvelle manière de travailler et d'échanger. Cette approche globale et récente du numérique par l'enseignement et la profession d'architecte est en pleine mutation et questionnement, offrant un grand nombre de théories et d'aprioris.

Mon travail sur le sujet « les conventions BIM : l'enseignement, clé de la pratique BIM » porte sur la possibilité d'intégrer le BIM à l'enseignement du projet, par le biais des conventions BIM, pour en faciliter l'appropriation par les futurs professionnels.

INTRODUCTION

L'architecture se trouve face à une révolution de ses outils et méthodes. Depuis la sédentarisation de l'espèce humaine, les instruments de conception n'ont cessé d'évoluer avec les âges, passant de la gravure sur pierre ¹ aux modèles informatiques en trois dimensions.

Durant près de 2500 ans, l'architecte a dessiné ses plans et ses représentations en deux dimensions sur un support. La maquette venait compléter et renseigner les informations ou servait pour la représentation en volume. Depuis 1980, ces deux systèmes de représentations, le plan et la maquette, sont réalisés avec un unique outil : l'ordinateur. Ce dernier permet d'obtenir une maquette numérique qui concentre tous les renseignements relatifs à un édifice.

Le métier d'architecte se trouve donc à un tournant de son évolution. Le transfert de la représentation s'effectue tant au niveau technique qu'esthétique. Comme les machines à écrire ont été remplacées par les ordinateurs, les rotatings ont laissé place aux logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur). Le principal facteur de cette évolution est l'optimisation des moyens et la diminution des coûts. Le changement d'outil implique l'évolution ou la révolution des savoirs faire techniques et organisationnels. On opère avec de nouvelles technologies qui évoluent en permanence. Les outils se complexifient très vite, leurs interfaces changent en quelques années, les échanges se diversifient.

Dans ce contexte de révolution numérique, les acteurs du bâtiment doivent s'adapter à ces nouveaux outils pour faire évoluer leur propre organisation et optimiser le continuum informationnel. L'utilisation de logiciels collaboratifs devient incontournable.

Ce mémoire s'intéressera à **la compréhension des conventions BIM et à leur intégration dans la formation des professionnels et des étudiants**. Le BIM et les conventions BIM proposent une méthode d'organisation, autour de logiciels, pour structurer le travail des architectes avec les différents acteurs du monde du bâtiment. Pour maîtriser les nouvelles manières de modélisation de l'architecture, il n'est pas nécessaire d'apprendre uniquement une interface mais une méthode de travail adaptée aux innovations actuelles

Ce travail de transmission est d'autant plus important que l'utilisation du BIM dans les constructions est encouragée par la directive européenne 2014/24/UE sur la passation des marchés publics et est déjà mise en place dans certains pays (La Finlande en 2013, l'Angleterre en 2016 et la France en 2017 obligent l'usage du BIM pour les bâtiments publics.)

Ce mémoire est donc structuré en 3 parties :

- **La présentation de l'étude qui fixe les objectifs et le contexte du travail**
- **Un état de l'art des conventions BIM**
- **Une proposition pour intégrer les conventions BIM à l'enseignement actuel**

¹ DEFORGE, Yves. *Le graphisme technique: son histoire et son enseignement*. Éditions Champ Vallon, 1981. page 20

I - PRESENTATION DE L'ETUDE

I-1 Les objectifs de l'étude

La pratique du BIM s'impose pour les acteurs du bâtiment comme une nouvelle méthode de travail pour planifier, concevoir, créer et gérer les constructions. Cette nouvelle technologie peut faciliter le travail collaboratif et la circulation des informations entre les acteurs d'un projet. Elle se présente donc comme un outil de la compétitivité et de l'innovation des entreprises.

Cependant, bien que le contexte réglementaire et normatif encourage le développement de la méthode BIM, les professionnels semblent peiner à s'approprier la maîtrise de cet outil et son enseignement dans les écoles d'architecture est inégal.

On s'attachera donc à :

- **Identifier les verrous qui bloquent la diffusion** de ces connaissances en s'efforçant de comprendre ce qui empêche le BIM et les conventions BIM d'être compris et maîtrisés.
- **Vérifier les attentes des acteurs de la filière**

Les étudiants sont familiarisés aux logiciels BIM mais n'optimisent pas encore ses outils. Les professionnels sont conscients de l'importance d'adopter une méthode de travail claire et structurée mais ne maîtrisent pas encore totalement les changements technologiques.

Les attentes sont donc doubles et concernent à la fois le contenu du BIM et ses usages.

- **Insérer le BIM à l'enseignement des étudiants et à la formation des professionnels**

Il sera intéressant de voir s'il est possible de concevoir des systèmes permettant de concilier les conventions BIM et les contenus d'enseignement. L'application de conventions BIM entre différents enseignements pourrait valoriser le continuum numérique et permettre une nouvelle approche de l'enseignement du numérique.

Les écoles d'architecture en collaboration avec l'ordre des architectes pourraient être amenées à proposer des formations pour les professionnels.

I.2 Quelques définitions

L'apparition récente du BIM et des conventions BIM a généré une multitude d'interprétations des termes en fonction des acteurs et des publications. Ainsi, il est utile de préciser quelques définitions :

➤ Le BIM

Le BIM a plusieurs significations. Il peut se traduire par Building Information Modeling, Building Information Model ou encore Building Information Management. C'est **une méthode de travail collaboratif qui permet de créer la maquette numérique renseignée d'un bâtiment.**

Le terme est sujet à diverses interprétations. Il désigne à la fois des types de logiciels et une méthode de modélisation.

Building Information Modelling is a set of technologies, processes and policies enabling multiple stakeholders to collaboratively design, construct and operate a facility

1. Image issue: SUCCAR Bilal "*BIM Framework Essentials - Definition of BIM*" Accessed July 18, 2016. <http://dept-info.labri.u-bordeaux.fr/~dicky/HistInfo.html>.

Bilal SUCCAR², consultant spécialisé en BIM, définit le BIM comme un mélange de technologies, processus et politiques adapté à un domaine et à des acteurs. Nous retiendrons donc qu'il n'est pas seulement une technologie mais **une manière de concevoir avec une technologie**. Il implique donc une maquette numérique d'un édifice (Model), une modélisation par un outil (Modeling) et une méthode de travail avec plusieurs acteurs (Management). Les trois « M » ne sont pas alors distincts mais liés.

² "Bilal Succar | University of Newcastle - Academia.edu." Consulté le 15 juillet 2016. <https://newcastle-au.academia.edu/BilalSuccar>.

➤ **Les conventions**

Définition : Convention³

- **Accord passé entre des personnes, des groupes, des sujets de droit international** (États, organisations), destiné à **produire des effets juridiques et qui revêt en principe un caractère obligatoire pour ceux qui y adhèrent** ; écrit destiné à formaliser la réalité de cet accord : Des conventions internationales sur la pêche.
- **Règle de conduite adoptée à l'intérieur d'un groupe social** (le plus souvent pluriel) : Avoir le respect des conventions.
- Ce qui est admis d'un **commun accord, tacite ou explicite** : Les conventions orthographiques.

On retiendra qu'une convention est **un accord, tacite ou non, passé dans un groupe**. Il est le synonyme du mot **contrat** : accord passé entre les différents acteurs pour **établir les règles de travail, de vérification et d'échange**.

Dans notre démarche, nous nous intéressons aux contrats explicites passés dans un groupe d'acteurs autour d'une maquette BIM. Celui-ci établira les règles de conduites à adopter dans le cadre du projet.

➤ **L'enseignement**

Définition : Enseignement⁴

- Action, **manière d'enseigner, de transmettre des connaissances**.
- Profession, activité de ceux qui enseignent : Faire de l'enseignement.
- **Leçon donnée par les faits ou l'expérience** : Les enseignements d'un échec.

L'enseignement peut se résumer comme une manière de transmettre les savoirs.

Nous réfléchissons à la façon de transmettre le BIM et exploiter l'expérience fournie par les évolutions des technologies.

³ Définition par le www.larousse.fr Consulté le 11 juillet 2016

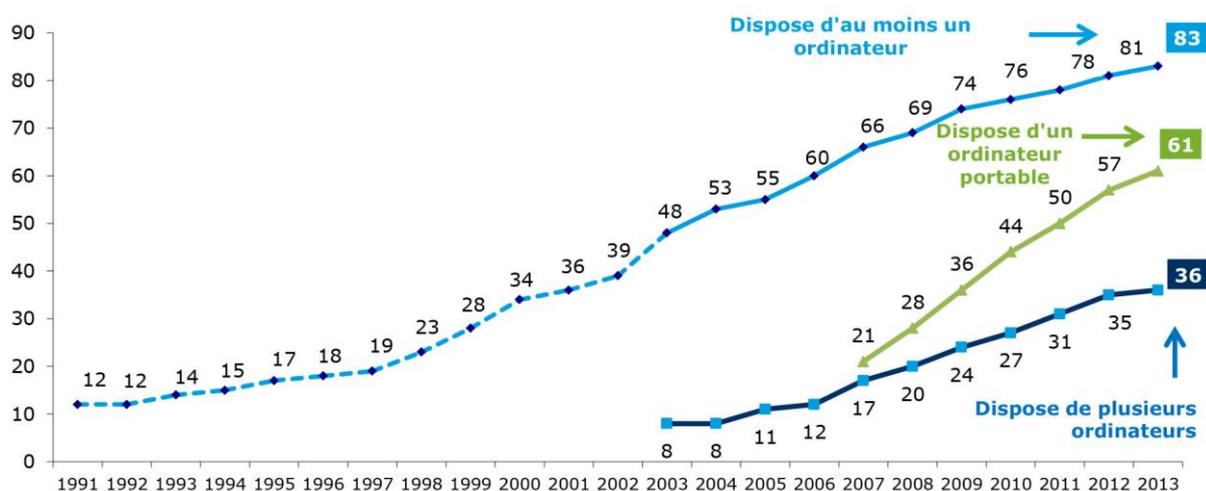
⁴ Définition par le www.larousse.fr Consulté le 11 juillet 2016

I.3 Le contexte de l'étude

Les méthodes de travail sont de plus en plus soumises à un outil numérique dont la performance ne cesse d'augmenter. Le monde du bâtiment connaît aussi la modernisation de ses outils, nécessitant une nouvelle approche de la communication et de la représentation.

➤ La révolution numérique

- En 1946⁵, le monde a été bouleversé par l'arrivée du **premier ordinateur électronique**, offrant une capacité de calcul plus rapide et précise qu'aucun opérateur humain n'est capable de développer. Bien que puissant, il reste complexe, cher et encombrant.
- En 1973⁶ apparaissent **les premiers ordinateurs personnels**. Ils permettent alors au plus grand nombre d'utiliser les nouvelles technologies de calcul et d'information, changeant les manières de stocker les informations et de les représenter. **L'apparition du PC (personal computer) se double par l'apparition de la DAO (Dessin Assisté par Ordinateur)**, qui tend à remplacer le dessin manuel par un dessin sur écran, permettant un gain de temps et une diffusion plus large des documents. L'ordinateur personnel s'impose comme un outil incontournable.



1. Taux d'équipement en ordinateur à domicile en France (en %) ⁷

L'ensemble des professions se trouve alors transformé par ce nouvel outil aux applications universelles. On assiste à **une révolution des formats de stockage et**

⁵ BRETON, Philippe. Le premier ordinateur copiait le cerveau humain. *RECHERCHE-PARIS-*, 1996, p. 80-83.

⁶ BARDINI, Thierry. Les promesses de la révolution virtuelle: genèse de l'informatique personnelle, 1968-1973. *Sociologie et sociétés*, 2000, vol. 32, no 2, p. 57-72.

⁷ CREDOC, Enquêtes sur les « Conditions de vie et les Aspirations », <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R297.pdf>
Consulté le 15 juillet 2016, 2016

d'échange, passant du papier aux octets. Cette révolution continue aujourd'hui encore, augmentant en puissance, capacité de stockage, programmes de travail et accessoires. De plus en plus d'applications lient les outils virtuels et réels. Le travail de l'ensemble des professions passe par l'emploi d'un ordinateur. Il en est de même pour l'architecture qui voit fleurir un ensemble d'instruments pour simuler, tester, renseigner, mesurer...

Il est ainsi possible de modéliser, avec un minimum de moyens, le comportement d'un bâtiment à travers le temps.

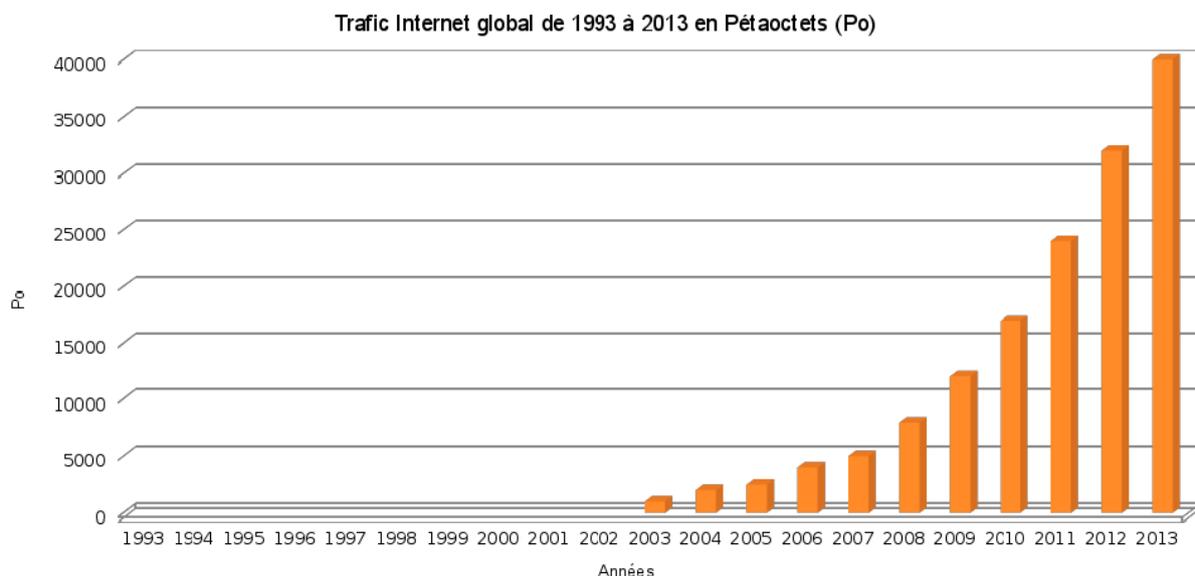
➤ **Un nouveau réseau de communication**

- **En 1989**, l'apparition d'**internet** permet de lier les stations de travail. Les informations se transmettent plus rapidement entre les acteurs. On assiste alors au début d'un nouvel système d'échange dématérialisé.
- **Au début des années 2000**, ce système connaît un essor fulgurant et devient incontournable. On peut y faire transiter tous types de données informatiques avec une vitesse de transfert de plus en plus élevée. Ceci **modifie fondamentalement les rapports qu'entretenaient les personnes et les entreprises** au temps du tout postal. **Les échanges** deviennent bien moins coûteux et **quasiment immédiats**.

"The Internet is the first thing that humanity has built that humanity doesn't understand, the largest experiment in anarchy that we have ever had."⁸

"Internet est la première création de l'humanité que l'humanité ne comprend pas, la plus grande expérience d'anarchie qui n'ait jamais été conduite. »

3. Eric Schmidt, PDG de GOOGLE



1. Graphique de l'évolution des flux de données entre 1993 et 2013 sur internet⁹

⁸ Citation d'une conférence à San Francisco en 1997

Ces innovations ont aussi leur lot de désagréments. **L'informatisation a provoqué une surcharge d'informations par l'accumulation des données.** Elle se double par un problème d'archivage et de conservation des documents plus complexe et moins pérenne du fait de l'évolution rapide des formats de fichiers et des supports matériels. De plus, l'ensemble des médias présente des problèmes de compatibilité et de lecture entre les différents programmes de DAO, BIM...

43 ans après le début de l'accès au monde numérique, la société continue à faire évoluer et à perfectionner l'outil numérique dans tous les domaines. L'architecture se trouve au cœur de cette réflexion par la transformation de ses usages.

➤ Les assises du BIM

Dans le cadre de mon stage au laboratoire MAP-CRAI, j'ai eu l'occasion d'assister aux assises BIM de Marseille. Elles s'inscrivent dans un cycle d'assises démarré en janvier 2016, à l'ENSA Paris Val de Seine¹⁰. Ces séminaires ont eu lieu à l'ENSA Paris Val de Seine du 21-22 janvier 2016 et à l'ENSA Marseille du 15 au 16 avril 2016. Un troisième est en préparation à l'ENSA Toulouse pour le 6-7 septembre 2016.

Ils rassemblent des enseignants, des chercheurs et des professionnels du monde de l'architecture et du numérique, dans le but de présenter les travaux actuels dans la sphère du travail numérique pour l'architecture. Ces présentations abordent différents domaines allant du patrimoine à la gestion de la maintenance des édifices existants. Ces exposés sont entrecoupés d'ateliers de discussion pour débattre de l'évolution de la formation et des pratiques de l'outil informatique. En parallèle de ces discussions s'engage la réflexion sur l'évolution des programmes pédagogiques des écoles d'architecture. Ces assises permettent aux acteurs des différentes écoles d'architecture de se rencontrer et d'échanger sur leur vision de la relation entre le projet et le numérique.

Les deux jours de séminaires à Marseille ont porté sur « **Le projet à l'ère du numérique : théorie et pratique** ». Les participants ont exprimé une volonté de modifier les enseignements pour former des architectes aptes à utiliser le continuum numérique offert par ces nouvelles technologies.

Il en demeure que le rapport aux logiciels dans la conception et dans la gestion du projet reste en débat. Ses atouts et ses défauts ne sont pas encore pleinement acceptés et identifiés par tous du fait de la nouveauté du phénomène.

⁹ « Mieux comprendre les GIX | nantes-ix : Nantes Internet eXchange ». Consulté le 28 juillet 2016.

<http://nantes-ix.fr/gix/mieux-comprendre-les-gix/>.

¹⁰ <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Politiques-ministerielles/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Actualites-des-ecoles/Les-assises-du-BIM-dans-l-architecture-ENSA-de-Paris-Val-de-Seine> Consulté le 11 juillet 2016

➤ **Le Projet d'Investissement d'Avenir**

En parallèle aux assises du BIM, 6 écoles d'architecture développent un PIA (Projet d'Investissement d'Avenir). Il s'agit d'un projet pouvant obtenir un financement par le Commissariat général à l'investissement (CGI)¹¹.

Le PIA des écoles d'architecture propose de résoudre les verrous bloquant l'enseignement du numérique au sein des écoles d'architecture en approfondissant la réflexion, en faisant évoluer l'enseignement et en actualisant les équipements. Les verrous identifiés par l'équipe PIA seront exposés dans l'état de l'art de l'enseignement du numérique.

J'ai eu l'occasion d'assister à certaines de ses réunions et d'échanger avec des membres du collège d'enseignants et de chercheurs qui y participent. Les problématiques abordées se sont révélées très proches de celles de mon étude et ont nourri une partie de mon questionnement.

¹¹ « Le Commissariat Général à l'Investissement | Gouvernement.fr ». Consulté le 19 juillet 2016.
<http://www.gouvernement.fr/le-commissariat-general-a-l-investissement>.

II. ETAT DE L'ART

Il est nécessaire de faire un état de l'art du BIM, des conventions BIM et des enseignements du numérique. Pour pouvoir comprendre toute la portée organisationnelle qu'offrent les conventions BIM au sein du monde professionnel et universitaire, il est important de maîtriser le contenu et le fonctionnement du BIM.

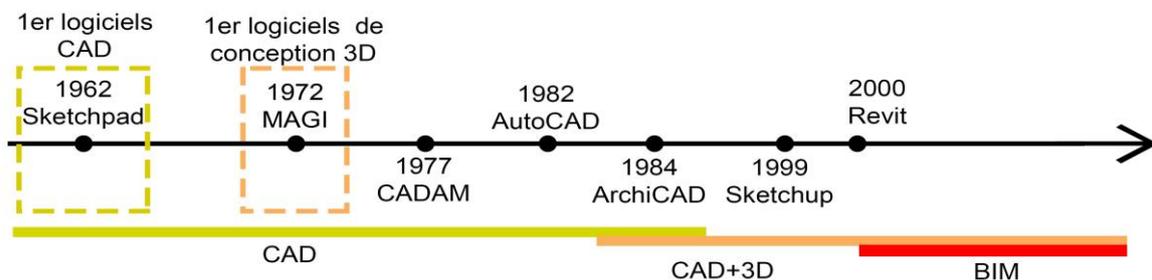
II.1. Comprendre le BIM

Le BIM, déjà défini dans l'introduction, est un sujet récent qui nécessite d'être maîtrisé pour comprendre toute l'impact et l'importance de conventions pour son utilisation. Nous nous attacherons à en comprendre l'origine, établir sa portée, sa maturité et ses applications futures.

➤ Les origines

Issue de la DAO, le **BIM est l'évolution du dessin assisté par ordinateur.**

- **1962** : apparition du premier logiciel de dessin assisté par ordinateur
Son coût important et ses performances limitées réduisent son utilisation au domaine de la recherche ;
- **1977** : développement du premier logiciel DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) à usage professionnel, CADAM. D'abord utilisé dans l'aéronautique (BOEING, DASSAULT...), il s'oriente vers le bâtiment dans les années 80 avec la **naissance d'Autodesk et Graphisoft**, actuels leaders du domaine.



1. Ligne temporel des différents logiciels CAD et BIM¹²

- **Entre 1980 et 2000** : les logiciels DAO intègrent la 3D. L'apparition de **Sketchup** en 1999 confirme la **transition du dessin 2D au modèle 3D** dans l'architecture.

Les outils disponibles pour la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) évoluent en parallèle des performances des ordinateurs. Les informations modélisables se diversifient et se complexifient autour d'un seul objet. Il est donc possible d'obtenir des formes plus complexes, mieux renseignées et aux exports plus variés. On se rapproche d'une démarche orientée BIM.

Le BIM est donc issu d'une complexification de la CAO.

¹² Document produit par L.CART

Sa récente apparition explique que sa pratique est encore expérimentale.

Les outils se décrivant comme BIM ont donc des niveaux de maturité différents. On peut cependant noter, qu'entre 2000 et 2016, l'accessibilité des logiciels en termes d'interface et de support (optimisation de la mémoire, machines plus puissantes...) ainsi que les raccords informatifs (réseaux, formats de fichiers, exports possibles...) ont fortement évolué.

En 2000, la mise en place d'une plateforme réseaux pour un cabinet d'architecture nécessitait l'intervention d'un spécialiste. Actuellement, la simplification des matériels et des drivers permet à chacun de mettre en place une structure réseau simple sans avoir eu de formation en programmation.

Le BIM s'inscrit dans cette double accessibilité de la technique et de l'information pour un projet d'architecture dans la révolution numérique.

II-1-b Le fonctionnement

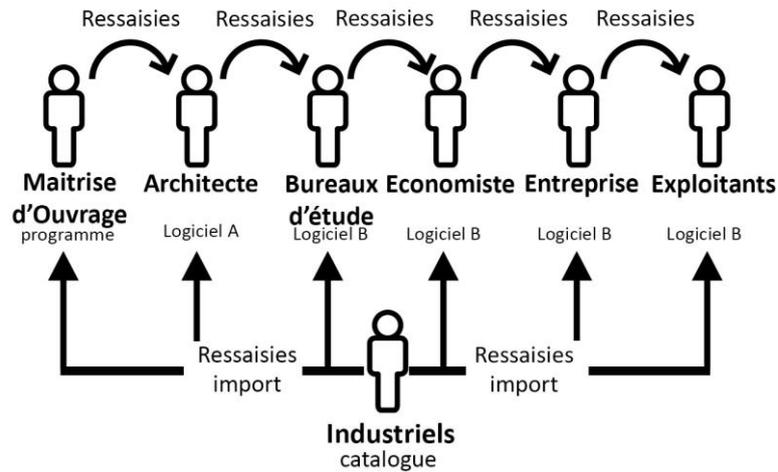
Du fait de sa nouveauté, beaucoup d'acteurs (développeurs, chercheurs, ingénieurs, architectes...) ne s'accordent pas encore sur la bonne désignation du mot BIM pour une méthode ou un logiciel.

Nous nous attacherons donc à la citation suivante :

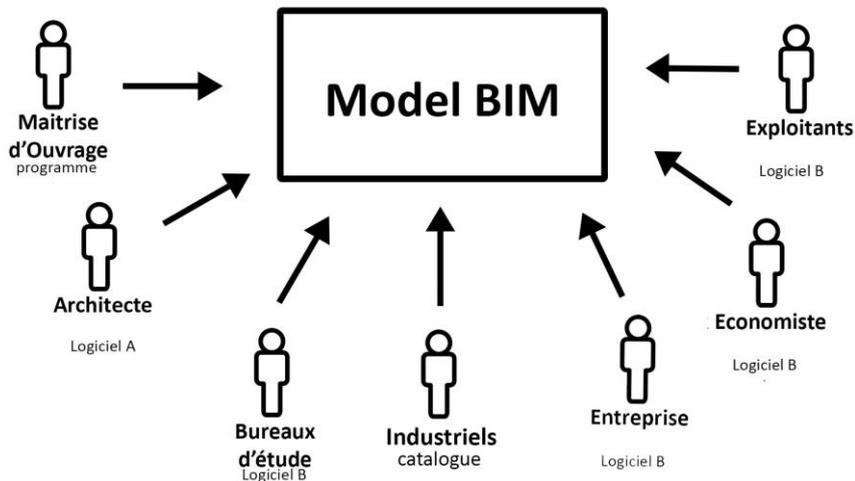
*"Building Information Modelling (BIM) is the current expression of technical and procedural innovation within the construction industry. It is a methodology for generating, exchanging and managing a constructed facility's data throughout its life cycle."*¹³

Le Building Information Modeling a pour but principal le regroupement et l'échange d'informations. Ces informations serviront à échanger plus facilement avec les différents acteurs du projet (bureaux d'étude, ...). Ainsi, un seul et même fichier permettra de simuler, vérifier, corriger les différents aspects d'un bâtiment, que ce soit pour un architecte, un bureau d'étude thermique ou autre.

¹³ SUCCAR, B. et SHER, W. A competency knowledge-base for BIM learning. *AUBEA 2013*, 2013.



1. Système d'échange avant le BIM¹⁴



1. Système d'échange avec le BIM¹⁵

On recherche une interconnexion des acteurs autour d'un seul document, **la maquette numérique** (Building Information Model). On économise ainsi le temps qu'il était nécessaire pour reproduire les informations spécifiques aux différentes entreprises en les regroupant dans **un seul et même modèle, lisible et modifiable par tous**.

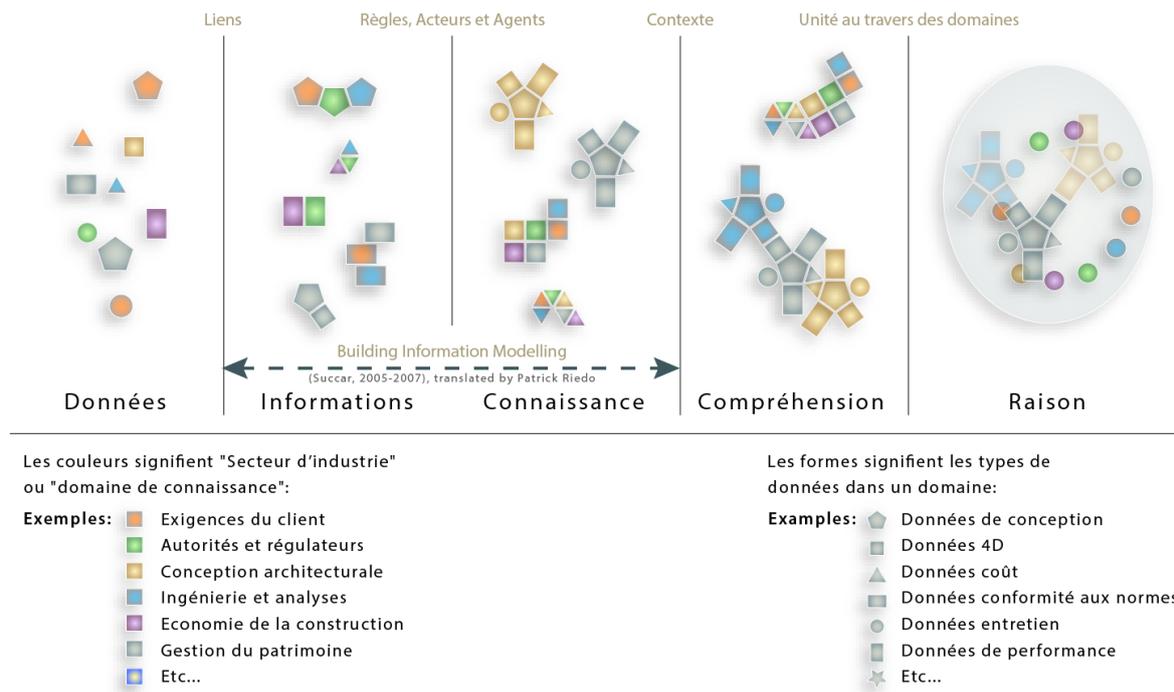
On obtient alors un seul fichier capable de fournir des informations en 3D et en 2D tout en offrant la possibilité d'obtenir des données numériques détaillées sur le projet en cours (métré, coût, thermique, structure....).

¹⁴ Schéma repris de l'article de Balaguer, D. PERSPECTIVES, Juin 2014, n°57 p 19

¹⁵ Schéma repris de l'article de Balaguer, D. PERSPECTIVES, Juin 2014, n°57 p 19

On recherche alors à créer un univers de travail pouvant développer l'intelligence collective, comme l'exprime O.MALCURAT dans sa thèse «*Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP* » portant sur les collecticiels et l'impact d'un travail collaboratif sur un support virtuel.

Un projet réussi ne peut être mené que par une équipe soudée et ayant une collaboration étroite. Pour cela, les rapports entre eux sont tout aussi importants que l'outil qui leur sera offert. Il ne vise qu'à supprimer des contraintes techniques et spatiales entre les opérateurs.



1. Le domaine de l'information dans le BIM ¹⁷

Le schéma ci-dessus, réalisé par Bilal SUCCAR, montre bien que le BIM est une technique d'information et non uniquement de modélisation comme on pourrait le croire. C'est le passage de la conception architecturale à la révolution informatique.

On obtient une **visualisation raisonnée de l'information, transdisciplinaire et renseignée**. De plus, la marge d'erreur est réduite par la vérification simultanée de la justesse des données de tous les acteurs. Les différentes phases du projet peuvent alors se dérouler autour d'un seul et même document, allant de l'esquisse à la phase chantier et pouvant en simuler tous les aspects.

¹⁷ « BIM ThinkSpace: Episode 3: Focus on Information ». Consulté le 20 juillet 2016.

http://www.bimthinkspace.com/2005/12/the_bim_episode_1.html. Issu des travaux de Bilal SUCCAR

➤ Les niveaux de simulation

Il existe une multitude d'éléments qui peuvent être pris en compte. Tous les logiciels ne permettent pas de couvrir l'ensemble du spectre des possibilités. Pour mesurer son avancement, un système de mesure a été mise en place.

Les **nombreux niveaux de simulation** sont désignés par la lettre D précédée d'un chiffre. Le BIM a pour but de tous les rendre accessibles mais pour le moment **seul certains niveaux sont disponibles sur la majorité des logiciels**.

2D : elle concerne tous les documents en deux dimensions tels que les plans, coupes et les images fixes.

3D : Il s'agit d'un document en trois dimensions, manipulable. Il s'agit d'une représentation spatiale du bâtiment.

4D : On ajoute la donnée temps au processus de simulation. Ainsi, on peut simuler le planning de chantier sur le modèle.

5D : En plus de la dimension temporelle du projet, on ajoute la sphère économique.

6D : On prend en plus en compte les préoccupations de développement durable

7D : On intègre la notion de durée de vie de chaque élément.

XD¹⁸ : On désigne par X, les différents niveaux de détail qui pourront être inventés par la suite.

➤ La maturité des échanges

En plus des niveaux de détail, le modèle BIM peut être caractérisé par un niveau de maturité technique qui évalue l'outil.

En effet, si le modèle peut disposer d'un niveau de détail important, sa capacité de travail peut ne pas être aussi développée. Par capacité de travail on entend capacité de partage offerte par le modèle BIM.

Il existe plusieurs niveaux de maturité pour le partage BIM.

On distingue :

Niveau 1 : modèle

Une maquette numérique commence à être BIM lorsque la modélisation 3D devient orientée objet, c'est-à-dire que les éléments sont sémantiques, désignés par un nom, comme des murs, des dalles... et qu'ils contiennent des informations techniques sur leur composition (structure, isolants...). Le BIM de niveau 1 n'est pas collaboratif. Chaque acteur opère de manière autonome sur son propre modèle. Il exporte ensuite son travail dans un format commun afin que les autres participants du projet accèdent à la lecture des données.

¹⁸ « BIM 4D 5D 6D 7D XD, significaton de ces nouvelles dimensions? » Consulté le 25 juillet 2016.

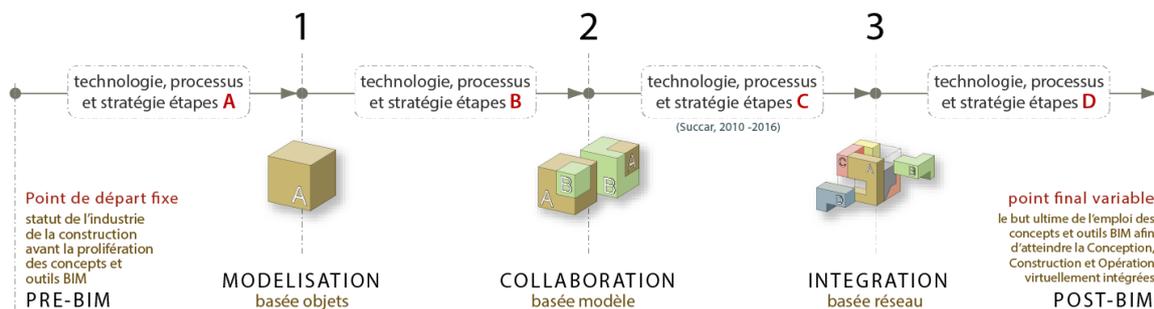
<http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/bim-2d-3d-4d-5d-6d-7d-xd>.

Niveau 2 : collaboration

Le travail devient collaboratif. Les acteurs utilisent encore leur propre modèle mais ils peuvent les échanger pour compiler les informations et aboutir à un modèle central unique. Cependant les échanges ne se déroulent pas en temps réel et nécessite de la coordination.

Niveau 3 : Intégration

On franchit le pas du travail connecté avec le niveau 3. Le modèle de travail est alors disponible en temps réel pour tous les acteurs sur un réseau d'échange (Serveur BIM). Il est possible de travailler simultanément sur les différents domaines du modèle (architecte, ingénieurs, client...).



1. Les trois phases de la capacité BIM¹⁹

➤ Le mode d'échange

L'intérêt du BIM portant en grande partie sur la qualité des échanges entre les acteurs, il reste à évoquer le mode de ces échanges, en particulier sur le plan technique.

Pour pouvoir recevoir et/ou lire les informations d'une maquette numérique, faut-il un logiciel commun ?

On peut, en effet, utiliser un logiciel commun entre les partenaires pour travailler sur un modèle BIM. Il s'agit de la solution la plus aisée pour ne pas perdre de données. Mais cela nécessite d'avoir tous le même niveau des versions logiciels et donc d'avoir fait exactement le même investissement matériel et humain (formation). Ceci peut être possible dans le cas de petites structures en partenariats. Cependant, dès que les acteurs se diversifient, la correspondance matérielle devient de plus en plus difficile. Même si les entreprises incluent le travail sous certains logiciels comme condition à leur coopération, le continuum a du mal à se maintenir.

Pour contrer ce problème, un format d'échange a été inventé dans les années 90. Il s'agit du format IFC (Industry Foundation Classes), aujourd'hui très répandu dans les logiciels BIM. Il est né d'une initiative internationale représentée par l'organisation BuildingSmart²⁰. Cet

¹⁹ « Apprendre le BIM, se former au BIM ». Consulté le 20 juillet 2016. <http://www.objectif-bim.com/index.php/apprendre-le-bim/lecon-13-l-index-de-maturite-bim>. – issue des travaux de Bilal SUCCAR

²⁰ « About buildingSMART | buildingSMART | buildingSMART ». Consulté le 26 juillet 2016. <http://buildingSMART.org/about/about-buildingsmart/>.

organisme gère le développement du format et de ses applications. Il est aussi un intermédiaire entre les développeurs.

On peut définir l'IFC en reprenant le travail de Elodie HOCHSCHEID dans son mémoire « *Développement des échanges de fichiers entre deux acteurs de la construction* »²¹ :

« L'IFC est un format orienté objet qui permet de stocker des informations géométriques et non géométriques du projet et de le partager au sein d'une équipe multidisciplinaire, qui utilise des logiciels différents. Il est basé sur une structure STEP (STandard for the Exchange of Product model data). »

Le format IFC permet donc un transfert libre de données créées sous des formats propriétaires.

Malgré tout, ce format libre peut perdre des données en fonction de son logiciel de création et de son logiciel de lecture. Il reste donc imparfaitement fiable. Un long travail de développement reste à faire avant d'obtenir un format parfaitement lisible par tous.

➤ **Les applications du BIM**

Le BIM est avant tout un **outil de conception** et de production des livrables pour le bâtiment et le génie civil. On peut l'employer pour un large éventail de projets : des constructions neuves dans des projets de taille importante aux réalisations de projets impliquant du bâti existant ou des édifices à valeur patrimoniale.

Il offre de manière générale un **gain de temps en amont de tous les projets**.

Actuellement les plus grands concepteurs proposent des logiciels employant une méthode BIM. Il faut rester vigilant quant aux dénominations BIM qui ne sont pas totalement uniformisées et peuvent recouvrir des définitions différentes. Le BIM reste encore largement non maîtrisé tant dans sa sémantique que dans son aspect technique.

Les logiciels AllPlan de Nemetschek Company, Revit de Autodesk et Archicad de Advent sont actuellement les outils BIM les plus répandus à travers le monde.

➤ **Bilan**

Le BIM propose déjà de nombreuses solutions sur les moyens d'échanges nécessaires à sa pratique. Mais ils ne sont pas encore totalement opérationnels techniquement. Comme le numérique, il continue son évolution.

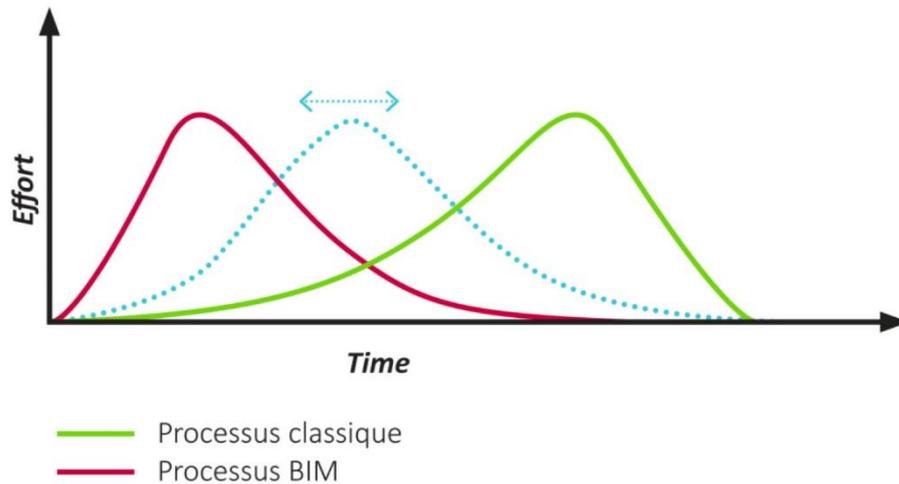
On assiste à une modernisation des outils qui évoluent parallèlement aux autres technologies de l'information. Un profond changement s'effectue dans le milieu des outils de conception et donc dans la manière dont vont opérer les futurs architectes.

Le métier d'architecte doit intégrer ce changement.

²¹ E.HOCHSCHEID, 2016, « *Développement des échanges de fichiers entre deux acteurs de la construction* » mémoire de fin d'étude, MAP-CRAI

« La maquette numérique et le BIM ne révolutionnent donc pas l'acte de construire et chacun des acteurs continue à jouer sa partition. En revanche, en modifiant largement les processus de conception, ils le modernisent. »

1. Extrait de la plaquette « Le BIM : un atout pour l'architecture »²²



1. « Time-effort distribution curves: qualitative analysis »²³

Comme le montre la courbe de distribution des efforts, issue de l'étude « *Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?* », on ne change pas l'effort nécessaire à la conception mais sa distribution dans le temps. On transfère les moyens sur d'autres outils.

Ce nouvel outil nécessite une refonte des relations entre les acteurs et une organisation de traitement des données.

²² « Le BIM : un atout pour l'architecture », ordre des architectes, juillet 2015

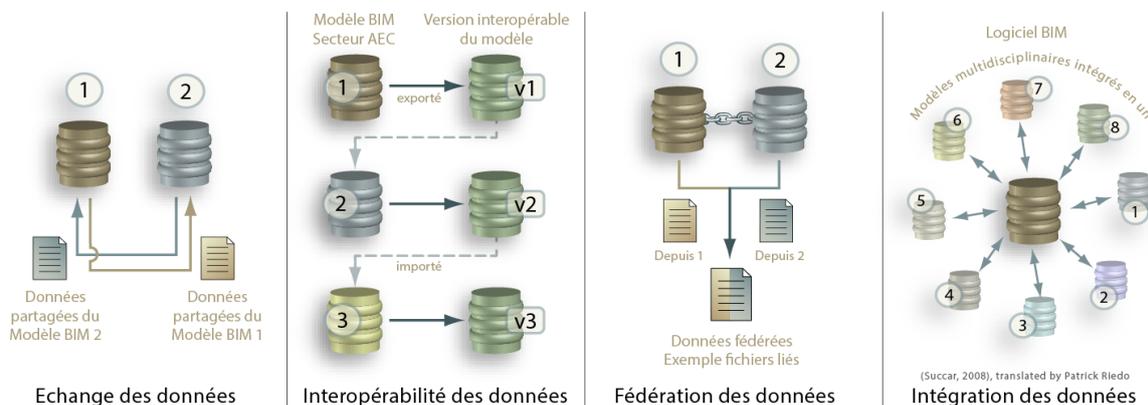
²³ ARANDA-MENA, Guillermo, CRAWFORD, John, CHEVEZ, Agustin, *et al.* Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2009, vol. 2, no 3, p. 419-434. document mis à jour dans Elodie Hochscheid, « Développement des échanges de fichiers entre deux acteurs de la construction » Septembre 2015, Master AME, ENSA Nancy p 28

II.2. Les conventions BIM

L'une des grandes problématiques du BIM est l'organisation des échanges. Les professionnels du bâtiment doivent développer une nouvelle stratégie pour échanger.

L'ère numérique a diversifié les outils et augmenté la vitesse et le volume des échanges numériques. Il est donc nécessaire de trouver un moyen de réorganiser les rapports pour passer progressivement au travail collaboratif.

Ce problème d'organisation, connu depuis de longues années dans l'industrie, a déjà été pris en compte par les principaux acteurs du BIM. La solution réside, en partie, dans la **réalisation entre les partenaires de conventions d'échange, appelées convention BIM ou Convention d'exécution BIM**. Elles fournissent un cadre organisationnel et juridique dans la répartition des tâches, des vérifications et des procédés d'échanges.



1. Modèles d'échanges de données dans le cas de projet pré- BIM à BIM intégré

➤ Notion de convention

La notion de convention de travail emprunte à celle des contrats l'ensemble de son cadre. La convention génère des droits et des devoirs entre les intéressés.

Les conventions BIM ont le double objectif **d'organiser le travail** et **d'établir les responsabilités de chacun**. Cependant, les acteurs impliqués et échangeant autour d'une maquette sont nombreux. Leur nombre complique la méthode d'organisation.

Il n'existe donc pas un contrat universel. Les termes s'écrivent en fonction du contexte.

Une convention doit définir et faire apparaître au moins les éléments suivants :

- La liste des acteurs
- La liste des logiciels et formats utilisés
- les compétences de chacun
- Les responsabilités de chaque acteur
- L'organisation de la chaîne de validation et d'échanges

- Le niveau de détail à atteindre (pour la conception, fabrication ou la maintenance)
- Le planning

- **Les acteurs :**

Le processus doit faire l'unanimité de chacun pour fonctionner. Il doit donc être discuté et ratifié par l'ensemble de la chaîne de travail. Pour cela, il faut bien prendre en compte l'ensemble des entreprises impliquées. Même si toutes n'agissent pas directement sur la maquette numérique, elles auront besoin d'accéder à ses informations. Il faut donc être au fait des capacités techniques de chacun pour la possibilité de lire ou non le modèle BIM.

Nous allons lister les acteurs présents dans un projet et expliquer son rôle et son interaction pour la maquette BIM.

On peut donc définir les cinq principales catégories (préalablement citées dans « le fonctionnement du BIM ») :

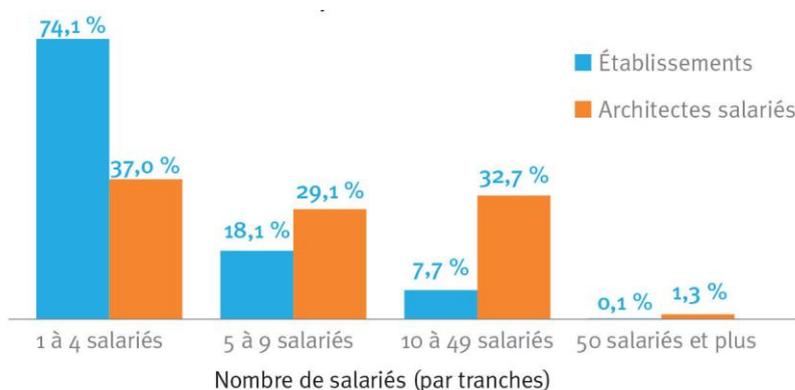
- **Le maître d'œuvre** : le bureau d'architecture se trouve au centre des échanges. Concerné par l'ensemble du processus de conception, il est impliqué généralement par la majorité des phases du projet. Il s'applique à remplir les objectifs définis par le maître d'ouvrage. Il est responsable de la bonne conduite de la création de l'ouvrage. Il est donc le principal acteur de la maquette numérique. L'ensemble des documents y transiteront.
- **Le maître d'ouvrage** : Intervenant principal, il est le destinataire de l'édifice. Il définit donc les objectifs du projet ainsi que les moyens qui y seront alloués. Il est mis au courant de l'évolution de chaque phase et est le destinataire final de l'ensemble des documents concernant le bâtiment et son entretien.
- **Les entreprises** : elles sont multiples dans leurs expertises et missions. Nous pouvons y inclure les bureaux d'étude et les différents corps d'état. Il y a une large diversité de spécialités et de compétences techniques. Elles n'interviendront pas toutes dans la conception du modèle mais seront destinataires des documents émis par le modèle.
- **Le bureau de contrôle** : le contrôle de l'édifice sera effectué en tout temps, il est donc un acteur intermittent mais présent tout au long du projet.

Ces cinq catégories peuvent être présentes plusieurs fois dans un projet. On peut par exemple avoir plusieurs maîtres d'œuvre. Tout dépendra du projet et de sa dimension.

- **Les agences concernées**

L'ensemble des acteurs d'un projet d'architecture est concerné par la démarche. Cependant, on peut s'interroger sur la nécessité d'appliquer la procédure BIM à tous les projets, quelle que soit leur taille.

S'il paraît évident que dans le cas d'un projet complexe impliquant de nombreux acteurs, la procédure BIM contribue à fixer le cadre et faciliter les échanges, on peut se poser la question de son utilité pour des projets modestes.



1. Structure du secteur de l'architecture par tranches d'effectif salarié en 2010²⁴



2. Répartition du nombre du nombre de salariés dans les entreprises du BTP²⁵

En France, près de **75% des cabinets d'architecture ont entre 1 et 4 salariés.**

Plus des trois quarts des entreprises du BTP ont un effectif ne dépassant pas 9.

Les différents acteurs sont donc en majorité des petites structures. On peut légitimement se questionner sur leurs capacités techniques et humaines pour mettre en place une méthode qui peut apparaître complexe.

Mais si on prend l'ensemble des acteurs présents sur un projet (un maître d'œuvre, un maître d'ouvrage, un bureau d'étude, 5 corps d'état au minimum et un bureau de contrôle) on a, au moins, 8 entreprises distinctes ayant un usage totalement différent des outils numériques pour un projet d'immeuble de taille moyenne avec 20 personnes concernées. Pour maintenir un travail de qualité, ces 20 personnes doivent se coordonner et établir des règles et des contrats.

²⁴ Ordre des Architectes, 2015, « Archigraphie - chiffres et cartes de la profession d'architecte (2015) »

²⁵ « Les entreprises - Observatoire des métiers du BTP ». Consulté le 30 juillet 2016. <http://www.metiers-btp.fr/les-chiffres/les-entreprises.html>.

La plupart des contrats ne couvrent que la partie traditionnelle des rapports entre les entreprises. On mentionne peu l'organisation numérique du travail et les coûts occasionnés.

Une convention BIM est donc aux dimensions de la majorité des agences d'architecture en France et peut justifier le développement du BIM et du travail collaboratif dans la filière.

L'organisation d'une convention peut s'appliquer à tous types de projets et donc à toutes les tailles d'agence. Il en reste que la forme sous laquelle elle va s'exprimer dépendra du nombre d'acteurs impliqués. Dans tous les cas, cette méthode de travail peut conduire à des gains de temps et d'efficacité.

➤ **La forme de la convention**

Il existe différentes méthodes pour établir les conventions. On peut les représenter sous forme d'un contrat écrit détaillé, sous forme d'un accord de principe entre acteurs ou encore sous forme graphique.

Les travaux menés sur les conventions BIM nous offrent un large échantillon de ces techniques. Depuis 2007, trois acteurs du bâtiment ont publié des conventions BIM : BuildingSmart, AIA (American Institut of Architects) et Mediaconstruct (représentant de BuildingSmart en France). D'autres projets universitaires sur les conventions BIM ont aussi été supportés par BuildingSmart.

- **L'accord tacite**

Une convention peut être établie de manière non formelle entre les différents participants. Par habitude, des personnes travaillant souvent ensemble établissent des méthodes d'organisation communes. Elles sont non rédigées et n'engagent pas juridiquement la responsabilité de chacun. Elles se basent sur la confiance et la bonne volonté.

De nombreuses petites entreprises lient des conventions de ce type de manière innées. L'avantage d'une telle démarche est sa facilité de mise en place et le peu d'investissement nécessaire. Cette forme légère offre aussi de nombreux inconvénients. Cet accord ne permet pas de fixer clairement les limites du travail de chacun en cas de litiges. Plus les acteurs sont nombreux, plus il sera difficile de maintenir l'accord. De plus, cette forme de relation ne fonctionne que pour des entreprises ayant une longue expérience de travail en commun.

On peut donc se demander si cette forme peut survivre à un monde du travail impliquant de plus en plus d'acteurs différents. Elle ne semble pas adaptée aux contraintes d'un travail BIM professionnel qui implique des acteurs variés et non permanents.

- **Un contrat écrit**

Un contrat écrit offre un cadre strict entre les partenaires et pose des limites claires. L'institut américain des architectes a publié en 2008 **le document E202**. Il s'agit d'un **modèle de contrat** permettant de lier les acteurs sur la gestion de la maquette numérique. Il offre un format type de contrat à l'aspect très conventionnel (voir illustration 1) où les acteurs sont engagés juridiquement entre eux. Il décrit la mise en place du protocole d'échange, des profils et des responsabilités.

 **AIA** Document E202™ – 2008

Building Information Modeling Protocol Exhibit

This Exhibit is incorporated into the accompanying agreement (the “Agreement”) dated the _____ day of _____ in _____ the year _____
(In words, indicate day, month and year.)

BETWEEN:
(Name, address and contact information, including electronic addresses)

This document has important legal consequences. Consultation with an attorney is encouraged with respect to its completion or modification.

AND:
(Name, address and contact information, including electronic addresses)

for the following Project:
(Name and location or address)

TABLE OF ARTICLES

- 1 GENERAL PROVISIONS
- 2 PROTOCOL
- 3 LEVEL OF DEVELOPMENT
- 4 MODEL ELEMENTS

ARTICLE 1 GENERAL PROVISIONS

§ 1.1 This Exhibit establishes the protocols, expected levels of development, and authorized uses of Building Information Models on this Project and assigns specific responsibility for the development of each Model Element to a defined Level of Development at each Project phase. Where a provision in this Exhibit conflicts with a provision in the Agreement into which this Exhibit is incorporated, the provision in this Exhibit will prevail.

§ 1.1.1 The parties agree to incorporate this Exhibit by reference into any other agreement for services or construction for the Project.

Init.

AIA Document E202™ – 2008. Copyright © 2008 by The American Institute of Architects. All rights reserved. **WARNING: This AIA® Document is protected by U.S. Copyright Law and International Treaties. Unauthorized reproduction or distribution of this AIA® Document, or any portion of it, may result in severe civil and criminal penalties, and will be prosecuted to the maximum extent possible under the law.** Purchasers are permitted to reproduce ten (10) copies of this document when completed. To report copyright violations of AIA Contract Documents, e-mail The American Institute of Architects' legal counsel, copyright@aia.org.

1

1. Première page du document E202²⁶

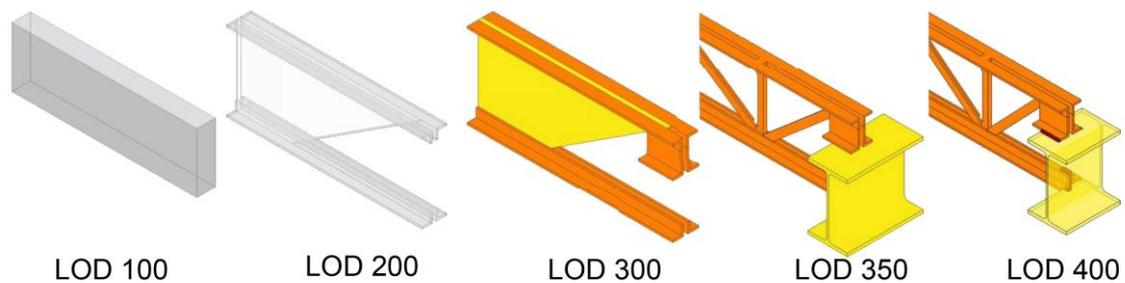
²⁶ « AIA Contract Documents E-Series: Exhibits - The American Institute of Architects ». Consulté le 30 juillet 2016. <http://aia.org/contractdocs/AIAS076751>.

Cette présentation très standardisée définit une convention d'échange.

Elle fixe cinq niveaux de détails (LOD : Level Of Development) et deux acteurs (Architecte et Entreprise Générale).

- Level of Development

La mise en place de niveaux de détail dans le **E202** concorde avec les travaux apparus, dès 2004, du système L.O.D par Vico Software²⁷. La société édite une notice définissant 5 niveaux principaux, dans le but de créer une norme nationale unique aux États-Unis. Cet élément est loin d'être anodin car il pose **une premier cadre normatif pour des éléments BIM** et crée un **langage commun** pour toutes les conventions BIM dans ce pays.



2. Exemple du niveau de détail des différents L.O.D américain²⁸

Les deux acteurs principaux du projet devront se partager les tâches sur la maquette numérique et définir chacun le niveau de détail à atteindre pour tous les éléments (voir illustration 2).

Cette première approche clarifie deux points majeurs : les niveaux de détail exigés entre acteurs et le champ d'intervention. Le document prend donc en compte les compétences de chaque partie et le niveau de développement de la maquette numérique.

Mais il reste très partiel dans l'approche des échanges ainsi que dans la vérification du travail de chacun. En effet, on a une répartition claire des tâches mais aucune communication durant leur exécution. Le nombre de participants est de plus très réduit, se limitant à seulement l'architecte et le bureau d'étude.

C'est le premier document établissant une convention BIM publié par un organisme officiel.

²⁷ « LOD Workflow Support in Vico Office | Implementing the MPS ». Consulté le 5 août 2016.

<http://www.vicosoftware.com/agc-bimforum-denver-prefabrication/lod-workflow-in-vico-office-mps>.

²⁸ BIMForum, 2015, "Level of Development Specification ©"

- **Un modèle d'échange**

Au même moment, BuildingSmart publie une version de convention BIM²⁹, le « **Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods** »³⁰. Celle-ci s'axe alors sur les échanges de dossiers et en particulier la place de l'IFC. Il n'est pas étonnant que l'organisme fondateur de ce format, expose les moyens de l'utiliser dans le cadre d'un projet. Le projet IDM (Information Delivery Manual) se place dans la suite logique de la démarche d'ouverture des échanges.

Le document expose de manière complète la démarche de l'IFC et les avantages d'un usage organisé des échanges avec celui-ci. Il expose donc une méthodologie d'échanges entre les différentes parties concernées. Il tend à l'adresser à la fois aux professionnels du bâtiment mais aussi aux développeurs. **Quatre principaux objectifs** sont définis :

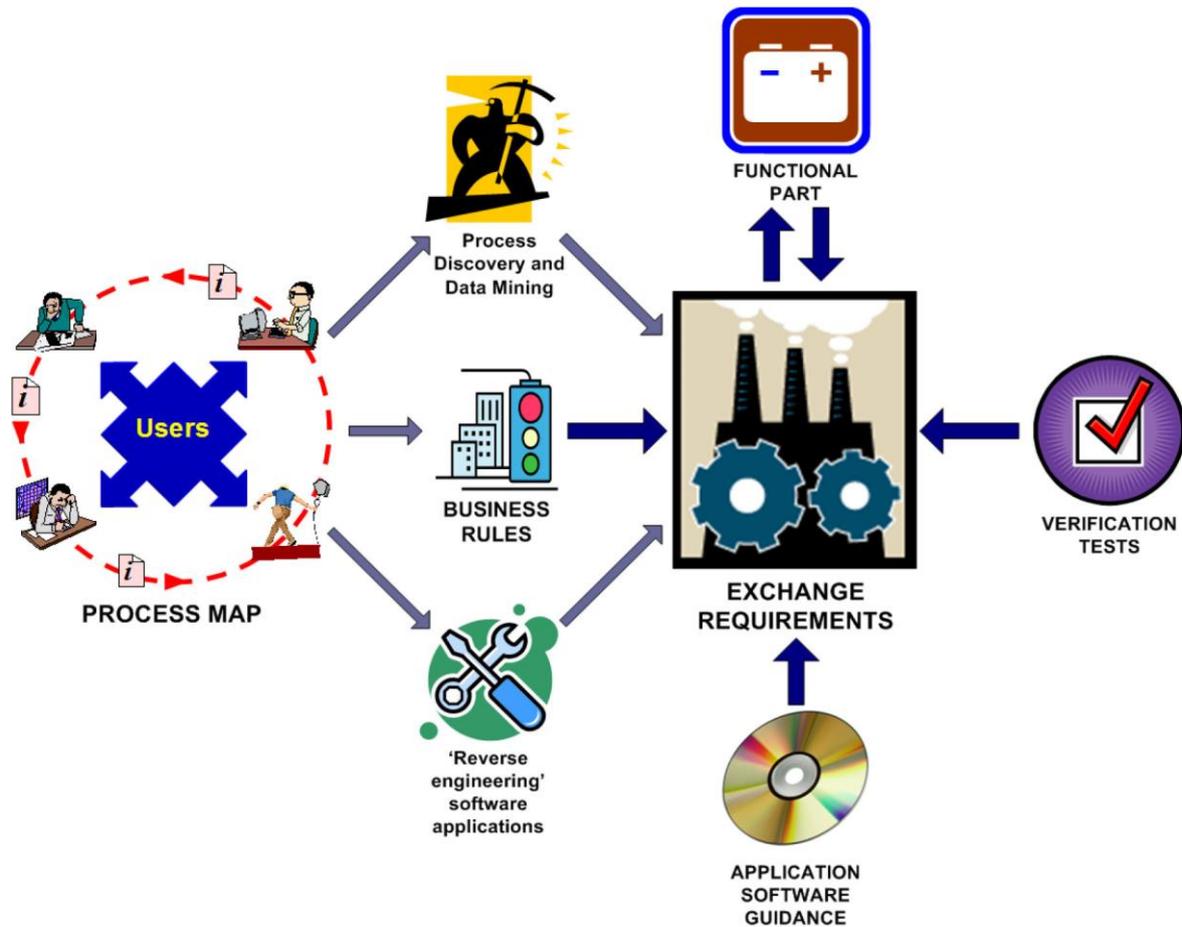
- Rendre l'échange d'informations entre les participants d'un projet plus fiable
- Améliorer la qualité de l'information
- Améliorer la prise de décision
- Rendre les projets BIM plus efficaces

Ce document de 84 pages est bien plus complet de celui de l'AIA, mais offre une approche plus conceptuelle que pratique. En effet, le document reste dans la démarche expérimentale et expose une approche mêlant une programmation mathématique et graphique. Pour autant il s'efforce d'exposer de la manière la plus complète possible tous les éléments nécessaires à la mise en œuvre d'une convention. Il définit pour cela l'ensemble des fonctions techniques à approcher et le défi de la gestion des données. **Cette approche relativement complète reste difficile d'accès pour le non spécialiste du domaine.**

Pour comprendre cette démarche, un schéma phare sort de ce guide (voir document 3). Il regroupe l'ensemble des éléments nécessaires à la mise en place d'une solution pérenne pour l'évolution des techniques d'échanges. Chaque partie de ce schéma est décomposée et analysée dans l'IDM.

²⁹ « Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods — buildingSMART International User Group ». Consulté le 5 juillet 2016.
http://iug.buildingsmart.org/idms/development/IDMC_004_1_2.pdf/view.

³⁰ BuildingSmart ,iug/idmc, 05/12/10, ver.1.2 ,“*Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods*”

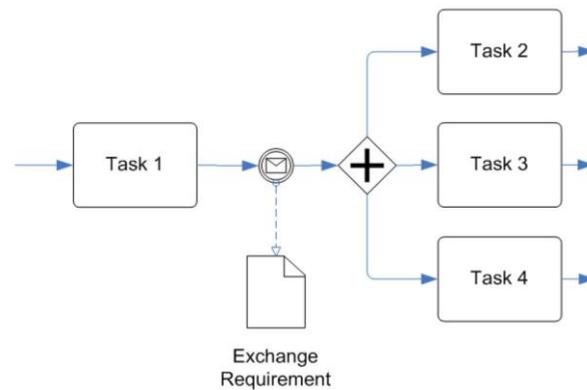


3. Schéma récapitulatif de la démarche du « *Information Delivery Manual* »³¹

Les besoins nécessaires au processus d'échange sont nombreux. **Ils cumulent l'ensemble des besoins de travail d'une entreprise. On y retrouve les besoins commerciaux, les impératifs logiciels et techniques ainsi que l'ensemble du processus décisionnel et créatif.** L'orientation du manuel sur les besoins techniques se voit clairement par la part importante du schéma orientée sur la gestion des logiciels et les données. Cette partie exposée en détail ainsi que l'approche très orientée sur la gestion du fichier informatique font que ce document est difficilement maîtrisable par les professionnels de la conception, qui ne sont pas habitués aux termes techniques de la programmation informatique. Il pose pourtant la base d'un certain nombre de systèmes et de représentations utiles à l'organisation et offre un début d'approche des relations entre acteurs par le système BPMN.

³¹ BuildingSmart ,iug/idmc, 05/12/10, ver.1.2 ,*"Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods"* p 47

- **Le Business Process Model Notation**



4. Schéma de relation entre plusieurs acteurs impliquant des contraintes d'échanges³²

Le **BPMN (Business Process Model Notation)**³³ est un langage graphique mis au point par *Object Management Group* en 2006 (anciennement Business Process Management Initiative³⁴). Il se compose d'éléments de base pour être le plus simple et compréhensible possible. Des éléments spéciaux peuvent venir enrichir le graphique. Il est à la fois **simple dans sa représentation mais riche dans ses informations**. Il est employé par un grand nombre d'entreprises pour décrire des processus de travail ou de production. L'emploi de cette codification clarifie nettement les process à employer pour les échanges dans le cadre du BIM et le rend plus accessible.

- **Un système mixte**

- En 2010 est publié le « **BIM Project Execution Planning Guide, version 2** »³⁵. Ce document est né de la collaboration de *BuildingSmart*, de l'université de l'état de Pennsylvanie, de la fondation Charles Pankow et de *Construction Industry Institut*. (La première version ayant été réalisée par l'université de l'état de Pennsylvanie dans le cadre du cours éponyme.)

Il a pour but de participer à la rédaction du « *National Building Information Modeling Standard™* » américain (NBIMS). Il cherche à définir une **méthode de référence pouvant aider le transfert de données ainsi que l'organisation des tâches des acteurs** d'un projet BIM. Il cherche non pas à se concentrer sur le format de fichier comme le faisait le **Information Delivery Manual** mais à s'orienter sur le processus organisationnel des équipes.

³² BuildingSmart ,iug/idmc, 05/12/10, ver.1.2 , "Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods" p 29

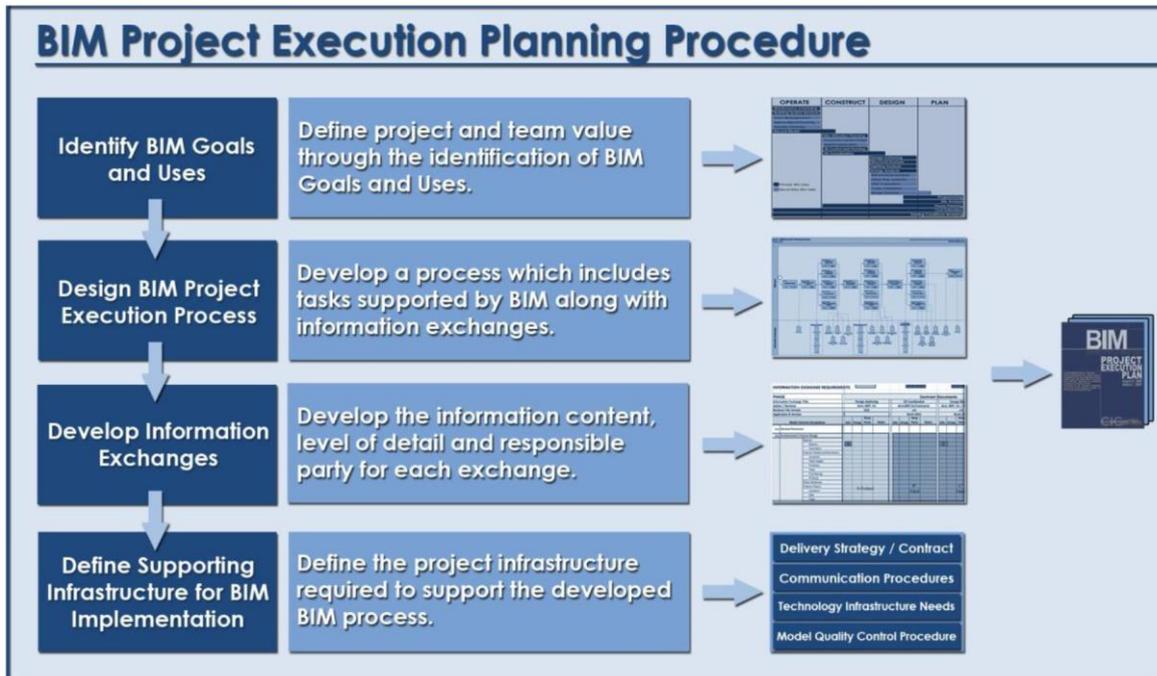
³³ « BPMN Specification - Business Process Model and Notation ». Consulté le 2 août 2016. <http://www.bpmn.org/>.

³⁴ « About the Object Management Group ». Consulté le 3 août 2016. <http://www.omg.org/gettingstarted/gettingstartedindex.htm>.

³⁵ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

Pour cela, il propose une **démarche en quatre grandes étapes** :

- Identifier le but de la maquette BIM et ses utilisateurs
- Concevoir un process d'exécution BIM
- Développer les échanges d'information
- Définir les infrastructures pour l'emploi du BIM



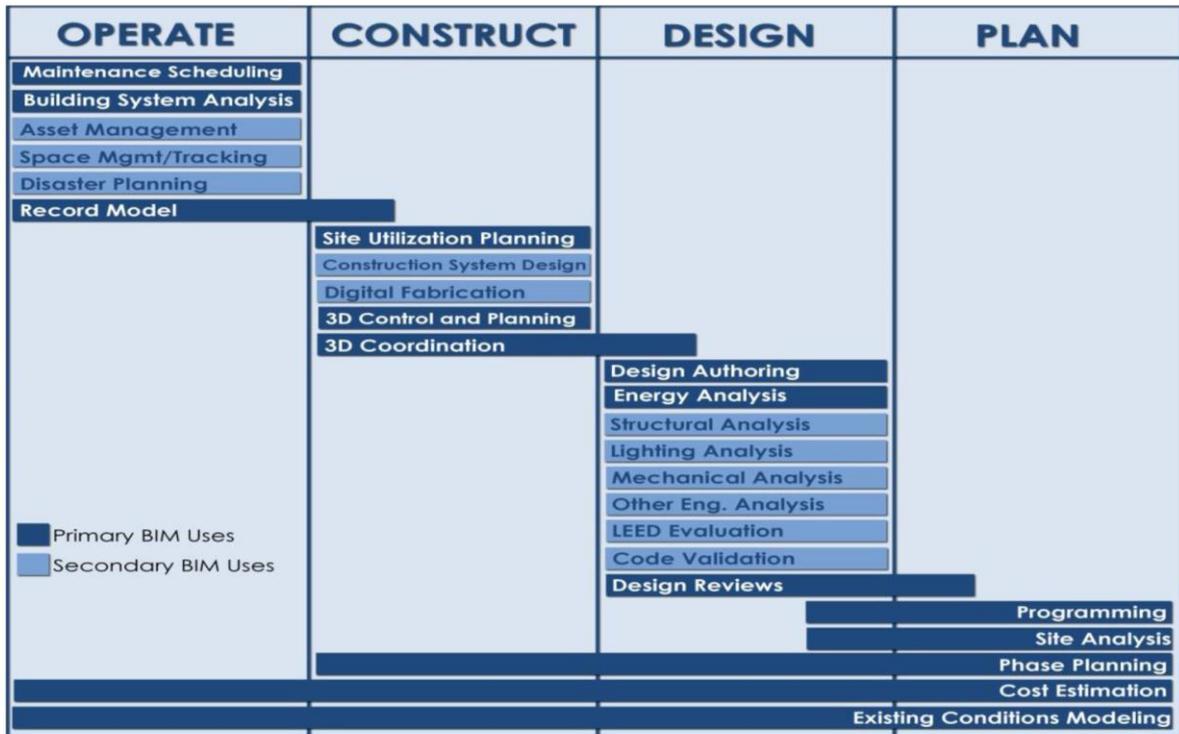
3. Tableau récapitulatif de la démarche du **BIM Project Execution Planning Guide**³⁶

Cette approche permet à la fois d'intégrer le but à long terme du modèle BIM produit, les capacités et responsabilités de chacun, les niveaux de détail, les formats d'échanges ainsi que les besoins matériels pour sa mise en place. **Il offre pour le moment, l'approche la plus globale dans la démarche de projet.**

³⁶ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Page 11

- **Etape 1 : Identifier le but de la maquette BIM et ses utilisateurs**

Pour identifier les éléments qui seront implantés dans la maquette BIM, il est proposé de faire un rétro planning à partir de l'élément le plus évolué demandé.



6. Rétro planning des fonctions offertes par le BIM³⁷

Une fois le planning d'usage établi, il est nécessaire de clarifier les relations qui seront à établir dans le cadre du projet.

³⁷ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Page 20

- **Etape 2 : Concevoir un process d'exécution BIM**

On cartographie l'ensemble des acteurs et leur position dans le travail. Cet inventaire permet de poser les responsabilités de chacun dans le processus créatif et ainsi d'établir une hiérarchie dans la conduite du projet. L'usage d'un langage normé comme le BPMN permet de créer un document qui pourra être réutilisable dans le temps pour le cabinet d'architecture ou pour les autres entreprises concernées.



7. modèle de représentation d'une tâche dans un processus ³⁸

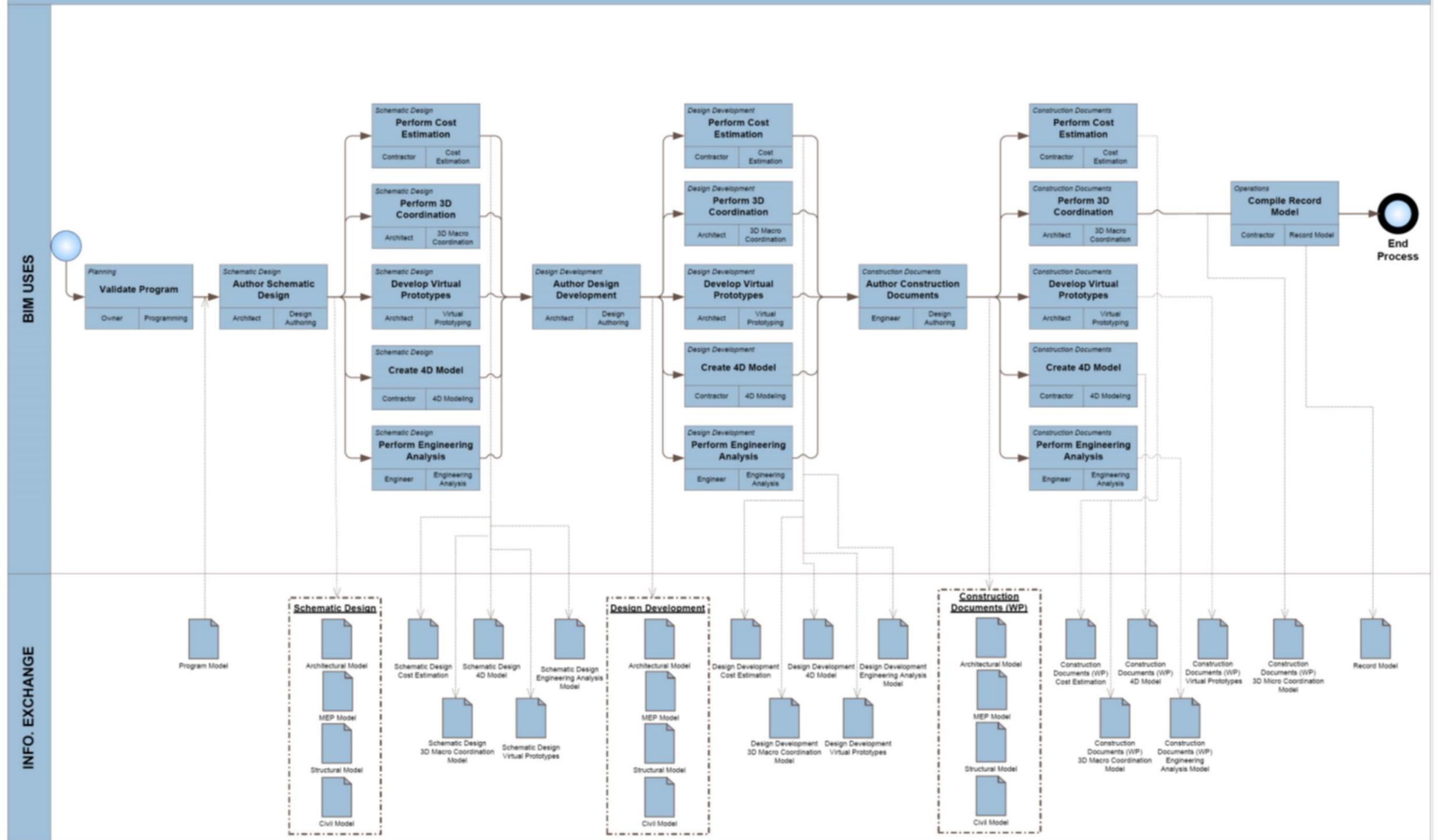
Cette étape, précédemment ébauchée par le **Information Delivery Manual** prend une importance prédominante. Il est en effet demandé de détailler le processus entre les entreprises (voir document 8), mais aussi le processus interne à chaque acteur pour pouvoir avoir une compréhension des relations d'échange la plus fine possible. On a ainsi différentes échelles d'organisation permettant au gestionnaire de tracer la chaîne de l'ensemble des éléments produits et donc de clarifier les responsabilités de chacun en cas de litige

³⁸ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Page 25

Level 1: BIM Execution Planning Process

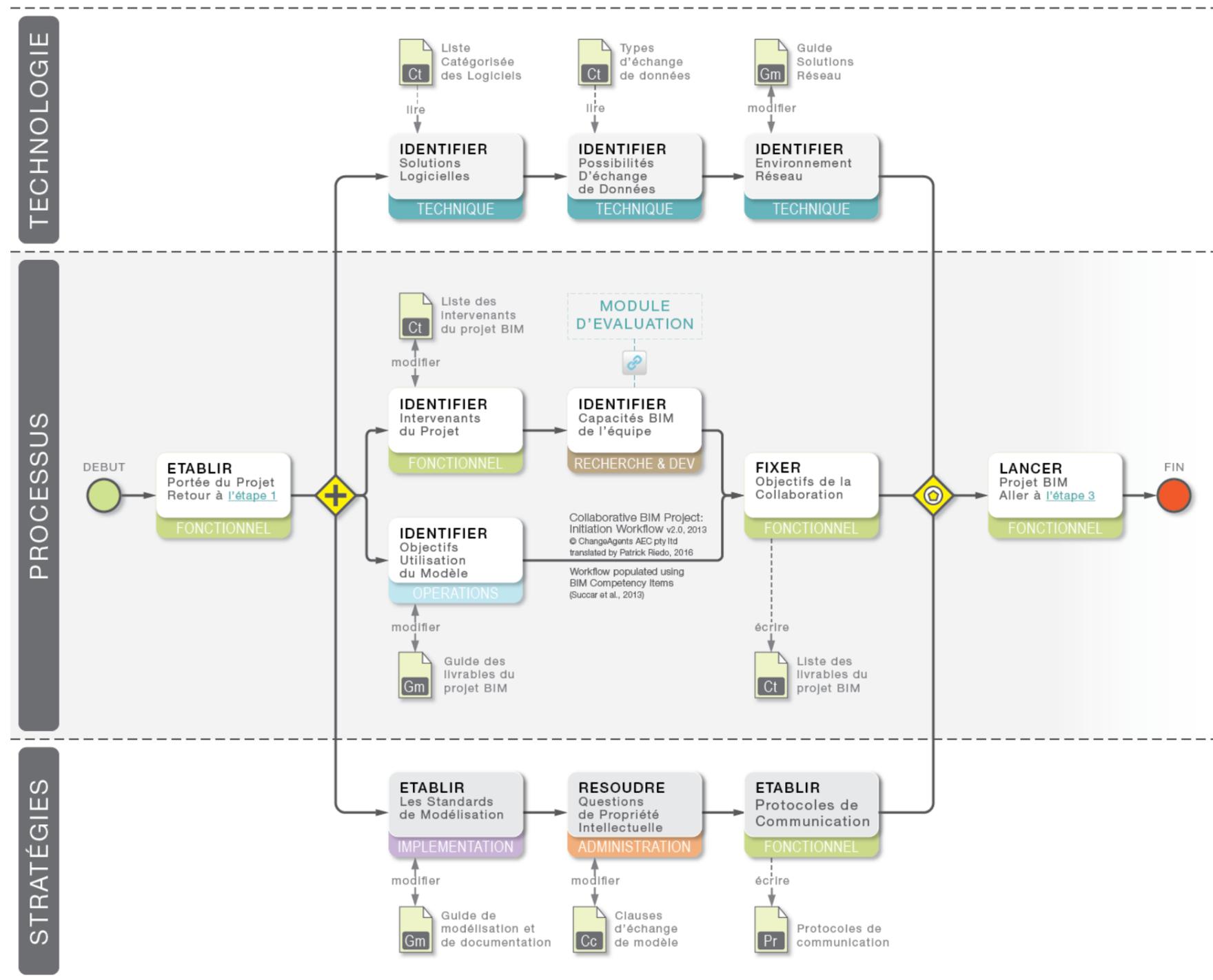
Project Title

Developed with the BIM Project Execution Planning Procedure by the Penn State CIC Research Team.
<http://www.engr.psu.edu/aec/cic/bimex>



8. Relations entre les entreprises³⁹

³⁹ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Page 96



9. Modèle relationnel pour convention BIM en français⁴⁰

⁴⁰ « Apprendre le BIM, se former au BIM ». Consulté le 20 juillet 2016. <http://www.objectif-bim.com/index.php/apprendre-le-bim/lecon-13-l-index-de-maturite-bim>.

A l'organigramme s'ajoute, à chaque interaction, une liste des types de documents qui seront échangés entre les participants. On a ainsi un schéma global reliant fonctionnement, relations, hiérarchie et documents échangés. Ce **schéma d'organisation permet à chacun de comprendre rapidement l'ensemble de la chaîne.**

- **Etape 3 : Développer les échanges d'information**

Une fois ce document établi, il faut détailler les documents qui seront échangés. Ils sont représentés dans l'organigramme principal mais restent vague dans leur niveau de détail. Il est alors possible de définir un tableau décrivant les différents composants du modèle numérique.

Information		Responsible Party	
A	Accurate Size & Location, include materials and object parameters	ARCH	Architect
		CON	Contractor
B	General Size & Location, include parameter data	CE	Civil Engineer
		FM	Facility Manager
		MEP	MEP Engineer
C	Schematic Size & Location	SE	Structural Engineer
		TC	Trade Contractors

A
Output

=

B'
Input

+

C'
Input

+
Additional Information

				A OUTPUT			B' INPUT			C' INPUT		
Information Exchange Title				Design Authoring			3D Coordination			Energy Analysis		
				OUTPUT			INPUT			INPUT		
Time of Exchange (SD, DD, CD, Construction)				N/A			DD			DD		
Model Receiver				N/A			C, TC			MEP		
Receiver File Format												
Application & Version												
Model Element Breakdown				Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes	Info	Resp Party	Notes
B	SHELL											
	Superstructure											
		Floor Construction		B	A		B	A		B	A	
		Roof Construction		B	A		B	A		B	A	
	Exterior Enclosure											
		Exterior Walls		B	A		A	A		B	A	R Value
		Exterior Windows		B	A		B	A		A	A	Rvalue
		Exterior Doors		B	A					C	A	
	Roofing											
		Roof Coverings		B	A							
	Roof Openings		B	A		A	A		B	A		
C	INTERIORS											
	Interior Construction											
		Partitions		B	A		B	A		B	A	
		Interior Doors								C	A	
		Fittings		B	A		B	A			A	
	Stairs											
		Stair Construction		B	A		B	A		B	A	
		Stair Finishes										
	Interior Finishes											
		Wall Finishes								B	A	Reflectance
	Floor Finishes								B	A	Reflectance	
	Ceiling Finishes								B	A	Reflectance	
D	SERVICES											

Figure 4-2: Information Exchange Worksheet Example

- Output Inadequacy (Revise Information) OR
- Input Inadequacy (Revise Responsible Party)

10. exemple d'un tableau d'organisation des échanges⁴¹

⁴¹ Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. Page 34

Un listing complet de chaque tâche avec son niveau de détail et son destinataire est alors nécessaire. Chaque élément de la maquette BIM est pris en compte.

Pour chaque document produit, on établit les catégories d'utilisations concernées pour le modèle. Une échelle de détail est fixée pour l'ensemble des composants à produire. A celle-ci s'accolle un tableau récapitulatif des acteurs responsables.

Avec ces données de base, il est alors possible d'annoter l'ensemble du tableau. Il fait correspondre la liste des éléments modélisés avec leur utilisation dans les différentes phases de projet. On a donc un niveau de détail et un acteur responsable pour chaque élément modélisé et pour chaque étape de la modélisation (conception, simulation, coordination..). Cette subdivision permet de mettre en évidence les manquements qui pourraient s'opérer.

Dans le cas du tableau du document 9, on voit que 3 catégories sont présentes :

A « conception », B « coordination de la 3D » et C « analyse énergétique ».

La partie centrale est la A car la conception établit l'ensemble des documents qui permettront au B et au C de faire leur travail. Les éléments présents en B et C doivent être présents en A pour exister. Mais on remarque (avec les cases rouges dans le tableau), que toutes les finitions intérieures nécessaires à C ne sont pas définies en A. Ainsi, on peut prévoir que la partie conception n'a pas pris en compte assez d'éléments pour rendre le modèle BIM efficace.

Cette démarche permet de vérifier si tout a bien été planifié. De plus l'utilisation de la forme tableau permet une diffusion facile et rapide entre les entreprises.

- Etape 4 : Définir les infrastructures pour l'emploi du BIM

Le ***BIM Project Execution Planning Guide*** présente une dernière étape : la définition des infrastructures nécessaires à la mise en place du BIM. Cela regroupe l'ensemble des informations sur les documents à livrer, les informations du projet, l'infrastructure numérique... et concerne tous les éléments physiques nécessaires à la bonne conduite du projet et des échanges.

Le processus logique du ***BIM Project Execution Planning Guide*** permet d'aller du général au **plus descriptif**, offrant à son lecteur une lecture plus agréable et claire. Son approche prend en compte l'ensemble des aspects humains (compétences, relations...), organisationnels (process, tableaux, schémas...), juridiques (responsabilité...) et techniques. Il établit un exemplaire de tous les documents nécessaires à la mise en place qu'il propose tout en offrant un exemple de leur utilisation. **Il est de fait l'un des documents les plus aboutis.** Sorti en 2010, il a été remis à jour partiellement dans une version de 2013 qui modernise son approche du BIM en y incluant la problématique de maturité des modèles et des approches en réseau.

Le document de 2010 offre les bases les plus complètes pour la mise en œuvre d'une convention BIM.

➤ **Mise en place d'une convention**

La mise en place d'une convention BIM est similaire à la mise en place d'une norme pour une entreprise. La convention BIM est initiée par son acteur principal, le maître d'œuvre mais est discutée par l'ensemble des partenaires de celui-ci.

Pour se figurer la mise en place, nous prendrons comme modèle la mise en place d'une norme ISO 9001, sur le **Management de la qualité**.⁴²

- ***Engagement des acteurs dans la démarche de mise en place de la convention :***

La démarche est généralement menée par le cabinet d'architecture mais nécessite **l'adhésion et la volonté** de tous les acteurs.

- ***La recherche d'un modèle de convention approprié***

L'agence doit adopter un modèle qui prend en compte les contraintes des acteurs. Cela nécessite un inventaire de ces contraintes et une analyse de son organisation (« état des lieux » du fonctionnement actuel). Il est parfois utile d'être aidé par des consultants spécialisés en BIM pour construire le modèle adapté aux besoins (outils, taille, compétence, normes...).

- ***La mise en place de ce système d'organisation entre les acteurs :***

La convention choisie est expérimentée par les différents acteurs.

- ***La vérification de l'efficacité du système mis en place :***

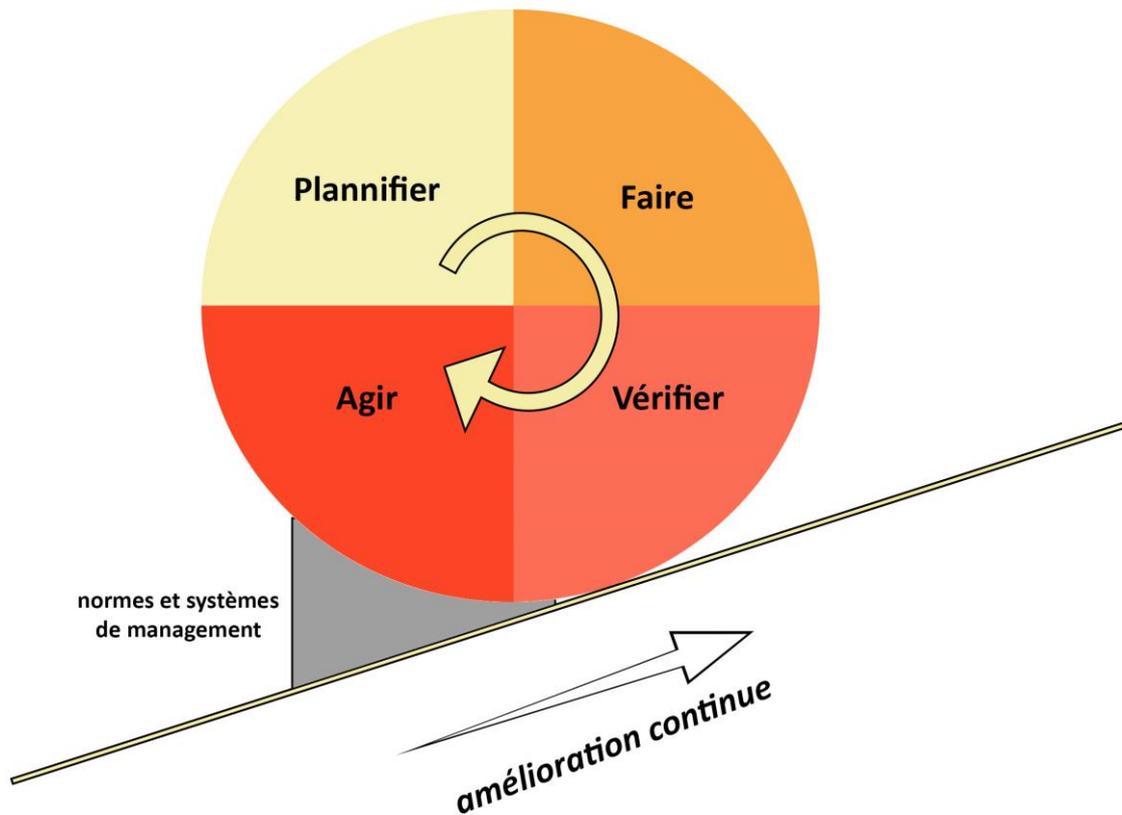
Cette étape permet de mettre en lumière, après expérimentation, les insuffisances du modèle choisi par rapport aux attentes fixées et de proposer des améliorations

- ***Améliorations du système :***

Les améliorations sont apportées pour faire évoluer le système vers une version plus adaptée.

On peut s'appuyer sur la roue de Deming, qui décrit l'amélioration constante des systèmes. Ces derniers doivent constamment être remis en question et améliorés pour gagner en productivité et compétitivité. La convention doit être remise en question tout au long de ses utilisations pour pouvoir s'adapter aux changements technologiques à venir.

⁴² « ISO 9000 management de la qualité - ISO ». Consulté le 26 août 2016. http://www.iso.org/iso/fr/iso_9000.



1. Roue de Deming

Ces différentes phases peuvent être comparées au principe de l'amélioration continue utilisé pour mettre en place un système de management de la qualité (SMQ) tel qu'il est décrit dans les normes d'organisation ISO 9001

La mise en place de conventions est donc un investissement important, difficile à mener par tous les cabinets d'architecture. La mise à disposition de modèles (normes) et l'expertise de consultants ne sont pas encore très développées en France.

- **La maitrise de la convention :**

Cette dernière étape, sert à évaluer si l'outil a été approprié par l'ensemble des acteurs. Il est maîtrisé lorsque ses utilisateurs l'emploient de manière systématique dans l'ensemble de leurs projets. Il ne ralentit pas le processus d'échange et atteint son plein objectif dans l'organisation du travail.

La mise en place est un processus long. Il est nécessaire de prévoir un temps d'adaptation important avant la mise en route complète d'une convention. Il s'agit d'un investissement permettant de maîtriser le travail BIM et donnera un avantage sur la productivité et la compétitivité de l'entreprise face aux concurrents n'ayant pas franchi le pas.

➤ **Des conventions BIM Européenne ?**

L'ensemble des documents précédents sont issus d'universités ou d'organismes implantés aux États-Unis. Ce pays est pionnier dans la maîtrise de ces méthodes et offre donc les travaux les plus emblématiques. Etant dans les premiers à fournir des recherches à ce sujet, je les ai pris comme exemples principaux.

On peut se demander si des travaux sur les conventions BIM ont aussi été menés en Europe. J'ai donc aussi établi un bilan des documents équivalents produits sur le vieux continent.

Les conventions BIM en Europe

En 2013, *the British Standardization Institut* (BSI), organe de normalisation britannique a publié le « **PAS 1192-2**⁴³ » ou « *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling* ». Ce document à but normatif reprend les différentes étapes vues ci-dessus et les applique aux besoins britanniques. **Il définit clairement les conditions à remplir pour suivre une convention BIM** et donc être apte pour la norme PAS 1192.

Il ne révolutionne pas les méthodes d'organisation mais est une étape importante dans le « monde du BIM ». En effet, cette norme offre un modèle pour l'application de la directive européenne 2014/24/UE. **Il s'agit de la première normalisation passant dans le domaine réglementaire pour les entreprises qui emploient une convention BIM.** L'effort fait pour répondre aux exigences européennes dans le cadre de marchés publics peut servir d'impulsion pour passer au « tout BIM » en Grande Bretagne.

Cette volonté affichée du gouvernement anglais pourrait mettre en avant des entreprises maîtrisant la mise en place d'une convention BIM , stimuler la concurrence et influencer les pays voisins dans leur travail d'application du BIM.

⁴³ « Confirmation ». Consulté le 4 août 2016. <http://shop.bsigroup.com/forms/PASs/PAS-1192-2-2013/Confirmation/>.

Les conventions BIM en France

La France est soumise aux mêmes exigences européennes sur la passation des marchés publics.

Il y a peu d'écrits francophones sur la question des conventions BIM. Mais cette lacune est partiellement comblée par la sortie en 2016 du « **guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM** » de MédiaConstruct⁴⁴. Ce guide offre une traduction de principales phases exposées dans le « **BIM Project Execution Planning Guide** ». Il n'innove pas dans son approche et dans les méthodes mais **il permet de poser une base de travail francophone pour la rédaction de convention BIM**. Sa rédaction prouve l'intérêt que provoque cette facette de la méthode BIM. De plus, sa rédaction par MédiaConstruct avec un groupe de travail regroupant 60 entreprises est une avancée majeure dans la prise en compte du besoin d'une convention BIM pour les projets en France.

Il n'inclut cependant pas de version française des documents de travail fournis dans la version américaine et n'est pas encore passé dans le domaine réglementaire national, comme en Angleterre.

Les conventions BIM constituent un sujet récent qui tend à percer.

Il provoque un **intérêt vif dans le monde anglophone**. Des normes sur les détails dans le BIM ont commencé à voir le jour un peu partout dans le monde, créant des documents de référence incontournables pour la rédaction de conventions BIM. Il devient alors plus facile d'établir une convention.

Un effort a aussi été fait par BuildingSmart pour sponsoriser les travaux pouvant rendre les procédés d'organisation plus optimisés et accessibles. Mais la plus grande avancée est l'application de la norme PAS1192 en Angleterre, mettant l'utilisation du BIM au niveau réglementaire. Il apparaît alors que **leur maîtrise n'est plus une option accessoire pour une entreprise mais une qualification technique reconnue et nécessaire**. La publication par MediaConstruct, acteur phare du BIM, d'un manuel à ce sujet, montre que le sujet est aussi pris au sérieux et étudié en France qui prévoit l'application de la directive 2014/24/UE pour 2017. **Il est évident que la maîtrise de ce sujet aura une importance économique.**

⁴⁴ « Mediaconstruct > Mission numérique > Guide méthodologique Convention BIM ». Consulté le 30 juillet 2016. <http://www.mediaconstruct.fr/mission-numerique/guide-methodologique-convention-bim>.

II.3 Tour de l'enseignement numérique

Le BIM se pose comme une pratique future incontournable pour l'ensemble du secteur du bâtiment et pourtant il est présent de façon inégale dans les enseignements en France.

➤ Un enseignement inégal

L'enseignement dans les écoles d'architecture n'est pas uniforme. En effet, chaque école est libre de créer son propre programme. Il revient donc à chaque école d'exprimer sa sensibilité pour les nouvelles technologies ou non. Il existe actuellement 20 écoles nationales supérieures d'architecture⁴⁵ et donc presque 20 visions différentes de l'enseignement du numérique.

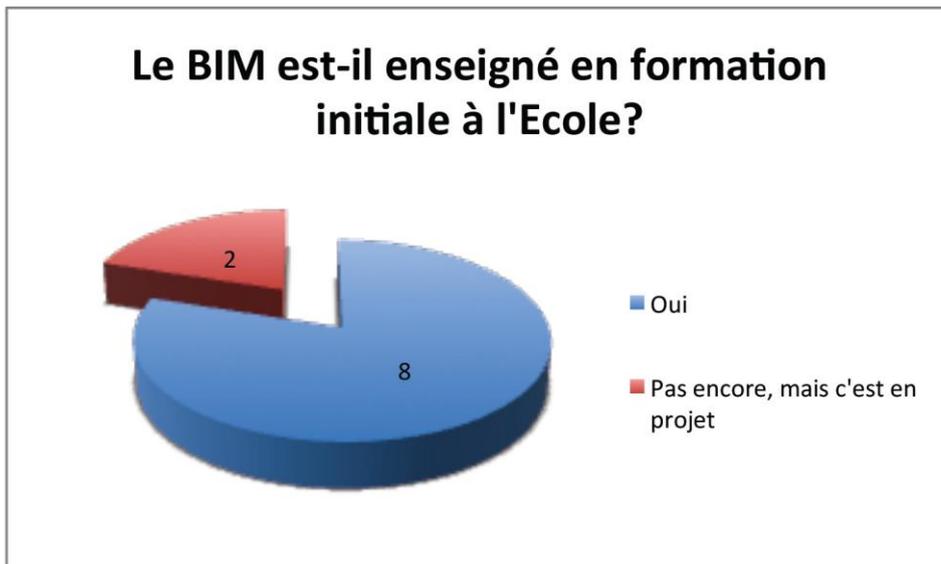
- Un questionnement pour les étudiants

Face à cette diversité, je m'appuierai sur le travail de Clément FAILLERES qui a écrit un mémoire sur l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises⁴⁶, en 2014. Son travail veut mesurer l'importance que les étudiants portent aux questions du numérique en général et du BIM en particulier.

Il comprend une **étude de l'état du numérique au sein de 10 écoles**, ainsi qu'une enquête sur le ressenti des étudiants de l'ENSA Toulouse sur le BIM. Son travail a été soutenu par la direction de l'ENSA Toulouse, il a donc pu faire parvenir ses questionnaires directement aux directeurs des écoles. Il englobait à la base les 20 établissements mais par manque de réponses, il n'a pu s'effectuer que sur 10. Il explique ce manque de réponse soit par un manque de temps pour répondre à son enquête, soit par un manque d'intérêt de ces écoles pour ce domaine. Il en ressort que parmi les écoles qui ont répondu **7 ont un intérêt prononcé pour le numérique** : Paris Val de Seine, Paris la Villette, Lyon, Strasbourg, Normandie, Toulouse, Marseille. Il est intéressant de remarquer que les écoles de Lyon, Nancy, Marseille et Paris la Villette hébergent chacune un laboratoire MAP (Modèle et simulation pour l'Architecture et le Patrimoine).

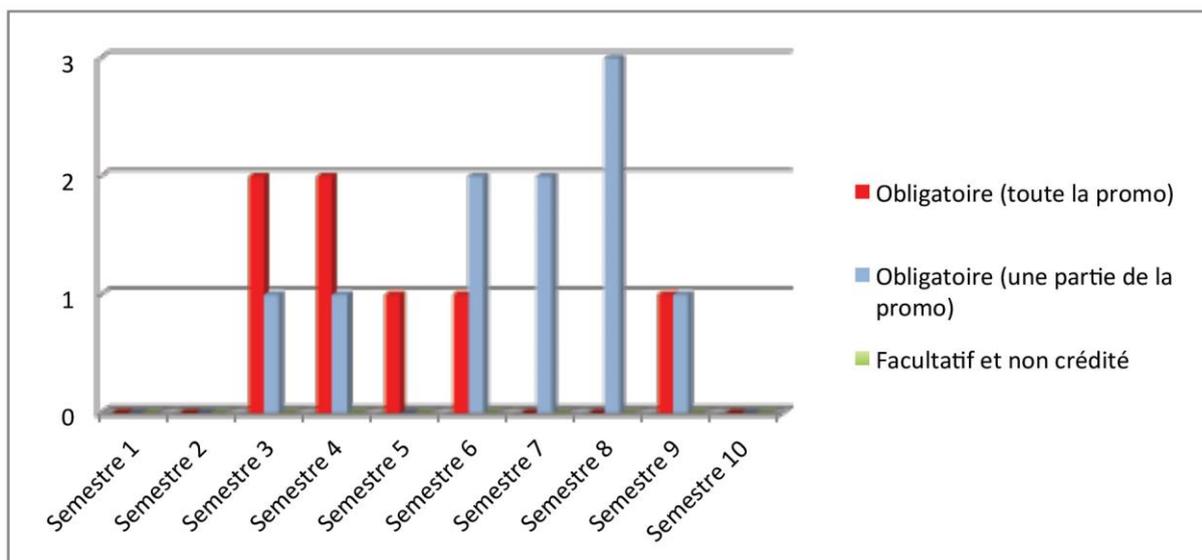
⁴⁵ « Les écoles d'architecture - Architecture - Ministère de la Culture et de la Communication ». Consulté le 5 août 2016. <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Politiques-ministerielles/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Les-formations-d-architecte-et-de-paysagiste/Les-cursus-et-les-diplomes/Les-ecoles-d-architecture>.

⁴⁶ Clément FAILLERES, 2014 « *L'ENSEIGNEMENT DU BIM DANS LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE FRANÇAISES. Quel est l'état actuel de l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises?* » mémoire de fin d'étude, ENSA TOULOUSE



1. Enseignement du BIM dans les ENSA françaises⁴⁷

Sur ces 10 écoles sondées, seules **8 enseignent le BIM**. On peut penser que la majorité des écoles propose un enseignement adapté au changement de la profession. Mais si on regarde la répartition entre enseignements obligatoires et facultatifs (voir document 2), on remarque que **l'enseignement du BIM est majoritairement obligatoire en licence et facultatif en master**, alors que le développement de telles techniques devrait désormais être présent en licence et en master. Il est important en licence d'avoir une approche des outils numérique pour s'initier à la conception en 3D et aux interfaces.

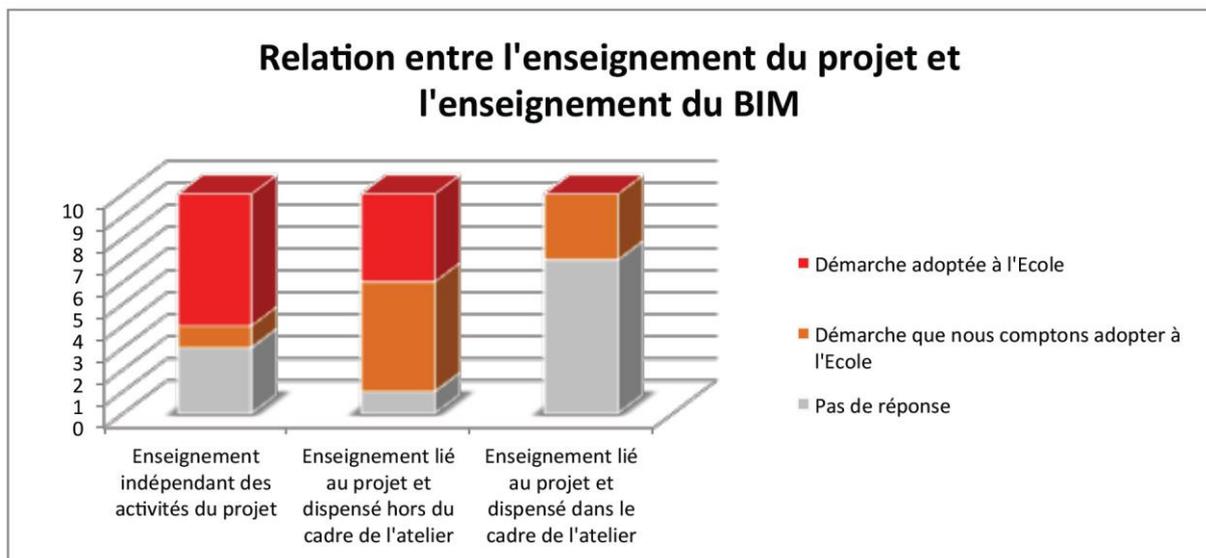


2. Répartition des enseignements du BIM par semestre⁴⁸

⁴⁷ Clément FAILLERES, 2014 « L'ENSEIGNEMENT DU BIM DANS LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE FRANÇAISES. Quel est l'état actuel de l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises? » mémoire de fin d'étude, ENSA TOULOUSE page 46

Mais la pratique du projet en master et la maturité des étudiants pourraient permettre d'approfondir les connaissances et les rendre plus professionnelles. Enfin, **la relation entre le projet, cœur de l'enseignement dans les écoles d'architecture, et l'enseignement du BIM est inexistant dans l'ensemble des écoles interrogées** (voir document 3). Donc, même si la volonté est d'enseigner le BIM, cet enseignement n'est pas encore relié à celui du projet, là où les étudiants rencontreront le plus de défis. En effet, si l'outil BIM passe par un logiciel, sa maîtrise passe par la création d'un modèle d'information appliqué, C'est-à-dire un modèle organisé qui évolue à travers les différentes étapes de conception.

Même si les écoles s'intéressent aux défis que va représenter la maîtrise du BIM, elles ne l'enseignent pas encore sur la totalité du cursus et le laisse en marge du projet d'architecture.



3. Liens entre l'enseignement du BIM et celui du projet⁴⁹

➤ Attentes des étudiants face au numérique

Le travail de Clément FAILLERES a permis de dresser un bilan de la connaissance du BIM à l'ENSA Toulouse en 2014.

Afin de réactualiser l'étude et élargir le panel, j'ai mené, avec Elodie HOCHSCHEID, une enquête « BIM ou non ? » sur les réseaux sociaux. Adressée aux étudiants des ENSA et des doubles Coursus aux INSA, elle a pour but de vérifier l'intérêt des étudiants sur le BIM et leur évaluation de son enseignement au sein de leur école.

⁴⁸ Clément FAILLERES, 2014 « L'ENSEIGNEMENT DU BIM DANS LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE FRANÇAISES. Quel est l'état actuel de l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises? » mémoire de fin d'étude, ENSA TOULOUSE page 46

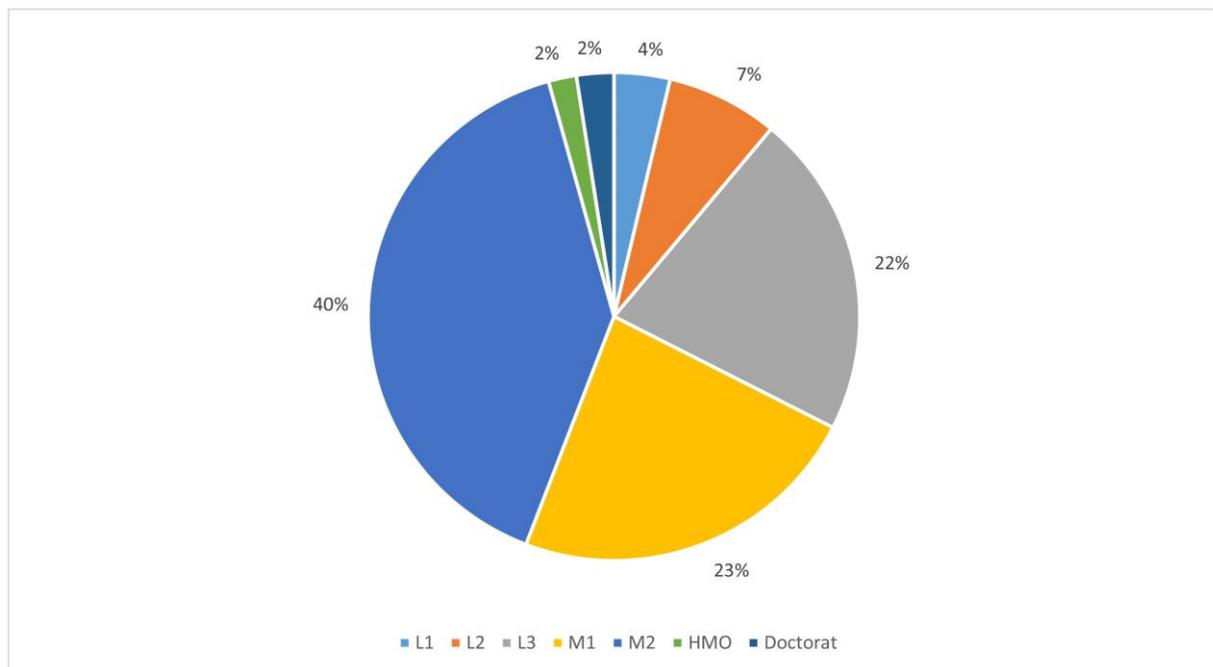
⁴⁹ Clément FAILLERES, 2014 « L'ENSEIGNEMENT DU BIM DANS LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE FRANÇAISES. Quel est l'état actuel de l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises? » mémoire de fin d'étude, ENSA TOULOUSE page 49

- La diffusion de l'enquête

Cette enquête s'est déroulée sur un mois et a été diffusée sur les groupes facebook des différentes promotions des écoles d'architecture, touchant virtuellement 27 538 étudiants dans 15 groupes facebook.

Si ce panel peut sembler très important, le nombre de participants à l'enquête reste modeste avec 163 réponses, soit 0.6% du nombre de sollicités. On peut s'interroger d'un résultat si faible sur un panel si grand. Pour cela, il faut savoir que **la péremption de l'information sur les fils d'actualité des réseaux sociaux est très rapide** (quelques heures). Le message est vite supplanté par d'autres. Il en va de même pour l'intérêt des utilisateurs, certains voient la notification mais ne consultent pas directement les pages. Il est donc possible que l'information ait été perdue dans le flux de notifications. Il y a aussi des utilisateurs qui sont présents sur plusieurs pages, créant des doublons. Le monde numérique oublie aussi vite que l'information est transmise, ainsi **87% des réponses ont été obtenues dans les quatre premiers jours**.

- Le profil des participants

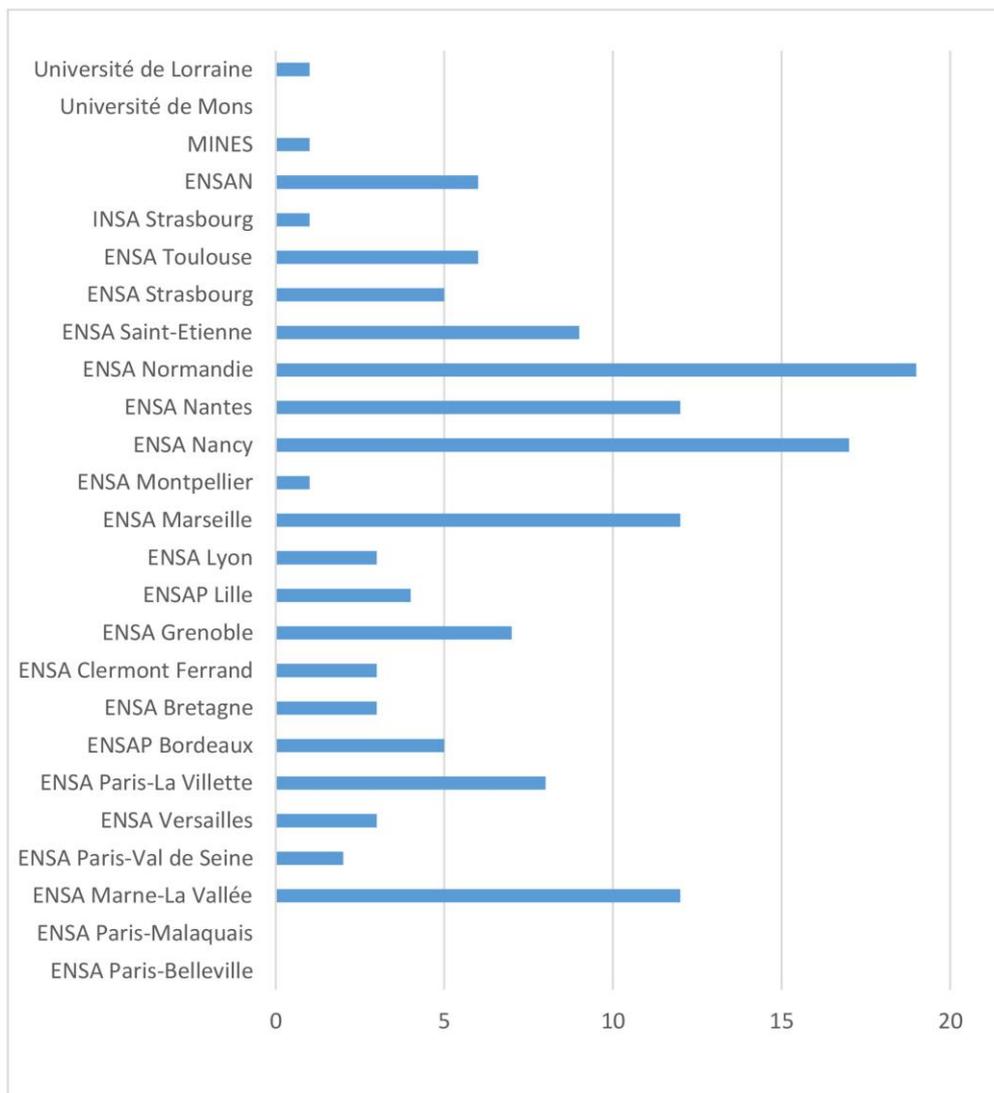


1. Niveau d'étude des étudiants interrogés⁵⁰

Les étudiants de 18 des 20 écoles ont participé, offrant une vision large du ressenti des étudiants.

Les étudiants de master et plus ont été les plus actifs, concentrant 67% de la participation. Du fait cela montre un intérêt fort de ceux-ci pour leur formation sur le BIM.

⁵⁰ Document issu des résultats du questionnaire « Le BIM ou non ? » fait par Léopold CART



2. Etablissement des participants⁵¹

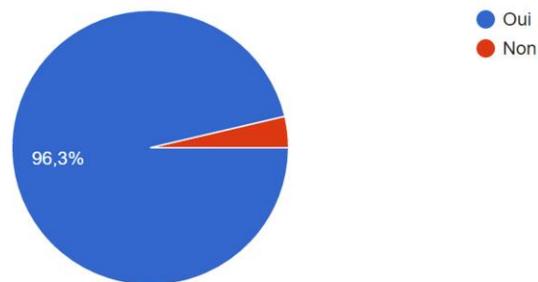
Cette participation large mais non totalement représentative pose la question du profil des participants. Sont-ils les plus familiers du numérique ? Le titre de l'enquête « BIM ou non ? » est assez peu évocateur pour les non spécialistes des logiciels d'architecture.

Pour savoir si le public avait une connaissance particulière dans ce domaine, plusieurs questions ont été posées. La première cherche à connaître l'importance accordée à la maîtrise des logiciels et la seconde porte sur la signification du BIM. Il s'est avéré que la majorité des participants est préoccupée par la maîtrise des outils numériques et connaît la signification de BIM. Une troisième question permettait de vérifier l'approfondissement de leurs connaissances en les interrogeant sur la signification d'un IFC. Plus des trois quarts des participants ont correctement répondu.

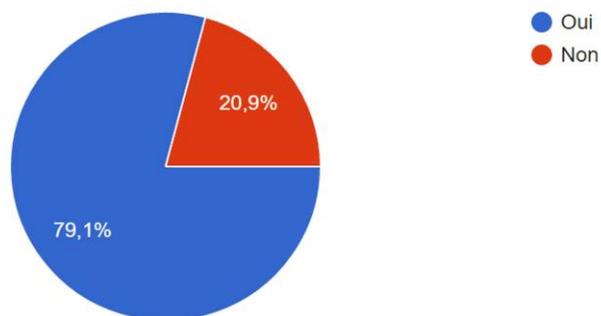
Le public touché est au fait des techniques du numérique et est sensibilisé au BIM.

⁵¹ Document issu des résultats du questionnaire « Le BIM ou non ? » fait par Léopold CART

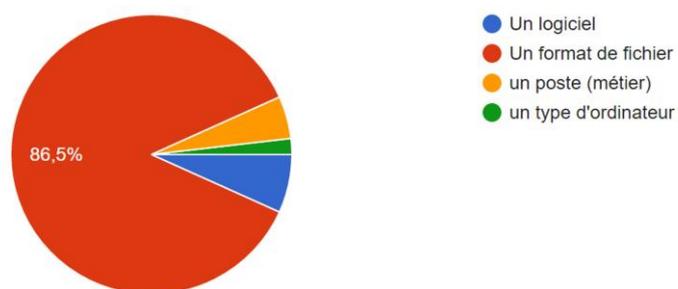
Attachez vous de l'importance à la maîtrise des logiciels? (163 réponses)



Savez vous ce que veut dire BIM? (163 réponses)



Qu'est ce qu'un «IFC» ? (163 réponses)



3. Résultats de l'enquête « BIM ou non ? »⁵²

⁵² Document issu des résultats du questionnaire « Le BIM ou non ? » fait par Léopold CART

- L'importance du BIM pour les étudiants

L'enquête a aussi pour ambition de **sonder leurs méthodes de travail et leur motivation à utiliser le BIM**. A la question « travaillez vous directement à partir d'une 3D ou produisez vous vos documents 2D séparément ? », 57.1% des étudiants avouent produire leurs plans coupes séparément de leur 3D. Ils n'utilisent donc pas de modèle BIM.

Pourtant, 90,2% pensent que le BIM va devenir obligatoire et qu'ils seront amenés à travailler avec cet outil. De plus, ils sont 69,3% à dire ne pas maîtriser suffisamment les outils BIM pour travailler en groupe. On a donc un **manque de méthode et de compétence pour plus de la moitié des personnes sondées**.

Par ailleurs, 76,6% des étudiants jugent l'enseignement actuel inadapté à la découverte et la maîtrise du BIM.

Ces résultats soulèvent plusieurs problèmes :

- Les participants à l'enquête qui sont sans doute les étudiants les plus réceptifs aux nouvelles technologies n'ont pas la maîtrise des outils BIM alors qu'ils sont persuadés de leur importance
- L'enseignement actuel ne semble pas encore assez adapté pour aider les étudiants dans la maîtrise et l'approfondissement.

Travaillez-vous directement à partir d'une 3D,ou produisez-vous vos documents 2D (plans, coupes) séparément ?

(163 réponses)

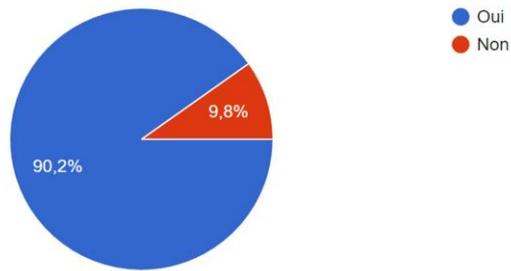


4. Résultats de l'enquête « BIM ou non ? »⁵³

⁵³ Document issu des résultats du questionnaire « Le BIM ou non ? » fait par Léopold CART

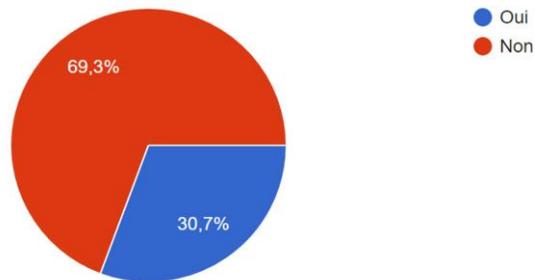
Pensez vous que le BIM sera un outil obligatoire dans les prochaines années?

(163 réponses)



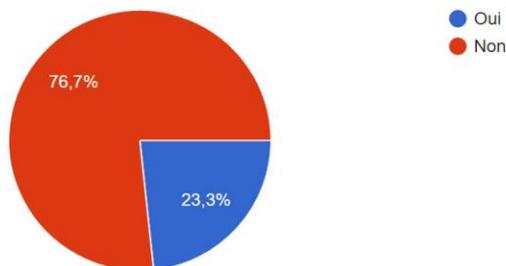
Pensez vous que vous maîtrisez les méthodes de travail nécessaire pour utiliser ces logiciels en groupe ou dans une entreprise?

(163 réponses)



Pensez vous que l'enseignement que vous avez suivi est adapté à l'utilisation et à la maîtrise de ces outils?

(163 réponses)



5. Résultats de l'enquête « BIM ou non ? »⁵⁴

⁵⁴ Document issu des résultats du questionnaire « Le BIM ou non ? » fait par Léopold CART

➤ Un enseignement en évolution

De nombreux éléments montrent l'engagement des écoles et des professionnels dans une réflexion sur l'enseignement du BIM.

Les assises

En assistant aux réunions des assises du BIM de Marseille, j'ai pu constater que chaque école a sa propre approche de l'enseignement numérique, ce qui confirme les travaux de Clément FAILLERES.

Les 19 écoles rassemblées ont ainsi exposé, par le biais d'enseignants, une partie de leur programme d'enseignement du numérique. Il en ressort que **les contenus, les progressions et les volumes sont différents selon les établissements.**

L'ENSA Toulouse met l'accent sur l'enseignement des SIG (Système d'Information géographique) à travers un module obligatoire en licence et un module facultatif en master. Cet enseignement, souvent réservé aux étudiants en géographie, offre un outil supplémentaire pour la production de cartes d'urbanisme. De plus, le module facultatif de master permet de tester la création de plans d'urbanisme en 3D.

L'enseignement de l'informatique à l'ENSA Normandie débute, de façon obligatoire, de la L1 à la L3. Il se poursuit de façon facultative en cycle de master. Sans que les cours soient liés, l'enseignement de dessin technique suit la même progression sur le cycle licence. Cela contribue à développer les compétences avec les 2 outils en même temps.

Ces réunions ont montré une volonté d'échanger pour faire évoluer l'enseignement en adéquation avec les problématiques futures.

Le PIA

Parallèlement, le groupe de réflexion du projet PIA a listé les quatre principaux verrous à la pratique du numérique (voir en annexe les verrous du PIA en détail) :

- Discontinuités dans le continuum numérique
- Inadaptation de la formation des architectes
- Défaut de transfert de connaissances entre la recherche, la pédagogie et les pratiques métier
- Inadaptation des outils et méthodes de travail aux pratiques métier.

La formation des architectes est citée comme verrou de la pratique du numérique pour la profession, en insistant sur 3 points :

-« Outils de l'environnement pédagogique discontinus et fermés »

-« Enseignements cloisonnés, très peu de visibilité et perméabilité entre les disciplines »

- « Une formation des enseignants pas adaptée à ces nouvelles pratiques »

L'infrastructure numérique en place n'offre pas de continuité numérique. Les échanges de dossiers, les cours et les intranets ne sont pas suffisamment développés pour mettre en

place des plateformes collaboratives. Les enseignements dialoguent peu ou pas autour de l'outil numérique, laissant son utilisation aux cours d'informatique. L'enseignement attache parfois plus d'importance aux outils qu'aux méthodes et peut connaître des difficultés à évoluer.

Le BIM impose beaucoup de changements, tant dans la manière de penser les méthodes de travail que dans la manière d'enseigner et d'apprendre. Il offre un grand nombre de défis pour les étudiants et les professionnels. En France, la maîtrise technologique et méthodologique n'est pas encore acquise. Cependant, la réflexion menée par les professionnels et le corps universitaire vise à accélérer l'évolution nécessaire.

III Une convention BIM appliquée à l'enseignement

Le BIM n'est pas encore suffisamment maîtrisé pour être bien intégré à l'enseignement. Il serait intéressant de voir si une application d'une convention BIM pourrait aider à franchir ce pas. En plus d'offrir une méthode pédagogique innovante, cela permettrait aux étudiants de comprendre et pratiquer le BIM dans un même apprentissage.

III.1 Contexte de l'étude

➤ Le contexte universitaire

Nous avons déjà évoqué la nécessité pour les étudiants et les professionnels de s'approprier le BIM. Les cabinets d'architectes sont majoritairement des petites structures. Elles n'ont **pas la capacité financière et/ou humaine nécessaire pour acquérir les logiciels de modélisation-collaboration avancées**. Une étude récente publiée par l'ordre des architectes⁵⁵ montre que 79% des agences considèrent cet investissement trop important.

Or l'ensemble des logiciels est disponible gratuitement, avec des licences étudiantes, dans toutes les écoles offrant ainsi la possibilité d'y former les acteurs au moindre coût. **Le contexte universitaire permet de se libérer des nombreuses contraintes** : moindre coût des logiciels, pas d'obligation de résultat et expérimentation non limitée dans le temps. .

Les écoles semblent le lieu idéal pour tester un enseignement basé sur des échanges entre modules **à la manière d'une convention BIM**. On y retrouverait les 3 éléments clés pour la formation : l'outil numérique, le travail en groupe et le projet d'architecture.

Cette approche offrirait un double avantage : les étudiants se formeraient à la pratique collective du BIM et mettraient à jour leurs connaissances, et d'autre part les enseignants pourraient y tester leur pédagogie et améliorer leurs enseignements grâce à ces expériences.

On pourrait y voir une **opportunité de concilier projet et numérique au sein des ENSA** ainsi que recherche et pédagogie.

L'appropriation des méthodes de travail collaboratif par les étudiants est sans doute un moyen efficace pour faciliter le développement du BIM dans le milieu professionnel. Les stages et les embauches de jeunes professionnels formés au BIM renforcent les compétences des entreprises.

⁵⁵ « Résultats du sondage « BIM : le ressenti des architectes » | CNOA ». Consulté le 25 juillet 2016.
<http://www.architectes.org/actualites/resultats-du-sondage-bim-le-ressenti-des-architectes>.

➤ Dans quel cycle d'étude l'expérimenter

Au début de mon travail sur les conventions BIM, il m'est apparu nécessaire de le tester sur des groupes d'étudiants. Pour cela, j'ai contacté l'ensemble des étudiants de l'ENSA Nancy au travers de la messagerie de l'école et des divers groupes Facebook. Je proposais à des étudiants volontaires de participer à une étude de travail en groupe sur les conventions BIM. Sur les 500 étudiants de l'école, seuls 5 ont souhaité participer. Il s'est avéré que ces 5 participants étaient plus intéressés par de l'information sur le BIM plutôt qu'à s'investir dans un travail de mise au point de modèle BIM adapté à l'enseignement. L'essai a donc tourné court.

Cette expérience a montré que l'expérimentation de telles méthodes nécessite de passer par le corps enseignant. Leur expérience et position pédagogique permet de toucher un panel large et uniforme tout en augmentant la qualité du projet.

Le master A.M.E pourrait être un espace d'expérimentation intéressant. Ce master, rattaché à la faculté de sciences de l'université de Lorraine et enseigné à l'ENSA Nancy forme des étudiants en architecture et des élèves du master design global (étudiants de la faculté et de l'école des Mines de Nancy) aux techniques numériques pour l'architecture. Il s'oriente directement sur le travail collaboratif et les outils BIM.

Son enseignement se déroule sur deux semestres. Le premier concentre l'ensemble des cours tandis que le 2^{ème} concerne le stage.

On pourrait **utiliser l'enseignement de 1^{er} semestre** pour tester une organisation type convention BIM. Le programme de ce semestre est articulé autour d'un projet, associant des étudiants de Nancy et de Liège. Cet enseignement vise à faire collaborer un groupe séparé par la distance sur la conception d'un édifice. Il met déjà en œuvre l'ensemble des problématiques qui peuvent se poser dans le cas d'un travail BIM entre plusieurs acteurs, sans imposer l'outil BIM. De plus, d'autres matières interviennent parallèlement au projet, comme un cours de thermique, de lumière, de BIM, de rendu numérique... Ces cours pourraient se lier au modèle produit dans le cadre du projet principal (BIM) et devenir les acteurs. Les enseignants du laboratoire MAP CRAI responsables de cette formation maîtrisent le BIM. Leur expertise dans le domaine est utile pour la mise en place de l'expérimentation de plateforme d'échange numérique.

L'expérimentation d'une convention BIM dans le master A.M.E pourraient aussi permettre de montrer aux enseignants de projet de l'ENSA **les possibilités de lier les enseignements** entre eux et de construire eux aussi des modèles autour d'une maquette BIM et de méthodes d'échanges.

Cette approche permet aux étudiants de s'approprier les notions vues dans les autres cours techniques (structure, thermique...) en les appliquant à leur propre **projet qui s'articule autour d'une maquette numérique échangeable**. Le temps de duplication des documents (plans, coupes, maquettes) est réduit et réinvestit dans le travail de modélisation.

III.2 Ses atouts pour l'enseignement

Implanter une convention dans le cadre universitaire pourrait permettre d'enrichir la réflexion sur d'autres problématiques auxquels font face les écoles d'architecture.

➤ Un pas vers le continuum numérique

Cette démarche de continuité entre expérimentation et enseignement ouvre sur un aspect majeur du numérique, le continuum. Il s'agit de faire coïncider l'ensemble des éléments permettant la conception, la simulation, la planification et le prototypage avec un seul et même modèle numérique. Cette application de la maquette numérique est pour le moment théorique. Des progrès techniques sont nécessaires pour parvenir à une réelle continuité. La production d'un fichier pour le prototypage nécessite la retranscription et l'optimisation de la maquette sur d'autres logiciels. Par exemple, il est nécessaire de savoir manier des logiciels de modélisation 3D pour épurer un modèle pour une impression 3D. Pour autant, la maquette BIM, correctement construite, offre la possibilité de gagner du temps en ne retravaillant que certaines parties du modèle. Il n'est plus alors nécessaire de remodeler totalement dans un autre outil.

Le fait que les développeurs proposent des suites logiciels et non plus un logiciel s'inscrit dans cette logique. L'industrie numérique cherche à créer le plus d'applications possibles à un même modèle numérique. De plus, l'évolution rapide des outils de prototypage comme l'impression 3D, les découpes laser et des outils de relevé comme les scanners 3D permettra de fusionner l'ensemble du processus de projet (relevé, conception et prototypage) sur l'outil numérique. Il est important d'anticiper cette évolution.

L'application d'un suivi du modèle numérique pourrait permettre de débloquer les compétences nécessaires aux étudiants pour tester les possibilités du continuum. De plus, il permet de préparer les futurs professionnels à travailler en s'adaptant à l'évolution du numérique. Ces évolutions sont prévisibles puisque les logiciels suivent un modèle d'amélioration planifiée. Il est juste nécessaire de patienter le temps que les contraintes techniques soient surmontées.

Les évolutions des technologies de l'information ont été planifiées dès leur conception, seules des barrières techniques empêchent pour le moment l'accès à toutes les possibilités. Il est nécessaire de comprendre l'ensemble de leurs objectifs pour pouvoir s'adapter à leur démocratisation. L'enseignement dans les écoles d'architecture doit prendre en compte ces évolutions rapides, comprendre et expliquer les objectifs et les enjeux de ces technologies pour permettre à la profession de s'adapter. L'ouverture des étudiants vers les possibilités du tout numérique va dans ce sens.

➤ **Une expérimentation pour les formations continues**

L'enseignement de méthodes de travail nouvelles donnerait l'expertise nécessaire aux écoles d'architecture pour ouvrir des enseignements accessibles aux architectes voulant se former aux nouveaux outils.

Le besoin des professionnels en formation BIM est réel.

Peu d'acteurs disposent de l'expertise nécessaire à leur mise en place et moins encore sont disposés à l'enseigner. Renforcer les enseignements universitaires sur ce sujet peut permettre l'ouverture de formations pour les professionnelles dans les ENSA. Ceci offrirait plusieurs avantages :

- Le cadre rigoureux et officiel des ENSA offrirait des alternatives aux formations privées, permettant de rendre plus accessible et acceptable une mise à niveau des acteurs des agences.
- Les problématiques rencontrées par les professionnels sur ces sujets pourraient enrichir les enseignements pour les étudiants et proposer de nouveaux procédés plus proches du monde professionnel.

Le monde universitaire pourrait aider et bénéficier des besoins de la demande de formation des professionnels. Une relation plus étroite se tisserait entre eux et enrichirait les connaissances des uns et des autres.

III.3 Adaptation d'une convention au cadre de l'enseignement

Expérimenter un enseignement totalement croisé et articulé comme une convention BIM suppose un investissement important de temps et surtout une nouvelle façon de penser et travailler. Il apparaît peu raisonnable de se lancer dans un tel chantier qui mobiliserait l'équipe pédagogique et ne serait peut être pas représentatif de la réalité professionnelle.

L'expérimentation peut, dans un premier temps, se réduire au champ master A.M.E et utiliser comme base des modèles de conventions existantes, conçues pour un usage professionnel. Leur conception est complexe et tente de couvrir un maximum de contraintes. Pourtant le fait d'avoir un modèle si complexe rend l'adaptation possible d'autant plus facile. Comme présenté dans le ***Project Execution Planning Guide***, l'utilisation de rétro planning permet de lister une grande variété de tâches pour un usage complet. Cela offre la possibilité de trier celles qui sont nécessaires. Il est alors plus aisé de sélectionner et d'épurer que de construire de toute pièce l'ensemble des tâches.

Le « ***guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM*** » de MédiaConstruct est un document à la fois complet et flexible. Il reprend les points importants du ***Project Execution Planning Guide*** mais les actualise et adapte au système français. Sa démarche peut être décomposée en quatre étapes servant de trame pour construire un modèle pour l'enseignement. Elle a la particularité d'être suffisamment générale pour pouvoir être adaptée à différents contextes. Les acteurs peuvent imposer des contraintes tout en ayant suffisamment de marge pour s'appropriier les autres éléments.

➤ Etapes de mise en place de la convention

Pour une organisation équilibrée, la mise en place de la convention nécessite un découpage des besoins du modèle numérique. Il est issu des modèles du ***Project Execution Planning Guide*** et du ***guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM***.

On rappelle les quatre étapes fondamentales :

1. Identifier le but de la maquette BIM et ses utilisateurs
2. Concevoir un process d'exécution BIM
3. Développer les échanges d'information
4. Définir les infrastructures pour l'emploi du BIM

Pour avoir une simulation crédible, on répartit la rédaction des contraintes entre les enseignants et les étudiants. Les organisateurs seront amenés à créer un cadre normatif et définiront les besoins de chaque cours pour le modèle BIM. Ils restent maîtres du déroulement de la convention. Les étudiants doivent établir les rapports au sein de leurs groupes de travail ou dans leur organisation personnelle du travail.

Etape 1 : Identifier le but de la maquette BIM et ses utilisateurs

Les encadrants définissent une liste d'éléments devant être produits avec le modèle BIM (étude thermique, lumineuse, métré...). Ceux-ci sont les objectifs de la maquette numérique. Les différents acteurs sont listés et des référents sont nommés pour chacun. Il est ainsi plus simple de repérer et communiquer avec les différents intervenants.

L'ensemble de ces éléments permet de fixer les priorités de travail pour les étudiants et permettre de dessiner les processus d'exécution et d'échange.

Etape 2 : Concevoir un process d'exécution BIM

Cette étape se déroule en deux temps. Dans un premier temps, les enseignants doivent proposer un modèle relationnel entre les cours. Celui-ci permettra aux étudiants de comprendre l'ensemble des relations entre les enseignements, le développement temporel du projet et les nécessités d'échanges aux différentes phases.

Dans un second temps, les étudiants fournissent un process de travail au sein de leur groupe. Ceci permet de voir si le travail s'oriente correctement autour du modèle BIM et si le travail se répartit correctement.

Ces deux niveaux de détail sont nécessaires au bon fonctionnement de la convention. La convention ne peut fonctionner sans l'un ou l'autre.

Etape 3 : Développer les échanges d'information

Comme pour le process, deux niveaux d'échanges sont à définir. Le premier niveau concerne l'échange entre les différents cours. Chaque acteur liste les éléments à détailler pour chacun d'entre eux. Ainsi, le recoupement de ces listes permet de hiérarchiser les informations qui seront modélisées par chacun et dans quel ordre elles seront créées et enrichies. De plus, une liste des différents types de formats de fichiers nécessaires aux échanges entre chaque participant est établi, ainsi que le vecteur d'échange (serveur, email..).

Le second niveau concerne le rapport des échanges entre les étudiants. Ils définissent quels seront les échanges entre eux et sous quels formats ils se dérouleront. Par exemple, l'étudiant A doit fournir des documents à l'étudiants B sur la thermique avec un fichier IFC déposé sur une plateforme.

Etape 4 : Définir les infrastructures pour l'emploi du BIM

Cette dernière étape s'établit entre les enseignants et les étudiants. Il faut définir les besoins physiques de la maquette BIM. Les enseignants et étudiants doivent se mettre d'accord sur le matériel informatique, les versions des logiciels, les serveurs à utiliser... Les mêmes outils doivent être accessibles à tous les acteurs pour le bon déroulement du travail.

Cette démarche ne change pas profondément l'organisation actuelle, elle y fixe un cadre graphique et écrit.

Ce cadre permet de simuler la démarche du travail en agence. Ceci contribue à préparer les étudiants pour les stages et l'insertion professionnelle. Il s'agit en fait d'un « sim game » à l'échelle d'un projet.

Des documents préétablis fournis à chaque participant permettent d'avoir un travail homogène et efficace.

➤ Documents de travail

J'ai défini quatre documents principaux qui correspondent à chacune des quatre étapes citées ci-dessus. Il est possible d'enrichir le nombre de documents. Mais, il faut veiller à ne pas fournir un nombre trop important de documents différents pour permettre aux étudiants de bien intégrer la démarche.

- Schéma d'organisation globale

Ce tableau reprend les relations entre les différents cours qui sont inclus dans la convention BIM expérimentale. Il permet d'offrir une vision d'ensemble du travail et de l'évolution des tâches. Il peut se présenter comme un tableau BPMN.

Le document 1 illustre la démarche avec un exemple :

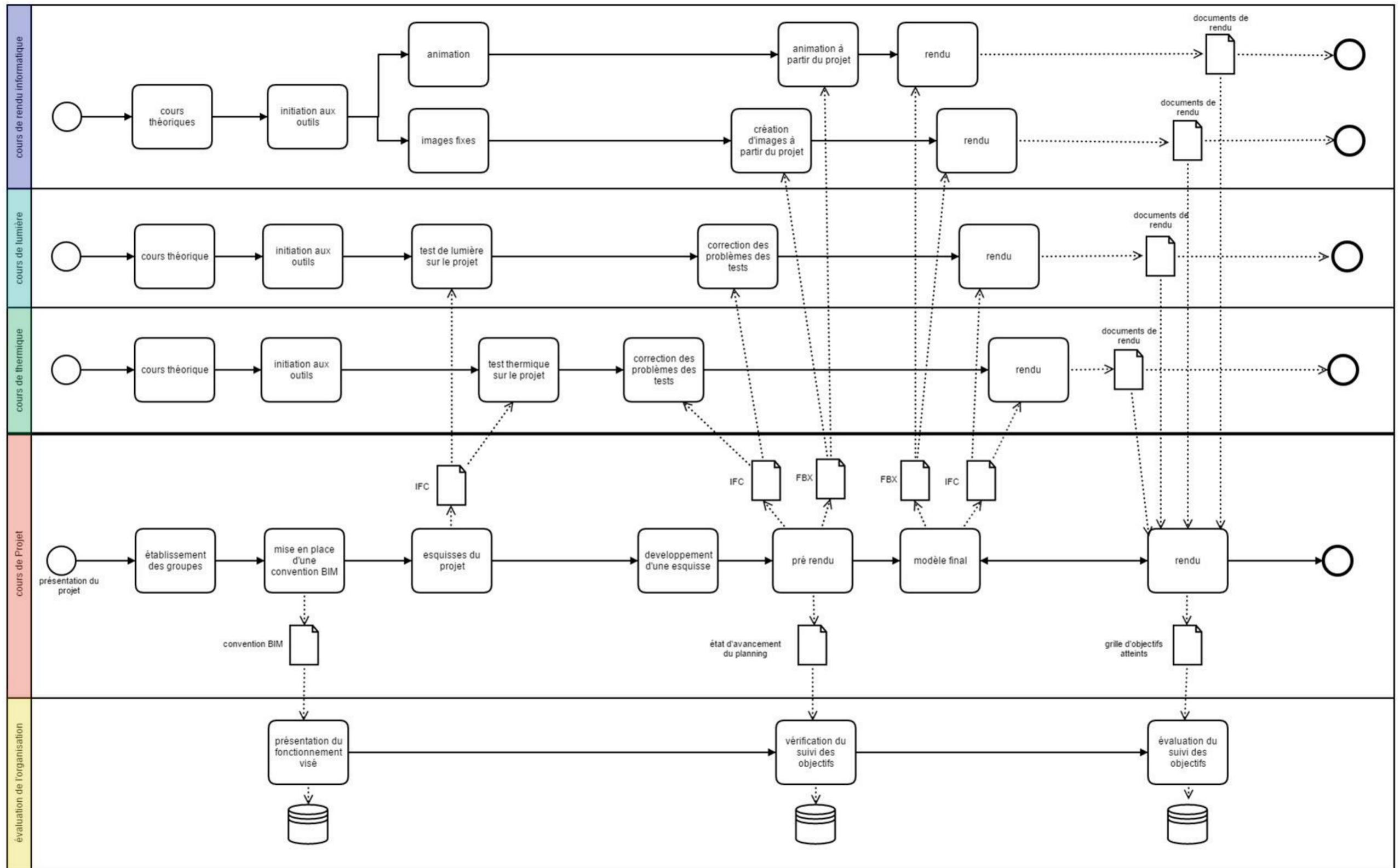
Pour construire ce document, j'ai repris les cours du cycle AME qui peuvent être en interaction avec le projet. J'ai sélectionné 5 cours qui correspondent aux lignes du tableau :

- Cours d'image de synthèse
- Cours de lumière,
- Cours de thermique
- Cours de projet
- Evaluation de l'organisation. Cette dernière ligne intègre le besoin de suivi de la convention BIM. Cela permet à la fois d'orienter les étudiants et de récolter les résultats du fonctionnement de la convention.

Chaque ligne reprend la progression du cours en plusieurs phases, soit généralement : le cours théorique, le cours pratique, les premiers tests d'échanges entre le modèle du projet et les outils du cours, la résolution de ces problèmes, le pré-rendu et le rendu.

Les lignes communiquent entre elles par l'échange d'informations. Pour pouvoir fonctionner, les lignes doivent intégrer et envoyer des données aux autres cours. Le projet, cœur des échanges, envoie les informations nécessaires aux simulations des différents cours. Ces informations sont testées au fur et à mesure de l'avancement (esquisse, pré rendu, rendu). Une fois ces informations maîtrisées par les autres acteurs, elles sont utilisées pour fournir les documents de rendu des différents modules, qui, eux-mêmes, alimentent le rendu final de projet, lui fournissant des simulations thermiques, lumineuses, des images de synthèses...

Ce schéma peut voir ses échanges détaillés ou des cours se rajouter. Il n'est pas exhaustif et sert à démontrer les possibilités d'enrichissement des échanges inter disciplinaires.

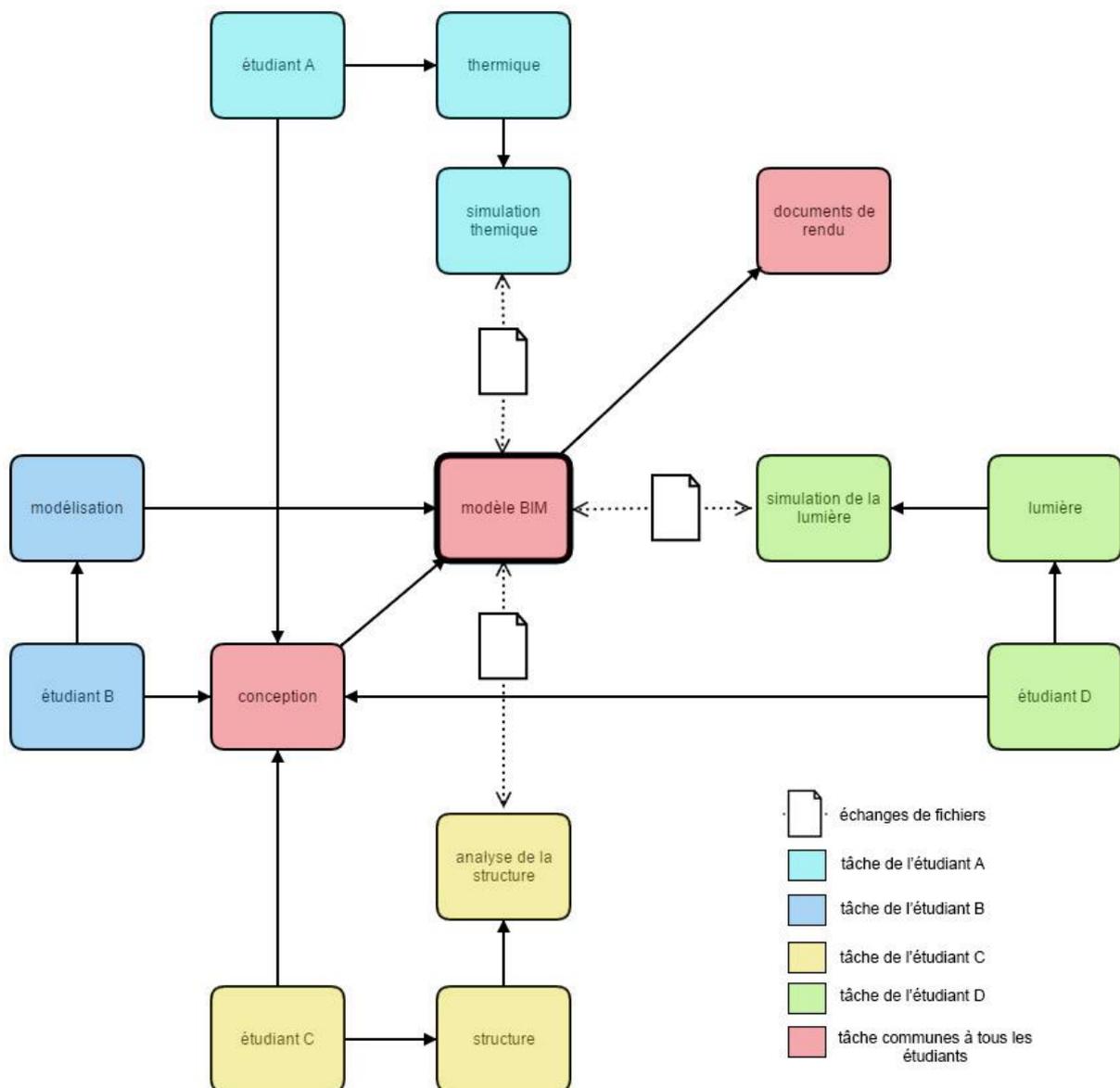


- 1. Exemple de schéma d'organisation du travail dans la convention BIM

- Schéma d'organisation dans l'équipe

Il faut définir parmi les membres de l'équipe le rôle de chacun. Un schéma graphique est établi par chaque groupe de travail. L'avantage d'un document schématique par rapport à un rapport descriptif des tâches est de permettre d'identifier rapidement les incohérences possibles. Il est préférable que tous les groupes utilisent le même système de représentation pour pouvoir comparer rapidement les documents. Même si les étudiants doivent employer le même système de représentation pour l'organisation, ils ne doivent pas forcément avoir exactement tous le même schéma relationnel. Il faut encourager la diversité d'approche, tant que celle-ci ne se fait pas au détriment de l'équilibre du travail.

Ceci permettra de clarifier les échanges entre les participants et de vérifier si le processus est maîtrisé. On peut ainsi voir si la maquette BIM concentre suffisamment les efforts des étudiants, ou si le travail est équitablement réparti.



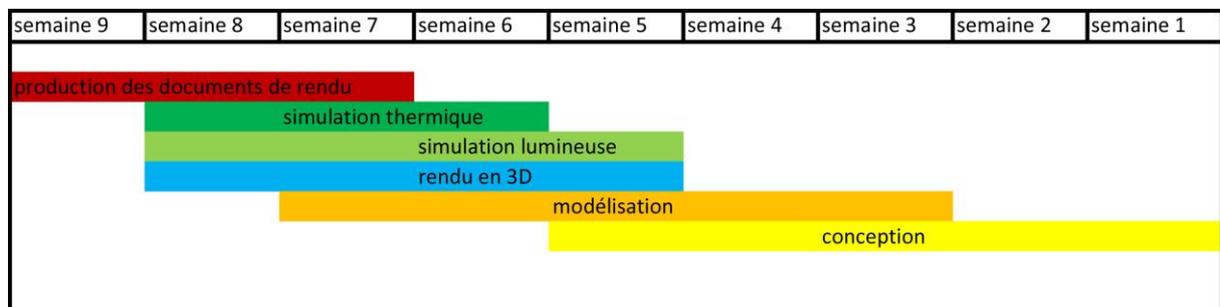
2. Exemple de schéma d'organisation d'un groupe d'étudiant

- **Planning de travail**

Ce document montre les phases d'évolution du projet, le temps pour chacune et leur enchaînement. Il va structurer l'ensemble des efforts du groupe. Il est créé par les étudiants et doit leur permettre de comprendre et de s'approprié l'enchaînement des étapes et la connexion entre chaque phases.

Cet exercice leur permet de familiariser les étudiants aux techniques de rétro-planning, indispensable pour définir les objectifs finaux de la maquette numérique. Il permet de dégager les principaux objectifs du modèle BIM et les étapes nécessaires à leur accomplissement. L'évaluation de la durée nécessaire à l'accomplissement de chaque tâche est indicative, mais permet de voir si les étudiants sont conscients de la complexité de certaines étapes.

Ce document indicatif permet à la fin du projet à chaque étudiant de se rendre compte de leurs capacités dans l'évaluation des tâches.



- 3. Exemple de rétro planning pour un groupe d'étudiants

- **Tableau des éléments à inclure dans la maquette BIM et leurs caractéristiques**

On peut regrouper ces données dans un tableau qui permet de clarifier les attentes de la maquette BIM.

Dans l'exemple présenté (document 3), les éléments retenus sont le modèle 3D, la structure, la thermique, la lumière, les normes. Ils caractérisent les priorités du projet.

On désigne un responsable pour chaque élément et on fixe un niveau de détail et un niveau d'importance à atteindre pour répartir convenablement la charge de travail. Le groupe d'étudiants se subdivise les tâches mais reste uni dans la production du projet. Un même étudiant peut donc participer à plusieurs tâches mais avec un investissement différent. Le travail de chacun alimente le modèle BIM. Certaines informations importantes peuvent avoir un autre support que la maquette numérique, comme par exemple le coût (voir dernière colonne).

Une évaluation des capacités du responsable, établie sur les critères d'équipement, de connaissances et d'expérience permet de noter l'aptitude de chaque responsable. Les échelles de mesure des niveaux (niveau de détail, d'importance des éléments, niveau d'équipement, de connaissances et d'expérience de l'étudiant responsable) restent à définir dans des documents annexes.

Ce tableau contribue à la traçabilité et permet de vérifier la bonne répartition des participants.

Usage de la maquette BIM	importance dans le projet	responsable	importance pour le responsable	évaluation des capacités			compétences/ressources additionnelles requises	remarques	insertion dans la maquette numériques
	haute/moyenne/basse		haute/moyenne/basse	échelle de 1 à 3					oui/non/peut être
				ressources	compétences	expérience			
modèle 3D									
structure									
thermique									
lumière									
normes									

3. Exemple de tableau des éléments à inclure dans la maquette B

- **Tableau d'organisation des échanges**

Il liste les différentes exigences des acteurs sur chaque élément qui doit être échangé. Il permet de vérifier la cohérence du modèle.

Chaque composant du modèle numérique est renseigné par sa catégorie et sa sous-catégorie (lignes du document 4). On retrouve une organisation proche d'un descriptif quantitatif explicatif. Cette approche permet d'obtenir un document proche de la réalité d'un projet, tout en ayant une large marge de manœuvre quant à l'ajout ou le retrait d'éléments.

Chaque composant est mis en rapport avec les différents acteurs (sous formes de colonnes dans le document 4). Les acteurs marquent leur implication ou non dans l'utilisation de chaque élément. Si un acteur est concerné par cet élément ou en a besoin pour son travail, il marque le niveau de détail voulu pour celui-ci et le nom de la personne responsable.

Un acteur central est désigné pour renseigner les niveaux de détail de bases qui sera utilisé pour tous les acteurs qui emploient les données du modèle (et ne le créent pas). Il s'agit souvent du domaine « modélisation » qui crée les informations nécessaire à tous (première colonne). Les autres acteurs exploitent les données. Ils donnent le niveau de détail nécessaire à leur travail dans leur colonne.

Ainsi, on peut recouper rapidement les informations. Si un niveau de détail est nécessaire pour des éléments de la colonne 2 (acteur secondaire) mais qu'ils ne sont pas présents dans la colonne 1 (acteur principal), l'échange d'information ne pourra pas se faire. Il y a donc une incohérence.

Ainsi, avec ce type de document on peut rapidement pointer les incohérences des besoins de chaque personne dans la maquette BIM et éviter la découverte d'éléments non prévus pour l'échange lors de l'exécution du projet.

Un tableau de ce type est fourni à chaque élève du groupe. Ils recouper les informations ensemble et auto évaluent les défauts.

éléments du modèle	modélisation		thermique		lumière	
	niveau de détail	nom du responsable	niveau de détail	nom du responsable	niveau de détail	nom du responsable
enveloppe						
superstructure						
	pilier					
	dalles					
Intérieur						
pieces						
	portes					
	fenêtres					

- 4. Exemple de Tableau d'organisation des échanges

- **Annexes de travail**

Elles regroupent l'ensemble des documents nécessaires à la rédaction de la convention : définition du vocabulaire, échelles des niveaux de détail des éléments, échelle de niveaux d'importance des éléments. Ces documents sont indispensables et doivent être établis par le corps enseignant avant la mise en place de la convention BIM étudiante.

Voici un exemple de documents nécessaires :

- Descriptif des niveaux de détail
- Glossaire des abréviations
- Liste des formats de fichier et versions des logiciels de travail

Bilan

Le modèle d'organisation présenté dans la partie précédente n'a pas pu être testé. Son expérimentation nécessite le suivi d'un groupe de projet sur un semestre complet pour obtenir suffisamment d'éléments pour questionner le modèle. Néanmoins, il pourrait s'appliquer dans le cadre d'un semestre à venir du master AME.

La méthodologie présentée doit aussi être complétée et modifiée par des enseignants disposant d'expérience dans l'enseignement de projet. Ce travail permet surtout de questionner les possibilités futures de ce genre de méthodes pour l'enseignement.

IV CONCLUSION

Un tour du BIM

Ce mémoire a permis de faire un panorama du BIM et des conventions BIM. Le BIM est avant tout un outil de conception qui impose l'échange d'informations numériques entre les acteurs d'un projet et propose une nouvelle méthode de travail.

Le sujet reste mal maîtrisé par la profession d'architecte et peu documenté en France. Cependant, la réglementation européenne encourage activement le développement du BIM. Le secteur français du bâtiment doit s'adapter et s'approprier l'outil pour rester compétitif sur les marchés. MediaConstruct, organe de BuildingSmart, travaille pour traduire et clarifier le BIM en France. Il a déjà publié un guide visant à aider les entreprises à passer à cette pratique.

Cette évolution est d'autant plus nécessaire qu'elle a déjà été engagée par des pays voisins (Royaume Uni) et sur les autres continents. Elle entrainera sans doute une modification du métier d'architecte et une restructuration du secteur de l'architecture.

Une réflexion sur l'enseignement

Etant donné l'importance prévisible de la maquette numérique dans la profession, il est nécessaire de l'intégrer à l'enseignement de façon plus approfondie pour former des architectes performants. L'architecte doit maîtriser les nouvelles technologies pour les utiliser comme outils dans la maîtrise de son processus créatif.

L'enseignement des ENSA doit s'approprier le BIM afin d'accompagner les architectes dans l'évolution de leur métier. De nombreuses écoles d'ingénieur forment déjà leurs élèves au BIM. Les architectes doivent se donner les moyens de rester dynamiques et maîtres des outils de conception.

L'intégration du BIM dans l'enseignement peut s'envisager de nombreuses façons. J'évoque, dans ce mémoire, la possibilité de l'utiliser comme outil pour construire le savoir : relier des enseignements liés au projet à la manière d'une convention BIM. Des expérimentations restent à mener.

Retour personnel

Ce mémoire m'a permis de me familiariser avec le BIM en étoffant mes connaissances sur ce sujet. J'ai été rapidement convaincu de la nécessité de l'intégrer dans ma formation. Ce travail m'a permis de réfléchir aux évolutions du métier d'architecte influencées par les développements technologiques. Il m'a montré l'importance de tenir à jour ses connaissances et la nécessité de s'adapter aux innovations.

V Sources

Livres

DEFORGE, Yves. *Le graphisme technique: son histoire et son enseignement*. Éditions Champ Vallon, 1981. page 20

BRETON, Philippe. Le premier ordinateur copiait le cerveau humain. *RECHERCHE-PARIS-*, 1996, p. 80-83.

BARDINI, Thierry. Les promesses de la révolution virtuelle: genèse de l'informatique personnelle, 1968-1973. *Sociologie et sociétés*, 2000, vol. 32, no 2, p. 57-72.

ARANDA-MENA, Guillermo, CRAWFORD, John, CHEVEZ, Agustin, *et al.* Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?. *International Journal of Managing Projects in Business*, 2009, vol. 2, no 3, p. 419-434

Thèses, mémoires, publications universitaires

Computer Integrated Construction Research Program. (2010). "BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0." June 15, 2010 The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

SUCCAR, B. et SHER, W. 2013 *A competency knowledge-base for BIM learning*. AUBEA 2013.

Malcurat, O. (2001). *Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP* (Doctoral dissertation, éditeur inconnu).

Hochscheid, E, Septembre 2015, Master AME, ENSA Nancy « *Développement des échanges de fichiers entre deux acteurs de la construction* »

FAILLERES, C, 2014 « *L'ENSEIGNEMENT DU BIM DANS LES ÉCOLES D'ARCHITECTURE FRANÇAISES. Quel est l'état actuel de l'enseignement du BIM dans les écoles d'architecture françaises?* » mémoire de fin d'étude, ENSA TOULOUSE

« Le BIM : un atout pour l'architecture », ordre des architectes, juillet 2015

Ordre des Architectes, 2015, « *Archigraphie - chiffres et cartes de la profession d'architecte (2015)* »

BuildingSmart ,iug/idmc, 05/12/10, ver.1.2 ,“*Information Delivery Manual, Guide to Components and Development Methods*”

Balaguer, D. PERSPECTIVES, Juin 2014, n°57 p 19

Sites internet

« AIA Contract Documents E-Series: Exhibits - The American Institute of Architects ». Consulté le 20 juillet 2016. <http://aia.org/contractdocs/AIAS076751>.

« About buildingSMART | buildingSMART | buildingSMART ». Consulté le 26 juillet 2016. <http://buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/>.

« Apprendre le BIM, se former au BIM ». Consulté le 20 juillet 2016. <http://www.objectif-bim.com/index.php/apprendre-le-bim/lecon-13-l-index-de-maturite-bim>.

“Bilal Succor | University of Newcastle - Academia.edu.” Consulté le 15 juillet 2016. <https://newcastle-au.academia.edu/BilalSuccar>.

« BPMN Specification - Business Process Model and Notation ». Consulté le 2 août 2016. <http://www.bpmn.org/>.

« CREDOC, Enquêtes sur les « Conditions de vie et les Aspirations », Consulté le 15 juillet 2016, <http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R297.pdf>

« Mieux comprendre les GIX | nantes-ix : Nantes Internet eXchange ». Consulté le 28 juillet 2016. <http://nantes-ix.fr/gix/mieux-comprendre-les-gix/>.

« Assises du BIM » Consulté le 11 juillet 2016
<http://www.culturecommunication.gouv.fr/Politiques->

[ministerielles/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Actualites-des-ecoles/Les-assises-du-BIM-dans-l-architecture-ENSA-de-Paris-Val-de-Seine](#)

« Le Commissariat Général à l'Investissement | Gouvernement.fr ». Consulté le 19 juillet 2016. <http://www.gouvernement.fr/le-commissariat-general-a-l-investissement>.

« BIM ThinkSpace: Episode 3: Focus on Information ». Consulté le 20 juillet 2016. http://www.bimthinkspace.com/2005/12/the_bim_episode_1.html. Issu des travaux de Bilal SUCCAR

« BIM 4D 5D 6D 7D XD, signification de ces nouvelles dimensions? » Consulté le 25 juillet 2016. <http://www.objectif-bim.com/index.php/bim-maquette-numerique/le-bim-en-bref/bim-2d-3d-4d-5d-6d-7d-xd>.

« Information Delivery Manual Guide to Components and Development Methods — buildingSMART International User Group ». Consulté le 5 juillet 2016. http://iug.buildingsmart.org/idms/development/IDMC_004_1_2.pdf/view.

« LOD Workflow Support in Vico Office | Implementing the MPS ». Consulté le 5 août 2016. <http://www.vicosoftware.com/agc-bimforum-denver-prefabrication/lo-d-workflow-in-vico-office-mps>. BIMForum , 2015 , "Level of Development Specification ©"

« Confirmation ». Consulté le 4 août 2016. <http://shop.bsigroup.com/forms/PASs/PAS-1192-2-2013/Confirmation/>.

« Mediaconstruct > Mission numérique > Guide méthodologique Convention BIM ». Consulté le 30 juillet 2016. <http://www.mediaconstruct.fr/mission-numerique/guide-methodologique-convention-bim>.

« Les écoles d'architecture - Architecture - Ministère de la Culture et de la Communication ». Consulté le 5 août 2016. <http://www.culturecommunication.gouv.fr/Politiques-ministerielles/Architecture/Formations-Recherche-Metiers/Les-formations-d-architecte-et-de-paysagiste/Les-cursus-et-les-diplomes/Les-ecoles-d-architecture>.

VI Annexes

Résumé des assises du BIM, ENSA Marseille 2016	p 80-85
Verrous identifiés par le groupe de réflexion de PIA	p 88-89
Questionnaire de l'enquête « BIM ou non ? »	p 91-96
Résultats du Questionnaire de l'enquête « BIM ou non ? »	p 98-116
« LE BIM DANS LE SECTEUR DU BTP » Ressenti des architectes	p 117

ASSISES BIM

ENSA Marseille

Vendredi 15 et samedi 16 avril 2016

Vendredi 15 avril :

Introduction des assises

par le Directeur de L'ENSA Marseille, Mr J.M ZURETTI

Il a ainsi ouvert la seconde assise BIM, la première s'étant déroulée à l'ENSA Paris Val de Seine en Janvier 2016, devant les 60 participants de provenances diverses (enseignants, chercheurs, praticiens...). Mr ZURETTI a rappelé que ces assises ont pour but de répondre aux quatre responsabilités des écoles face aux évolutions technologiques. Elles doivent préparer les étudiants aux futures pratiques, assurer une formation des architectes, former ses enseignants et assurer les bases pour la gestion des agences du futur. Il y a donc une clarification à faire dans les programmes pédagogiques des écoles. Il faut enseigner et comprendre les problématiques du continuum numérique.

Cette brève introduction a été suivie d'une série de trois conférences sur **le thème des échelles numériques des territoires, de la ville, de l'édifice.**

Thème 1 : Les échelles numériques des territoires, de la ville, de l'édifice

BIM et échelles de conception, de la transition écologique à la rénovation énergétique

Le quartier, une échelle carrefour pour la maquette numérique,

Patricia BORDIN, Enseignant Chercheur ESTP-EIVP-ENPC

Venant du monde des Systèmes d'Information Géographiques, Mme BORDIN nous expose l'évolution des outils de cartographie, qui deviennent de plus en plus numériques. Ils sont en effet incontournables dans les formations de géographie. Ils permettent de gérer une grande échelle avec un nombre important de paramètres issus de bases de données. Le BIM permet cette même approche numérique détaillée au niveau du bâtiment. Malheureusement, à l'heure actuelle, il n'existe aucun outil qui permet de lier ces deux échelles de travail et ainsi travailler au niveau lotissement avec le BIM ou de lier les deux niveaux d'informations. Comment peut-on créer un outil collaboratif rassemblant ces deux niveaux ? Il existe pour le moment une barrière fondamentale entre ces deux outils. En effet, le SIG est conçu à la base pour des modèles de cartes en 2D, ne gérant que des points et des lignes et non des volumes complexes avec des courbures comme peut le faire le BIM. Il y a donc un bond technique à faire franchir aux SIG même si certains logiciels sont capables de faire des volumétries 3D de base, ainsi que des textures sur des surfaces en 3 dimensions. Il y a donc une vraie question sur l'usage de ces logiciels pour les architectes, leur conception volumétrique et l'évolution et de la collaboration entre les différents modèles 3D existants.

Cartographie et modélisation des territoires

Bernard FERRIES, LRA, ENSA Toulouse

Enseignant à l'ENSA Toulouse, Mr FERRIES nous offre un panorama des enseignements du SIG. Son apprentissage des SIG est obligatoire dès la 2^{ème} année et permet de donner aux étudiants des connaissances sur un logiciel gratuit de cartographie. Ceci permet de leur fournir une formation sur un outil performant de création de carte qui pourra leur servir tout au long de leurs études pour diverses analyses. En Master 2, une autre formation (Ville 3D) est proposée, sur la base du volontariat. Il s'agit d'un module de 39h, où les étudiants modélisent le territoire et leur implantation de projet en 3D. Il s'agit là de créer un environnement géographique en 3D réaliste, permettant de tester les implantations urbaines à différentes échelles. Il en ressort que les étudiants expriment un fort intérêt pour ces outils. Une formation en L2 leur permet de compléter leurs connaissances et exigences sur ces outils, tout en leur permettant de créer un grand nombre de cartes pour leurs projets (tout en enrichissant la base de données cartographique). Ces cours nécessitent une veille constante pour répondre à l'évolution des outils et ainsi ouvrir les cours sur les nouvelles possibilités qu'ils peuvent offrir.

Du fait des résultats obtenus avec le cours de M2, il se pose la question de rendre cet enseignement obligatoire dans le cursus général.

BIM sémantique et interopérable

Christophe NICOLLE, professeur des Universités, Université de Bourgogne, IUT de Dijon, Laboratoire Electronique, Informatique et Image UMR CNRS 6306

La problématique principale du BIM sémantique est l'intelligence sémantique. C'est-à-dire, la capacité à lier les informations entre elles et à les interpréter. Pour cela, les études de Mr NICOLLE se basent sur le web sémantique, qui est déjà très avancé dans ce domaine. En effet, des systèmes d'interprétation des besoins comme la proposition de recherches liées aux sites consultés sont très développés. On peut se poser la question d'une application d'un tel système lié au bâtiment et sa maintenance. Tout ceci pose, du coup, le problème du stockage des données de vie et leur récolte.

Le BIM offre la possibilité d'avoir de base un modèle sémantique détaillé d'un bâtiment et donc d'offrir un socle à un modèle de maintenance. De plus, ces modèles sont déjà équipés d'outils intelligents, tels des thermostats et ventilations contrôlés par capteurs.

Pour optimiser leurs usages et offrir à la fois une possibilité de réalité augmentée et de maintenance en temps réel, il faudrait les coupler à un profilage des utilisateurs. Mr NICOLLE nous a exposé ses diverses expériences de profilage des usagers et de leurs habitudes par un système de caméra et de reconnaissance des individus. Ce système, couplé à un modèle 3D, permet de voir en temps réel les déplacements, d'identifier les individus et donc de gérer les flux et les usages. Ce système permettrait un entretien et une gestion plus raisonnée du bâti.

Ces données seraient stockées pour être analysées et pour optimiser les usages des locaux (usure des sols, chauffage, électricité...) et seraient donc le Big BIM data. Celui-ci pourrait être associé à une intelligence artificielle, à des applications de réalité augmentée (température, divertissement,...), à un modèle de gestion économique pour la gestion de patrimoine... Les possibilités sont multiples.

Thème 2 : Les outils numériques au service du patrimoine

Collaborations pluridisciplinaire – méthodes et outils de gestion de l'information au service du patrimoine

L'analyse des structures anciennes : de la réalité à la modélisation numérique

Justine AUFRADET, architecte DE, Ingénieur structures anciennes, Unanime Architectes-Ingénieurs

Mme AUFRADET nous a exposé le travail et les techniques de son agence. Elle privilégie l'usage d'outils numériques pour analyser les structures anciennes. En effet, son agence emploie un large nombre d'outils technologiques pour faire des analyses non destructives. Par exemple, l'emploi de caméras thermiques pour révéler la structure des murs ou des planchers, une analyse radar des maçonneries.... Le tout permet d'analyser l'état de construction et de repérer la chronologie de sa construction. Avec tous ces éléments, il est possible de créer un modèle 3D mettant en avant les différents éléments du bâtiment, en fonction de leur date de construction.

Le BIM s'impose donc comme un moyen de centraliser et modéliser toutes ces informations. Il se pose donc la question de l'outil BIM à l'intégration des données issues de scans radar, thermique, laser... Comment peut-il lier efficacement et les interpréter ? Il s'agit d'un besoin et d'une attente persistante des agences travaillant sur le patrimoine. Qu'en sera-t-il dans le futur ?

De la numérisation 3D aux systèmes d'information spatialisés pour l'étude de l'état de conservation d'édifices historiques

Livio de LUCA, UMR CNRS/MCC MAP

Les méthodes de relevés ont grandement évolué ces dernières années avec l'apparition et la démocratisation de toute une batterie d'outils techniques et numériques. Ceux-ci permettent une acquisition de données automatisées sur de grandes surfaces. Il se pose alors le problème de la surcharge d'informations que cela produit. Pour éviter cet écueil, il est nécessaire de créer de nouvelles méthodologies de travail et de mieux gérer les données. On peut ainsi se poser la question de l'apparition d'un nouveau mode de représentation des données, non plus géométrique mais sémantique pour faire face à la complexité du patrimoine. En effet, il est extrêmement varié par ses formes, ses dénominations et sa classification. On est face à un domaine avec une infinie variété.

Il a donc été testé, avec le MCC MAP, un modèle de formalisation des connaissances avec une bibliothèque d'éléments classiques. Cette base de données permettait de faire un tri rapide des éléments scannés/numérisés en grandes familles par superposition du modèle, dit idéal, sur ceux scannés, permettant de reconnaître sa famille d'appartenance. Ces modèles de comparaison pouvaient être adaptés manuellement pour identifier les éléments aux mesures non standards, mais qui correspondent à la famille. On en revient à la question de la pertinence des modèles orientés objet et non un modèle sémantique ou autre. Cette nouvelle approche pourrait permettre de propager des informations (dates, modifications,...) sur d'autres supports et modèles (photos...).

On pourrait voir ainsi, un modèle qui reconnaît la position de photos sur la modélisation et qui superpose les informations sur ladite photo. On aurait un outil qui renseigne ainsi plusieurs supports et permettrait d'avoir un élément pour suivre les évolutions des restaurations.

BIM et patrimoine : enjeux techniques et doctrinaux

Elsa RICAUD, Architecte du patrimoine, associée de l'agence Sunmetron

La question de l'utilisation du BIM dans le patrimoine est primordiale pour toutes les agences travaillant sur des monuments historiques. L'agence Sunmetron appuie son travail sur l'utilisation de nombreux éléments relevant du continuum numérique, comme l'impression 3D et l'utilisation de logiciels BIM. Ces nouveaux éléments dans le monde du patrimoine leur ont offert un gain de temps, avec un prototypage plus rapide, des modèles plus précis. Pour autant, le retour sur investissement n'a pas encore été vu ou calculé. En effet, de telles méthodes, liées à des méthodes d'analyse non destructives (humidomètre, ferroskan, scan 3D, imagerie scanner...) sont coûteuses. Le grand handicap est la dissociation des formats pris en charge par les logiciels BIM, qui entraînent un surcoût financier et temporel par l'utilisation d'un grand nombre de logiciels distincts.

A part l'absence de continuum entre les outils, l'une des plus grande remarque énoncée est l'absence d'élément propre au bâti ancien. En effet, tous les logiciels BIM offrent des interfaces et outils uniquement dédiés au bâti neuf et à sa conception. L'expérience de l'agence a montré qu'il serait utile de créer des éléments dédiés aux pathologies, ce qui offrirait un gain de temps important. On pourrait aussi imaginer un outil qui puisse simuler l'évolution de ces pathologies et les zones où elles seraient les plus à même d'apparaître. Quel avenir pour un BIM orienté patrimoine ?

Atelier : Quels retours d'expérience ? Prospectives pédagogiques pour la formation initiale

Sujet : Patrimoine et processus numériques

Animé par Marine BAGNERIS, MAP-GAMSAU, ENSA Marseille

Le débat de cet atelier devait se porter sur le patrimoine. Mais, dès le début, le problème soulevé a été le fait présumé que le BIM n'offre aucune méthode de travail, une absence de réalité des étudiants (perte de la pesanteur). Le débat a donc tourné sur : le BIM est-il un outil ou une fin ? Il y a donc eu un débat sur la volonté de l'enseigner ou non. Ne vaut-il pas mieux ne pas l'enseigner du tout ? (selon certains). Il s'avère que les étudiants ont des problèmes sur la gestion des échelles à cause du zoom et cela gêne la conception. L'outil non maîtrisé est un véritable handicap pour certains. Mais, les étudiants ont une prédisposition de plus en plus flagrante à la maîtrise des outils et apprennent vite. Le débat n'a pas abouti à une vision claire du problème entre les partisans du BIM outil et ceux du BIM en fin

Thème 3 : De la conception à la fabrication, pratiques et expériences pédagogiques

Nouvelles pratiques basées sur l'évolution de la technologie numérique. Expérimentations collectives – Initiatives locales, nationales et internationales

1789. Et après ?

Lionel du PELOUX, doctorant Navier – Ingénieur TESS

Somme-nous conscient de la révolution qui s'opère ? Depuis le début des civilisations, nous avons fait face à des révolutions des supports de stockage de nos connaissances. Du début de l'écriture, des premiers livres en passant par l'imprimerie, nous avons cessé de stocker de plus en plus d'informations et de les rendre de plus en plus accessibles. L'arrivée du big data s'impose comme une nouvelle révolution. Cette révolution apporte une masse de données impressionnante et une impossibilité de la gérer. La technologie influence sur notre pensée, sur notre manière de concevoir et de travailler. Comment allons-nous faire évoluer notre pensée ? L'avons-nous déjà fait ?

L'un des défis de demain qui s'impose est l'interopérabilité pour offrir une conception multi objective. Nous voyons déjà des outils apparaître offrant une partie de ces fonctions. Mais ces outils ne sont pas créés par leurs utilisateurs, ce qui limite leurs usages. L'informaticien, né à l'ère du numérique, a produit les outils de toute une génération. Mais les outils, qui échappent à leurs utilisateurs sont-ils adaptés ? Peut-on détourner les outils que l'on nous impose et s'appropriier au fur et à mesure leur conception et création ? Avant le menuisier produisait ses propres outils, qu'en sera-t-il pour le travailleur de demain ? Sera-t-il subordonné pour toujours à l'informaticien ?

Vers une pédagogie collaborative de recherche-action

Adrien DE BELLAIGUE, Architecte DPLG, ENSAP Lille

Mr DE BELLAIGUE enseigne le projet à l'ENSAP Lille. Il a présenté la volonté qu'ont ses cours à lier projet et numérique. Pour offrir des projets à la hauteur de ses ambitions novatrices, ses cours font appel à différents sponsors et partenariats pour obtenir des matériaux et une aide technique de différents acteurs (écoles d'ingénieur, les compagnons du devoir, entreprises....). Deux cours sont présentés en détail : « l'atelier Renaissance » et la « Fabrication additive ». Le premier a pour but de produire un pavillon à échelle 1/1 dans la ville de Lille. Pour cela, les étudiants travaillent de la conception à la fabrication en essayant d'avoir la méthode la plus innovante possible, combinant les divers niveaux de détails nécessaires à une réalisation 1/1.

Thème 4 : La mutation des métiers de la conception à l'ère du numérique

Evolution des métiers et nouvelles compétences

Pédagogie du projet d'architecture et d'ingénierie : BIM, utopie collaborative ?

Laurent LEHMAN, Architecte, Ingénieur, Eliet&Lehman

Le BIM, utilisé sur un seul poste n'offre qu'un éventail partiel de ses capacités. En effet, le monde d'aujourd'hui est mondialisé, par ses échanges, par ses réseaux connectés. On ne travaille plus seul. Pourtant actuellement, on travaille encore seul. Nos outils ne sont pas compatibles entre eux. Mr LEHMAN travaille depuis longtemps avec les outils BIM. Il a ainsi pu tester les différences entre ce qui a été modélisé et ce qui a été livré. De nombreuses erreurs se sont glissées dans les documents et font que l'étape chantier n'a pas été réellement impactée par la modélisation. Le BIM ne serait donc pas mûr et offrirait un outil imparfait pour le moment, pour ce qui concerne la correspondance des documents pour la phase chantier. Mais, il offre un outil intéressant dans la conception et dans la mise en valeur du projet. En effet, le fonctionnement en modélisation 3D permet de voir certaines erreurs de 2D et de fournir des rendus et visuels intéressants.

Data driven design- Quelles évolutions des pratiques et des compétences

Aurélie de BOISSIEU, MAACC, ENSA la Villette et Sandra MARQUES, LRA, ENSA Toulouse

Quel est le rapport entre le BIM et le Data Driven Design ? Pour répondre à la question phare de son exposé, Mme de BOISSIEU s'est d'abord attachée à faire comprendre son usage : savoir organiser les données en vue de les traiter et de les orienter vers les bons outils. Ce flux d'informations évolue en même temps que les pratiques des architectes. On a ainsi, en parallèle, une hausse des compétences et des qualifications des acteurs, une augmentation de leurs caractères interdisciplinaires et donc une explosion des pratiques collaboratives. Ce cocktail d'éléments en mouvement pose la question

de la réelle adaptation et évolution des connaissances de l'ensemble d'un corps de métier à un monde qui change. Contrairement à ce qu'on pourrait croire de l'évolution du BIM en Angleterre, on a plus de discussions que de réelles évolutions des méthodes. L'Australie est la plus avancée sur le sujet. Le gouvernement a déjà mis en place une classification de ses usages. En France, le débat est encore vif. Quelles sont nos compétences en computational design ? Comment maîtriser un outil si on ne maîtrise pas sa conception ? Pour cela, le débat reste bloqué sur les questions d'usages, de bienfaits... Pour avancer, le débat devra se débloquent.

Verrous identifiés par le groupe de réflexion du PIA

Document rédigé par le comité du PIA

5.1.1 VERROU 1 : Discontinuités dans le continuum numérique

- Deux types de verrous concernant le continuum :
 - Au sein d'une même étape (peu d'éléments sur la maintenance, approfondir)
 - Discontinuité entre différentes étapes (notamment conception/chantier)
- le continuum n'est assuré ni au niveau de la pratique, ni au niveau de l'enseignement
- la discontinuité n'est pas uniquement dans le transfert d'informations mais dans les différentes méthodes de travail, le langage, les qualifications

5.1.2 VERROU 2 : Inadaptation de la formation

- Seulement quelques étapes du continuum sont enseignées
- Il n'existe pas ou peu de structure transdisciplinaire
- Le cloisonnement disciplinaire constitue un verrou pédagogique : il y a peu d'intégration de l'apprentissage de la pensée numérique en atelier de projet.
- L'inaccessibilité (coût, temps) des formations aux professionnels constitue un verrou. Les Mooc (cours en ligne) pourraient permettre de lever ce verrou.
- L'évolution rapide des technologies : il faut donc former à la pensée numérique de manière générale et non pas seulement à l'utilisation d'outils. Les futurs professionnels doivent être en capacité de s'adapter et d'intégrer ces évolutions rapides.
- Différentes expérimentations pédagogiques concernant le numérique existent dans les ENSA. Il n'y a cependant pas de capitalisation des connaissances acquises grâce à ces expérimentations. Cela constitue un frein dans le développement d'une pédagogie commune.
- Le « continuum numérique » correspond à une continuité de l'information entre les différentes étapes du cycle de vie du bâtiment. Pourquoi ne pas penser une « continuité pédagogique » ? L'enseignement doit être progressif et intégrer toutes les étapes du cycle de vie du bâtiment : ce n'est pas le cas aujourd'hui.

5.1.3 VERROU 3 : Défaut de transfert de connaissances entre la recherche, la pédagogie et les pratiques métier

- Il existe un fossé entre recherche et enseignement / pratique
- La recherche développe des outils, qui restent au stade de prototype, inutilisables en l'état pour la pédagogie.
- Le transfert de connaissances existe entre la recherche et l'enseignement (enseignants chercheurs) mais le fossé est tellement grand qu'il n'est pas évident et souvent pas facilement intégrable : pourquoi ne pas faire de la recherche en relation avec la pédagogie directement ?
- Il n'existe aucune plateforme qui permet de capitaliser les outils issus de la recherche qui pourraient être exploitables pour l'enseignement (prototypes, etc.)

5.1.4 VERROU 4 : Inadaptation des outils et méthodes de travail aux pratiques métier

- L'inaccessibilité (coût) de certains outils constitue un des principaux verrous aujourd'hui.
- dans la phase de conception : problème d'appropriation des outils : les architectes sont dépendants des outils que l'on met à leur disposition. Mais ils n'ont pas formalisé de besoin/demande.
- Les architectes sont dépendants des outils que l'on met à leur disposition :
 - Est-il possible de collaborer avec des éditeurs de logiciel ? Les architectes n'ont pas formalisé leur demande et leurs besoins vis-à-vis des outils : faut-il approfondir l'étude des pratiques et des usages pour formuler cette demande ?
 - Proposition d'un open-continuum numérique, qui permettrait aux architectes d'agir sur leur outil. Il s'agit également peut-être de former les architectes à modifier leurs outils pour les adapter à leurs besoins (programmation ?).
- Les technologies actuelles sont des technologies de rupture, elles bouleversent également les pratiques collaboratives, qu'il faut réinventer et se réapproprier.

BIM ou non?

Ce questionnaire a pour but d'avoir une vue d'ensemble de l'enseignement des logiciels BIM dans les différentes écoles d'architecture ou d'ingénieur. Il permettra de voir l'intérêt que portent les étudiants et la pédagogie à son enseignement.

*Obligatoire



Votre profil

Pour mieux vous connaître!

1. Quel est votre âge? *

2. Dans quel domaine étudiez vous? *

Une seule réponse possible.

- Architecture
- Ingénieur BTP
- Double cursus architecte-ingénieur
- Autre :

3. Dans quel établissement étudiez vous? *

Plusieurs réponses possibles.

- ENSA Paris-Belleville
- ENSA Paris-Malaquais
- ENSA Marne-La Vallée
- ENSA Paris-Val de Seine
- ENSA Versailles
- ENSA Paris-La Villette
- ENSAP Bordeaux
- ENSA Bretagne
- ENSA Clermont Ferrand
- ENSA Grenoble
- ENSAP Lille
- ENSA Lyon
- ENSA Marseille
- ENSA Montpellier
- ENSA Nancy
- ENSA Nantes
- ENSA Normandie
- ENSA Saint-Etienne
- ENSA Strasbourg
- ENSA Toulouse
- Ecole Spéciale d'Architecture
- MINES
- INSA
- Autre :

4. En quelle année d'étude êtes vous? *

Une seule réponse possible.

- L1
- L2
- L3
- M1
- M2
- Doctorat
- HMO

5. **Avez vous déjà étudié ou travaillé à l'étranger? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

6. **Si oui, dans quel(s) pays?**

.....

Connaissance du sujet "BIM"

7. **Savez vous ce que veut dire BIM? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

8. **BIM signifie:**

Plusieurs réponses possibles.

- Batiment Identifié et Modélisé
 Building and Ingeneering Modelling
 Building Information Model(ling)
 Building Information Management

9. **Selon vous, le quel de ces logiciels est un logiciel type BIM? ***

Plusieurs réponses possibles.

- Autocad
 Revit
 Sketchup
 Photoshop

10. **Qu'est ce qu'un «IFC» ? ***

Une seule réponse possible.

- Un logiciel
 Un format de fichier
 un poste (métier)
 un type d'ordinateur

11. **Savez-vous ce que signifie «interopérabilité» ? ***

Une seule réponse possible.

- Non
 Oui

12. **Si oui, définissez:**

.....

Votre pratique des logiciels

13. Quels logiciels sont enseignés dans votre école? *

Plusieurs réponses possibles.

- Photoshop
- Indesign
- Vectorworks
- Autocad
- Sketchup
- Rhino3D
- Revit
- Archicad
- Allplan
- Autre :

14. Attachez vous de l'importance à la maîtrise des logiciels? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

15. Si oui, lesquels (logiciels)?

.....

16. Ratez vous souvent des cours d'informatique au profit d'autres cours? *

Une seule réponse possible.

- Oui
- Non

17. Si oui pour quels cours?

Plusieurs réponses possibles.

- Projet
- Art plastique
- Structure
- Autre :

18. Travaillez-vous directement à partir d'une 3D, ou produisez-vous vos documents 2D (plans, coupes) séparément ? *

Une seule réponse possible.

- Je produis mes documents à partir de la 3D
- Je produis mes documents séparément de ma 3D

19. Durant vos différentes expériences professionnelles, avez-vous travaillé plus souvent dans des agences/bureaux d'étude qui travaillaient directement en 2D ou en 3D? *

Une seule réponse possible.

- Plus souvent en 2D (AutoCAD, etc.)
- Plus souvent en 3D (ArchiCAD, Revit, Allplan)

20. **Avez vous un réel gain de temps en utilisant une maquette numérique pour la productions de documents? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

21. **Avez vous déjà travaillé dans une entreprise qui avait recours à la 3D? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

22. **Si oui, utilisez-vous le modèle 3D pour:**

Une seule réponse possible.

- Pour les besoins de la visualisation uniquement (modélisation uniquement pour une perspective)
 Pour produire des documents (plans, coupes)
 Pour produire des nomenclatures, métrés et quantitatifs
 Pour l'utiliser comme support de simulation (simulation en interne : 4D, thermique, lumière, structure...)
 Pour l'échanger avec un bureau d'études
 Pour le livrer au client : il demandait un IFC.

23. **Evaluez votre capacité à créer une maquette numérique(avec ArchiCA D, Revit ou Allplan uniquement) ***

Une seule réponse possible.

- Très Bonne
 Bonne
 Moyenne
 Très mauvaise

Bilan

24. **Pensez vous que l'enseignement que vous avez suivi est adapté à l'utilisation et à la maîtrise de ces outils? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

25. **Pensez vous que le BIM sera un outil obligatoire dans les prochaines années? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

26. **Pensez vous que le BIM est une contrainte pour votre liberté de dessin et de création? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

27. **Pensez vous que vous maîtrisez les méthodes de travail nécessaire pour utiliser ces logiciels en groupe ou dans une entreprise? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

28. **Ce questionnaire vous a-t-il permis de vous intéressé au BIM? ***

Une seule réponse possible.

- Oui
 Non

29. **Quels seraient les modifications à adopter pour enseigner le BIM, selon vous?**

.....
.....
.....
.....

Merci!

Votre aide m'a été précieuse!

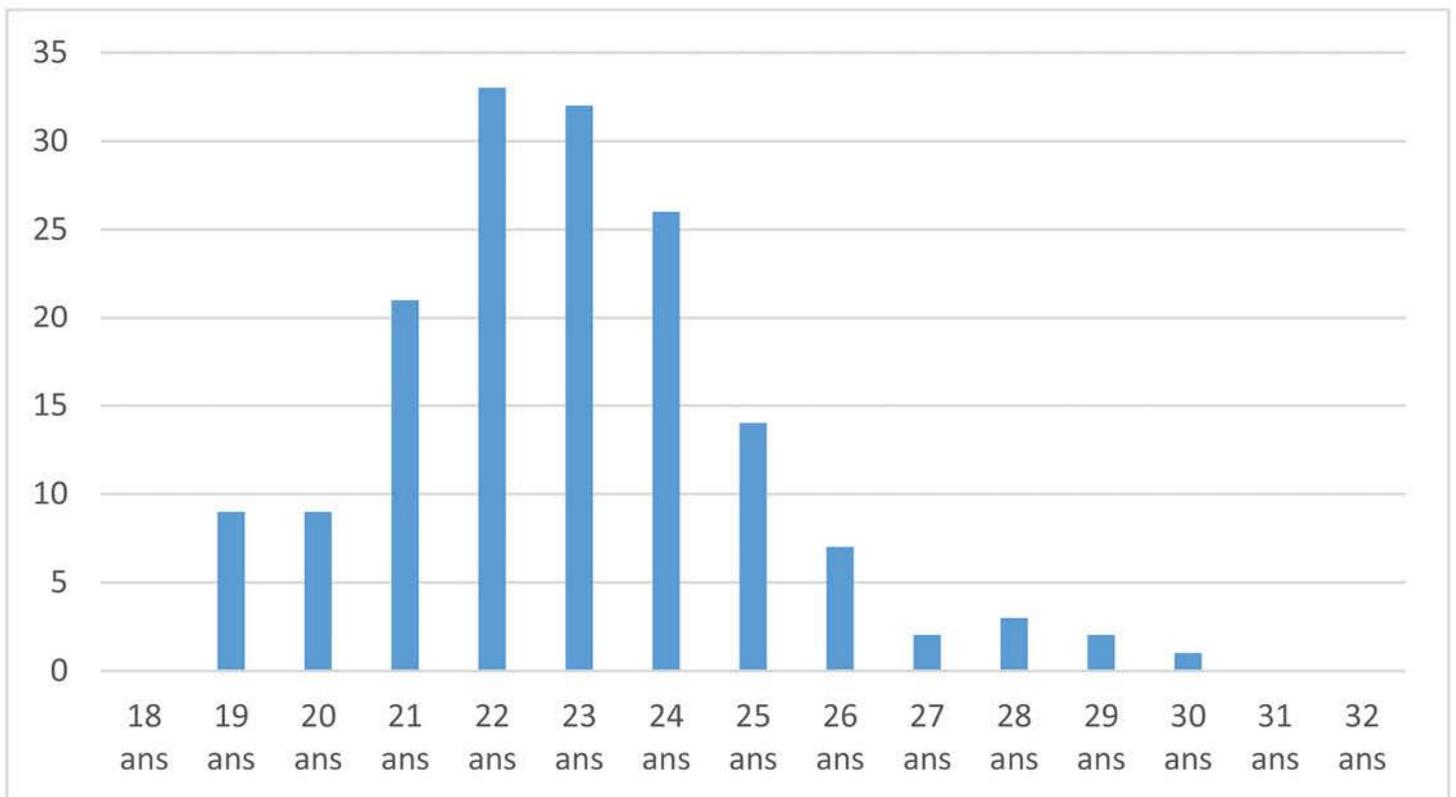
Résultats du questionnaire de l'enquête « BIM ou non ? »

Résumé

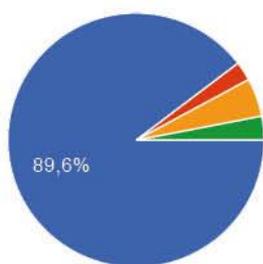
[Image]

Votre profil

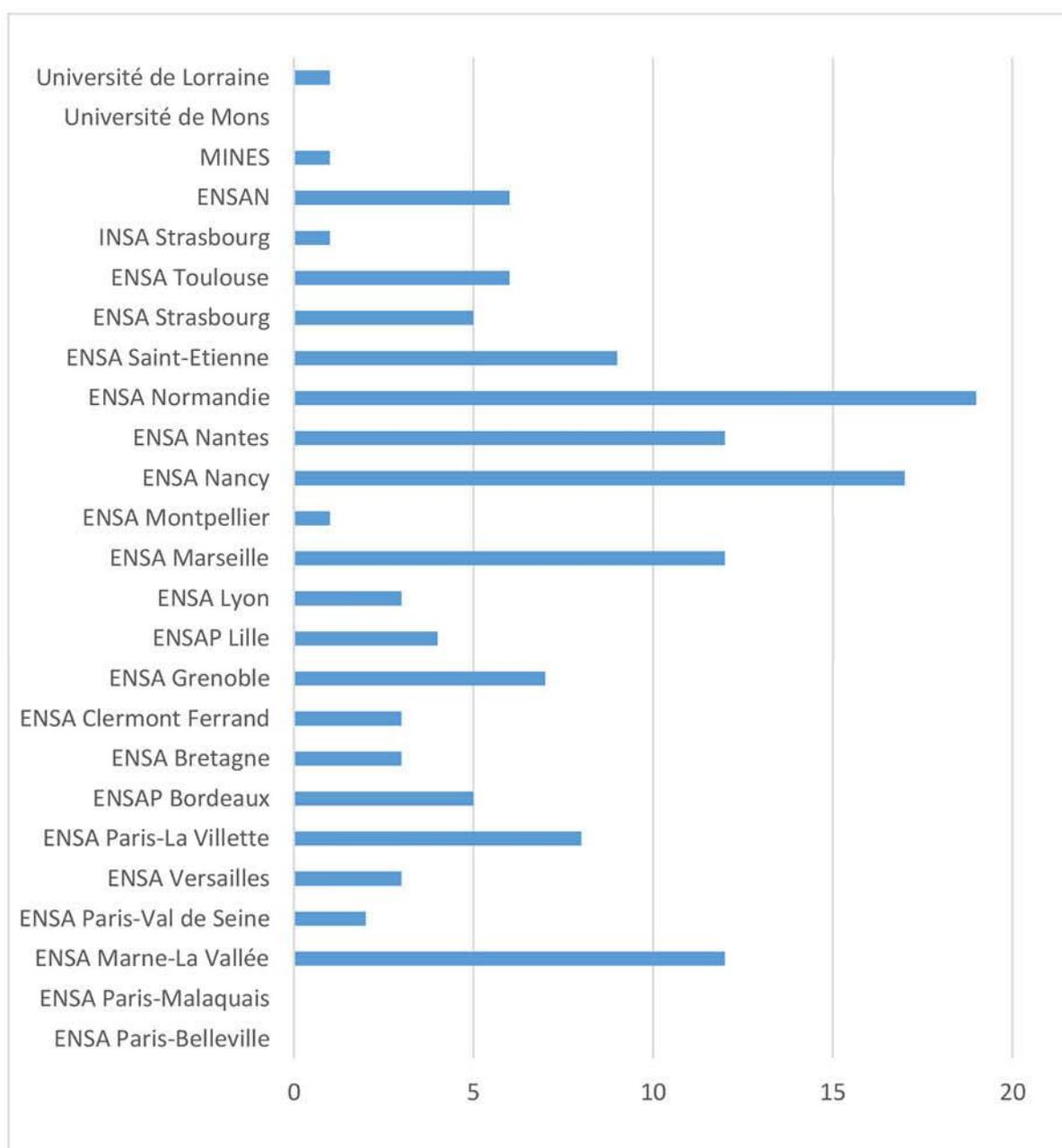
Quel est votre âge?



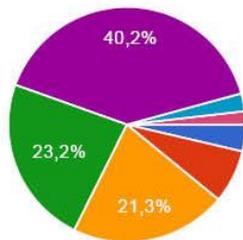
Dans quel domaine étudiez vous?



Dans quel établissement étudiez vous?

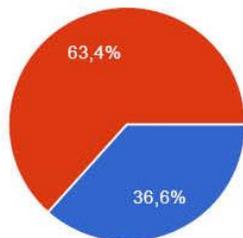


En quelle année d'étude êtes vous?



L1	6	3.7 %
L2	12	7.3 %
L3	35	21.3 %
M1	38	23.2 %
M2	66	40.2 %
Doctorat	4	2.4 %
HMO	3	1.8 %

Avez vous déjà étudié ou travaillé à l'étranger?



Oui	60	36.6 %
Non	104	63.4 %

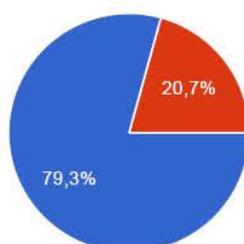
Si oui, dans quel(s) pays?

Italie
Allemagne
Pologne
Maroc
Canada
Japon
Bulgarie
Suisse
italie
Ukraine
Allemangne
Luxembourg
Angleterre
Bresil
Canada/USA
Argentine
Burkina Faso
Slovénie
Angleterre et Suede
Danemark, Pays-Bas
Espagne, Belgique
hongrie, finlande
Grèce
Roumanie

Travailler 7mois en angleterre
Uruguay
Allemagne, Munich, TUM
Bresil, USA
Algérie
Suisse, Allemagne
Portugal
Singapour
Sri Lanka
USA
Allemagne, autiche, portugal, estonie, espagne
Hongrie, Budapest
TURQUIE
Colombie
Cuba
Syrie
Autriche
Luxembourg, Italie
Grande-Bretagne
Brésil

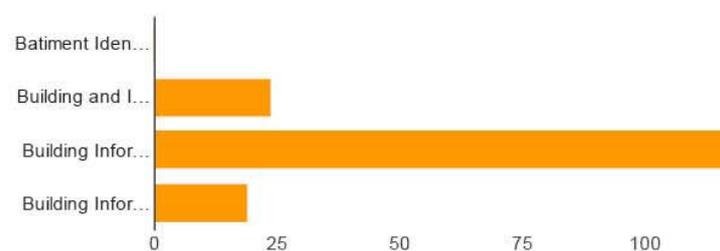
Connaissance du sujet "BIM"

Savez vous ce que veut dire BIM?



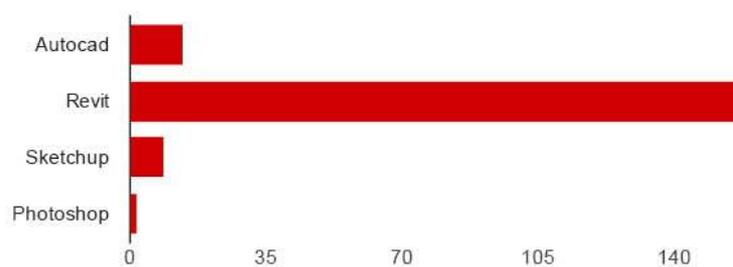
Oui	130	79.3 %
Non	34	20.7 %

BIM signifie:



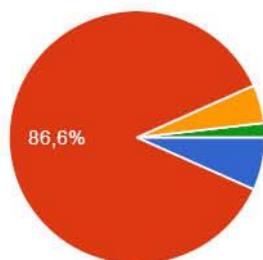
Batiment Identifié et Modélisé	0	0 %
Building and Ingeneering Modelling	24	15.8 %
Building Information Model(ling)	117	77 %
Building Information Management	19	12.5 %

Selon vous, le quel de ces logiciels est un logiciel type BIM?



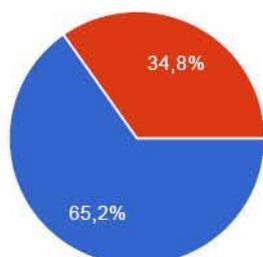
Autocad	14	8.5 %
Revit	157	95.7 %
Sketchup	9	5.5 %
Photoshop	2	1.2 %

Qu'est ce qu'un «IFC» ?



Un logiciel	11	6.7 %
Un format de fichier	142	86.6 %
un poste (métier)	8	4.9 %
un type d'ordinateur	3	1.8 %

Savez-vous ce que signifie «interopérabilité» ?



Non	107	65.2 %
Oui	57	34.8 %

Si oui, définissez:

Le fait de pouvoir travailler entre plusieurs logiciels partageant les mêmes données, sans devoir repartir de zéro à chaque changement de logiciel. (Non ?)

Permettre l'utilisation entre différents moyens et personnes d'un même élément

par si par la

pas de changements d'interface

faire des opérations entre plusieurs acteurs

Capacité d'un logiciel orienté BIM à transférer sans perte les données de sont modèles vers tout autre logiciel orienté BIM

Cela correspond en la connexion entre différents logiciels, et leurs capacité à communiquer et échanger de l'information entre eux.

PASSAGE D'UN LOGICIEL A L'AUTRE DANS TOUT LES SENS

ex : format commun qui peut être exploité par différents logiciels même d'éditeurs différents.

possibilité d'adaptation à toutes les opérations et logiciels

intéragir dans des domaines différents sur une base commune en l'occurrence pour le BIM un fichier 3d par exemple

possibilité de consulter et modifier un modèle dans plusieurs logiciels

Relation entre les différents acteurs d'un même projet

c'est la possibilité d'utilisé un meme fichier IFC ou autre sur un autre logiciel type BIM (si possible sans perte de trop de donnée :))

qui peut être utilisé par plusieurs logiciels

opérable entre différents logiciels

quelque chose qui permet le partage de données a travers differents logiciels

pour IFC je sais pas c est quoi mais je suis obligé de repondre, je pensais c'etait un menu a KFC

agir sur un même fichier et même logiciel au même moment (plusieurs personnes)

Capacité de matériels, de logiciels ou de protocoles différents à fonctionner ensemble et à partager des informations

Le fonctionnement d'un meme modele pour differents corps de metiers

Possibilité de travailler grâce à différents logiciels et à plusieurs

placé entre les opérations

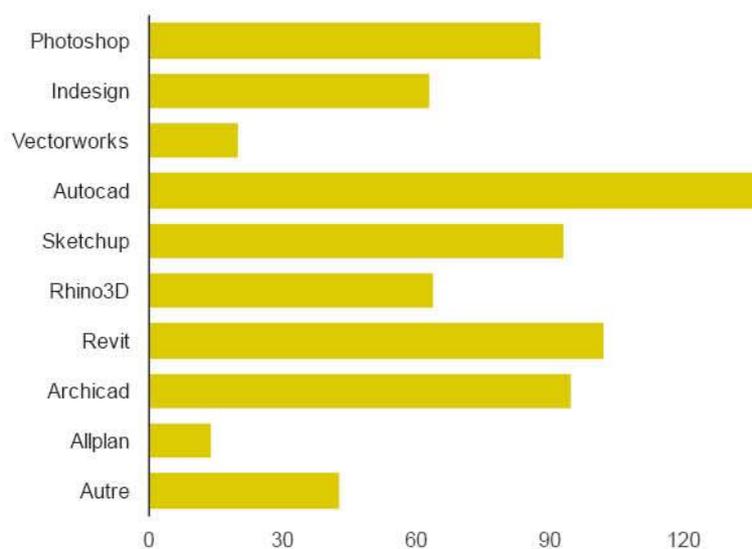
Utile à la communication entre différents acteurs

Possibilité d'échanger sans perte d'information entre les différents intervenants et logiciels

Possibilité d'un fichier à être lisible sur plusieurs logiciels différents
Fonctionnement possible d'un même fichier sur différents logiciels
possibilité de recuperer et modifier sur plusieurs plateformes
Plusieurs opérateurs peuvent agir en meme temps sur le sujet
capacité d'un fichier à s'échanger sans pertes de données
Capacité d'un fichier/document à être échanger entre différents programmes sans conversion/perte de donnée
Travail coopératif avec tous les corps de métier
Plusieurs corps de métiers peuvent utiliser le même modèle operatoire
C'est la possibilité d'échanger des informations contenues dans le logiciel, valables entre les différents utilisateurs d'une même maquette sans besoin de vérification ou de changement de format
L'échange des données (c'est une sorte de protocole)
Capacité d'un système a opérer avec différents acteurs du milieu. Un meme fichier pour un archi, un géomètre, un ingé...
La possibilité pour plusieurs "personnes" de travailler sur le même projet via un fichier lisible par tous et construit par tous
Compatibilité du fichier entre différents logiciels, de façon à assurer un flux de travail efficace sur une seule maquette 3D travaillent plusieurs acteurs
Capacitd'un fichier à être utilisé par différents acteurs du projet
Caractéristique d'un logiciel ou d'un format de fichier à produire ou contenir des informations lisibles, modifiable, compatible avec d'autres logiciels/formats.
Cest, pour le BIM, grace au format IFC , cela permet de partager , de modifier , une maquette numerique avec des logiciels differents car propre a chaque intervenant de l'acte de construire . Cets ce qui permet d'echanger plus facilement .
notion transversale: un outil peut fonctionner avec d'autres
Compatibilité entre logiciels et fichiers liés à ceux-ci (revit / Sketchup / Twinmotion par exemple)
Capacité d'un fichier à être modifiable sur plusieurs logiciels
Quand on peut ouvrir et travailler sur un même fichier avec différents logiciels
Plusieurs corps de métiers qui travaillent ensemble
La possibilité d'opération entre plusieurs plate-formes.
aucune espèce d'idée de tout ce charabia
Utilisation de la maquette BIM dans différents logiciels par différents acteurs du processus BIM

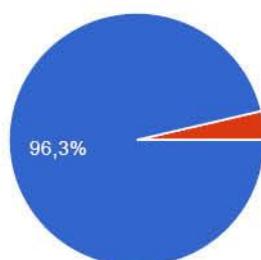
Votre pratique des logiciels

Quels logiciels sont enseignés dans votre école?



Revit	102	62.2 %
Archicad	95	57.9 %
Allplan	14	8.5 %
Autre	43	26.2 %

Attachez vous de l'importance à la maîtrise des logiciels?



Oui	158	96.3 %
Non	6	3.7 %

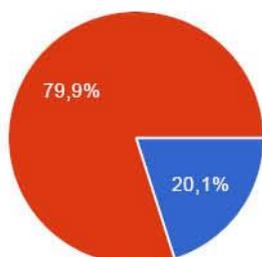
Si oui, lesquels (logiciels)?

Tous
Revit
Autocad
Archicad
archicad
autocad
AutoCAD, ArchiCAD, Sketchup et la suite Adobe
Suite Adobe
Indesign suite adobe photoshop ... Archicad autocad
Photoshop, autocad, sketchup
Ceux cochés precedemment
TOUS. On vaut rien sinon !
ArchiCAD ; Révit
Autocad/Revit/Archicad/Photoshop
Tous ceux utiles mais malgré tout tres tres peu de cours de logiciels sont dispensés a l'ENSAPBx
Tout ceux cochés
Autocad, sketchup, Adobe creative suite, artlantis, revit
archicad, revit
autocad revit photoshop indesign
AutoCad, Indesign, Photoshop
photoshop, indesign, illustrator, after effect, premiere pro, autocad, revit, 3dsmax, artlantis, rhino, solidworks
photoshop, autocad, revit, sketchup, artlantis
Archicad, AutoCAD, Revit
autocad et photoshop pour le moment mais je ne suis qu'en deuxieme année
Autocad, Archicad ou revit (qui malheureusement ne nous sont pas enseignés, du moins quand je suis passée) et un logiciel de rendu
Rhino + grasshopper
Archicad, Revit, Suite adobe
Revit Autocad Photoshop Indesign Rhino3D
CATIA
Tous ceux cités avant
Photoshop, autocad, revit, sketchup, indesign
Autocad, Archicad et Sketchup
Autocad archicad
tous
Suite Adobe, Autocad, Sketchup
Autocad, Revit, Archicad, Photoshop, Illustrator, In design
Photoshop, Autocad, Revit et autres logiciels 3D
ArchiCAD, Revit, Adobe CC
autocad, revit ou archicad

Autocad Excel inDesign Photshop Illustrator
La suite adobe, Autocad + Sketchup, et Revit pour le BIM
Revit et archicad
Suite Adobe - Archi/auto cad - modélisation 3D
REVIT, Autocad, Sketchup, Photoshop
photoshop autocad archicad
Sketchup, artlantis, autocad, archicad
photoshop, indesign, illustrator, archicad, revit, allplan, autocad (par demande des professeurs)
Autocad, Photoshop, SketchUp, Indesign, Revit
tous logiciel important à connaître
Sketchup archicad revit indesign photoshop illustrator maxwellrender rhino3d autocad
Tous les logiciels pour la 2D et la 3D
SKP, Suite Adobe, Revit
allplan
AutoCad/Revit/sketchup/artlantis etc...
autocad photoshop indesign
Le plus possible, c'est mieux d'en connaître le plus afin de maîtriser
archicad, indesign, photoshop
Photoshop, autocad, sketchup, artlantis, indesign
REVIT / PHOTOSHOP / DYNAMO
Autocad, revit, photoshop, illustrator, indesign
Indesign, Photoshop, Autocad, Sketchup, Artlantis
Revit 3DSMax Rhino3D
Tous d'une manière générale
suite adobe, autocad, sketchup, artlantis
photoshop, autocad, revit
Ceux enseignés
Revit et Autocad
PS/Illustrator/Indesign/Revit/Archicad
Illustrator, Photoshop, Revit, Indesign
PHOTOSHOP, ARCHICAD
Revit / Archicad
Revit, 3ds max, sketchup, lumion, maxwell, unity, photoshop, after effect, premiere, vray, zbrush, unreal, google earth, Cry Engine, twilight
Archicad revit photoshop
ArchiCAD, AutoCAD, Sketchup
Tous car on en a besoin après pour travailler
Photoshop, Indesign, ArchiCad, Revit, Rhino 3D, Sketchup et d'autres
Autocad, Archicad, Photoshop, Illustrator, Indesign
Photoshop, Indesign, Autocad, Sketchup, Revit
Revit, Archicad, Rhino, suite Adobe, Artlantis
revit, vray, photoshop, autocad
Autocas, archicad, photoshop, artlantis, rhino

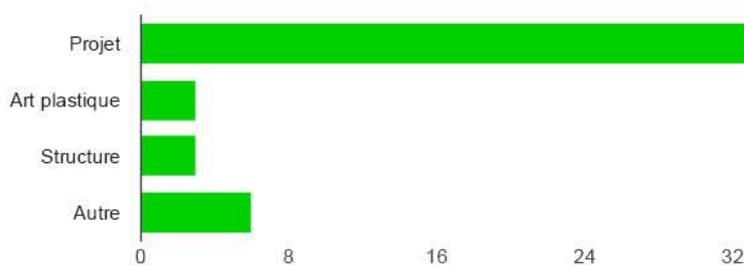
Sketchup autocad archicad
archicad, rhino(et grasshopper), photoshop, illustrator, indesign, blender
Revit archicad autocad Photoshop illustrator
ArchiCAD, Blender
Revit et 3DS
Autocad, Photoshop, Revit, Sketchup, Indesign
Autocad (car passe-partout), Photoshop (pour le rendu), Indesign pour les présentations, de plus en plus Illustrator pour la création, et archicad, qu'il faut absolument que je maîtrise car c'est plus pratique qu'autocad pour la 3D
Autocad, photoshop, sketchup, revit
Suite adobe, un logiciel de 3d, un logiciel de dessin d'archi (archicad pour moi)
Archicad, Sketchup, Indesign
ArchiCAD, AutoCAD, Illustrator, Photoshop, InDesign + un logiciel de rendu type Vray ou illustration
Revit, sketchup, autocad, photoshop
Sketchup, Grasshopper, Autocad
autocad, suite adobe
archicad, photoshop, illustrator, indesign, sketchup
Archicad, revit, logiciels de rendu d'image
Archicad, autocad, Photoshop
Logiciel dessin 3D / 2D et traitement d'image type suite adobe
Autocad Archicad Artlantis Photoshop Indesign
Blender, Rhino3D, Sketchup, Photoshop
Revit, AutoCad, Photoshop
Archicad. Revit. Photoshop. InDesign .
Autocad, photoshop, sketchup,
Autocad, sketchup et archicad
Revit, 3DSMax
autocad, sketchup, photoshop, indesign
Revit, Autocad, Photoshop, Rhino
revit, autocad et la suite adobe
rhino, 3ds max, archicad
Autocad , Sketchup
Autocar rhino 3ds Photoshop
photoshop illustrator revit 3ds autocad
Logiciel coche ci dessus
ArchiCAD, Maxwell, Illustrator, InDesign
Rhino AutoCad, suite adobe
Logiciels Autodesk, Tekla, Graitec, logiciels bim
Autocad et Photoshop
AutoCad
ARCHICAD, AUTOCAD, SKETCHUP
Autocad, sketchup, photoshop, indesign, archicad, revit
Suite Adobe, AutoCad, Sketchup

Ratez vous souvent des cours d'informatique au profit d'autres cours?



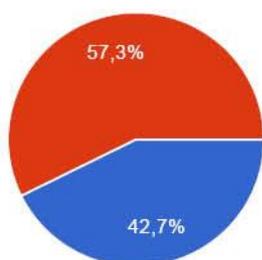
Oui	33	20.1 %
Non	131	79.9 %

Si oui pour quels cours?



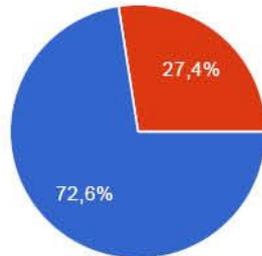
Projet	33	86.8 %
Art plastique	3	7.9 %
Structure	3	7.9 %
Autre	6	15.8 %

Travaillez-vous directement à partir d'une 3D, ou produisez-vous vos documents 2D (plans, coupes) séparément ?



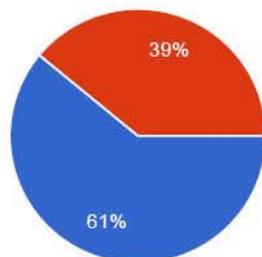
Je produis mes documents à partir de la 3D	70	42.7 %
Je produis mes documents séparément de ma 3D	94	57.3 %

Durant vos différentes expériences professionnelles, avez-vous travaillé plus souvent dans des agences/bureaux d'étude qui travaillaient directement en 2D ou en 3D?



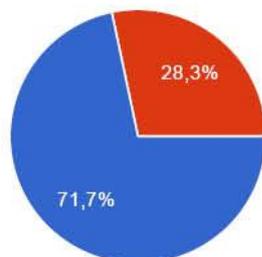
Plus souvent en 2D (AutoCAD, etc.)	119	72.6 %
Plus souvent en 3D (ArchiCAD, Revit, Allplan)	45	27.4 %

Avez vous un réel gain de temps en utilisant une maquette numérique pour la productions de documents?



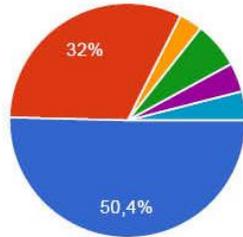
Oui	100	61 %
Non	64	39 %

Avez vous déjà travaillé dans une entreprise qui avait recours à la 3D?



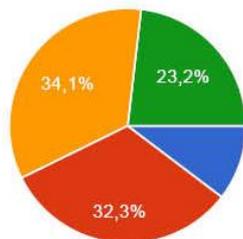
Oui	109	71.7 %
Non	43	28.3 %

Si oui, utilisiez-vous le modèle 3D pour:



Pour les besoins de la visualisation uniquement (modélisation uniquement pour une perspective)	63	50.4 %
Pour produire des documents (plans, coupes)	40	32 %
Pour produire des nomenclatures, métrés et quantitatifs	4	3.2 %
Pour l'utiliser comme support de simulation (simulation en interne : 4D, thermique, lumière, structure...)	8	6.4 %
Pour l'échanger avec un bureau d'études	5	4 %
Pour le livrer au client : il demandait un IFC.	5	4 %

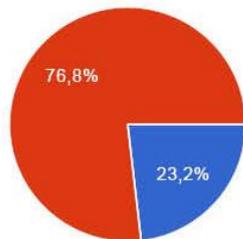
Évaluez votre capacité à créer une maquette numérique (avec ArchiCAD, Revit ou Allplan uniquement)



Très Bonne	17	10.4 %
Bonne	53	32.3 %
Moyenne	56	34.1 %
Très mauvaise	38	23.2 %

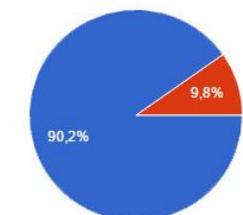
Bilan

Pensez-vous que l'enseignement que vous avez suivi est adapté à l'utilisation et à la maîtrise de ces outils ?



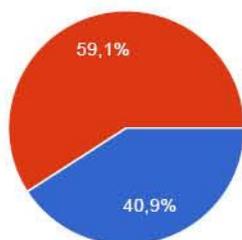
Oui	38	23.2 %
Non	126	76.8 %

Pensez-vous que le BIM sera un outil obligatoire dans les prochaines années ?



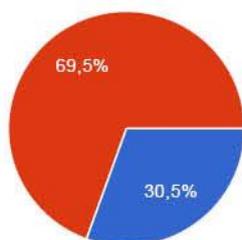
Oui	148	90.2 %
Non	16	9.8 %

Pensez vous que le BIM est une contrainte pour votre liberté de dessin et de création?



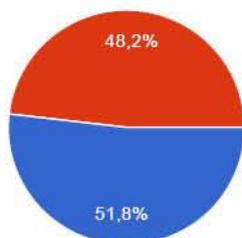
Oui 67 40.9 %
Non 97 59.1 %

Pensez vous que vous maîtrisez les méthodes de travail nécessaire pour utiliser ces logiciels en groupe ou dans une entreprise?



Oui 50 30.5 %
Non 114 69.5 %

Ce questionnaire vous a-t-il permis de vous intéressé au BIM?



Oui 85 51.8 %
Non 79 48.2 %

Quels seraient les modifications à adopter pour enseigner le BIM, selon vous?

- Un approfondissement de l'usage de certains logiciels
- Ce n'est pas possible dans le contexte de l'école car le BIM a une utilisation utile dans un cadre constructif et économique et non d'études
- Plus de cours
- Plus d'heures au l'école. Pour le moment c'est une blague, on doit tout apprendre tout seuls.
- Mettre l'accent sur la force de frappe qu'un tel outil peut apporter au métier d'architecte par des illustrations. - Rendre la signification du BIM plus clair
- Avoir des vrais cours d'informatique poussé, et pas seulement du survol et "débrouillez-vous avec les bases enseigné" (par exemple en fournissant des tutoriel complémentaire au cours pour ceux intéressé, tel que ceux sur Elephorm ou autres). Faire prendre conscience à l'ensemble des enseignants l'importance de maîtriser à la perfection ces logiciels pour les utiliser, et non se faire contraindre par eux par manque de maîtrise. Il vaut mieux un bon travail à la main, qu'un mauvais travail à l'informatique, même pour un PFE.
- L'enseigner réellement parce qu'à Bordeaux ce n'est absolument pas le cas

Simplification des logiciels, spécialement Revit où trouver les outils, les propriétés et les ajuster est assez compliqué

Moins cher et plus facile d'utilisation

apprendre le plus tôt possible avec des partenariats avec les autres acteurs concernés, et dans des applications concrètes comme par exemple le projet

l'enseigner avec des vrais formateurs et des temps suffisants

Déconstruire les préjugés autour de cette méthode

A Lille, une réelle mise en conscience de ses enjeux, et une application réelle en projet (notamment à partir de la L3)

Il faudrait tout d'abord en parler beaucoup plus, j'ai appris l'existence du BIM en discutant avec un prof entre deux cours, et modifier rapidement les enseignements en conséquence pour ne pas être déjà dépassé en sortant tout juste des études.

Mieux l'expliquer, choisir d'enseigner UN SEUL logiciel et pas toutes les offres du marché.

aucune, juste plus de temps - (on nous parle du BIM seulement en master)

ne pas oublier qu'il n'est pour l'instant valable que dans de grosses agences et qu'aujourd'hui il est difficile de savoir si cette méthode deviendra incontournable ou non. Donc pour le moment, il est inutile de former de manière systématique des gens au BIM, si plus tard ils sont amenés à travailler dans des petites structures cela ne leur aura pas apporté grand chose, y compris en terme de méthodologie.

Ne pas faire de fautes d'orthographe dans les questions de votre questionnaire (question précédente).

Il n'est pas enseigné dans de nombreuses écoles malheureusement car de plus en plus d'agences l'utilisent.

Remarque: je n'aime pas ArchiCad qui bride l'imagination avec les détails très importants dès le début (pas de possibilité de faire un trouver simple puis de choisir sa fenêtre contrairement à Revit). Pour l'enseignement, j'espère que l'on va surtout s'orienter vers des MOOC

Intégrer d'avantage les cours de BIM dans le cursus d'architecture (lien direct avec le projet), Enseigner d'avantage les prémices d'un projet collaboratif sur un logiciel BIM et non plus seulement les outils que l'on peut utiliser individuellement.

L'enseigner un peu plus tôt. Aujourd'hui, dans mon école, l'enseignement du BIM est mis en place pour les 4^{ème} années et plus.

Enseignement plus transversal et intensif, en lien avec le projet

Il faudrait qu'il soit enseigné plus tôt dans le cursus, malheureusement je pense qu'aujourd'hui trop peu d'agences l'utilisent (à cause de la complexité à le mettre en place), et donc ce n'est peut-être pas une priorité dans l'enseignement.

Une approche expliquant les concepts et les possibilités que cet outil offre par rapport à des outils plus conventionnels pour des projets à grande échelle plutôt que la présentation d'un outil indispensable dans toute situation.

Faire une apologie plus importante à la création manuelle (qui selon moi prédomine sur un travail informatique)

Rendre son enseignement obligatoire dans toutes les écoles d'architecture au moins sur Revit (pour moi c'était un cours optionnel en master, qui est devenu obligatoire pour les nouvelles promotions en licence). Faire des TD avec le BIM, peut être même un cours théorique en plus de la pratique serait intéressant et nécessaire selon moi. Pour bien comprendre sa mise en place, et également la méthodologie de travail que cela implique.

Le BIM sera obligatoire à partir de 2017 pour les commandes publiques (sauf si changement d'avis au vu du nombre d'entreprises qui sont au courant). Commencer à le mettre en place dès la

première année de licence avec une évolution au cours des années.

Ne pas l'imposer

plus de relation entre le cours de projet et le cours d'informatique, mais je pense que mon école a fait des progrès durant les 7 ans que je l'ai fréquentée

Principalement que les professeurs de projet accepte les rendus sur ces logiciels qui font gagner du temps plutôt que de préférer un dessin certes informatique mais en 2D sans rapport direct entre plan et coupe.

Expliquer clairement l'intérêt d'apprendre ces logiciels en faisant faire des projets tutorés en utilisant REVIT par exemple.

L'enseigner le plus tôt possible et que ce ne soit pas une option mais un cours à part entière!

Avoir + de cours, + souvent et + détaillé avec un support pdf à chaque cours !

Apprendre beaucoup plus tôt les logiciels

Montrer que la liberté de création n'est pas entachée par le BIM. Donc apprendre à s'en servir dans son intégralité, jusque dans les détails, pour réussir à représenter le mieux possible ce que l'on souhaite.

Arrêtez d'enseigner ArchiCad... C'est le logiciel Bim le plus mal foutu et le moins intuitif ! Puis mettre des étudiants qui maîtrisent le Bim à l'enseignement au lieu de prof qui n'y connaissent rien ou presque rien :)

je sais pas trop

Nos cours de Revit sont vraiment très bien dans notre école, mais bien-sûr il en faudrait d'avantage afin de maîtriser vraiment le logiciel. Et nous ne pouvons pas de nous même nous mettre à un logiciel pour le projet, pour avoir déjà essayé, cela demande le double de temps au début ...

Les appliquer au projet, ou faire un intensif en début d'année et des suivis appliqués au projet au cours des semestres.

Des ateliers avec un effectif d'étudiants réduit. Où le sujet serait de modéliser le bâtiment que nous sommes en train de projeter en cours de Projet. Cela permettrait d'apporter un réel intérêt au BIM et de plus, nous servirait pour une autre matière. Il faudrait désormais anticiper les enseignements de manière liée et non séparée.

Augmenter les heures de cours informatique (limitées à 2 semaines par ans avec amplitudes horaires minimales, alors que dans ce métier on travaille exclusivement avec logiciels)

Avoir des professeurs conscients des enjeux et des intérêts que cela représente pour les architectes et les étudiants. On devrait enseigner le BIM de manière beaucoup plus pédagogique comme certaines écoles le font mais cela dépend de l'investissement de l'enseignement

L'inclure dans le programme. Avoir des profs qui le maîtrisent

Mettre les écoles d'archi (très en retard) au niveau de celles des ingénieurs...

Enseignement logiciel revit

Actuellement aucun cours approfondi sur l'utilisation du BIM dans mon école (ENSAL) les cours d'informatiques sont trop légers. Quasiment tout appris seule, ce qui manque peut-être de méthode pour l'utilisation dans une agence

Au lieu de faire à la place de l'étudiant, il serait peut-être plus judicieux de lui expliquer et de le laisser faire, ça éviterait qu'on ait à toujours demander comment faire et avoir un projet venant de notre esprit mais totalement modélisé par le prof...

Un vrai programme et enseignement pour commencer

Des enseignants compétents, une mise en situation avec par exemple un projet sur lequel travailleraient étudiant en archi, étudiant en ingé et autres

Utiliser cette approche dans l'enseignement de projet. Dans cet enseignement, on nous demande de ne produire que des documents 2D sans pouvoir prendre le temps de développer une maquette

besoin d'expliquer les enjeux de demain et comment l'utiliser concrètement dans la vie professionnelle pour échanger avec d'autres corps de métier

Repenser l'enseignement complètement. Intégrer beaucoup plus avec les formations d'ingénieur

Avoir des cours d'informatiques corrects et suffisant pour des écoles d'architecture...

Plus de temps d'enseignement car 1 heure par semaine pendant deux semestres ne suffisent clairement pas.

Je pense que l'on apprend tous en utilisant les logiciels pour faire du projet, malheureusement, que ça ai été à Grenoble ou Budapest, les cours d'info n'étaient pas lié directement au projet (j'ai par exemple eu des cours 3DS Max alors qu'on modélisait sur Revit en projet); et donc par la force des choses et du temps de projet on se "met" beaucoup moins à fond dans le logiciel.

davantage de communication à son propos

Introduction au BIM en classe de 40 étudiants maximum sur 1/2 ou 1 semestre en L3 ou M1.

Bannir les logiciels 2D, et enseigner le projet avec des logiciels BIM (si possible Revit)

Enseigner plus profondément dès la licence. On nous en parle que très vaguement.. Et la plupart du temps on s'arrête à la maquette numérique seulement, on ne sait pas ce qu'il ya autour, on ne communique pas sur la méthode qu'il ya autour de cette maquette numérique. Je considère que cette méthode sera l'avenir dans les métiers du bâtiment (archi. Be. Entreprises) il serait bien d'enseigner ça très tôt dans notre cursus.

Déjà, l'intégrer dans l'enseignement, au même niveau que autocad

Donner plus de cours dédiés au BIM

Aucune, l'enseignement est bon, mais le contexte professionnel commence simplement à comprendre l'intérêt de la méthode

Cours Informatiques dédiés à la représentation du projet, favoriser la polyvalence

revoir l'intérêt du BIM à par la standardisation

apprendre à dialoguer avec les autres corps de métier

Plus de liberté créatrice

Favoriser et enseigner la mise en place de serveurs BIM par les étudiants, dès la première année, et pas trop tard, pour éviter que les étudiants prennent l'habitude d'utiliser les mauvais outils (combinaison AutoCAD + Photoshop, par exemple).

C'est quoi "BIM" ??!

Trouver une solution pour conserver la confidentialité de produits de chaque entreprise

Qu'il y ai un réel enseignement sur la théorie, la pratique mais également les aspects réglementaire du BIM

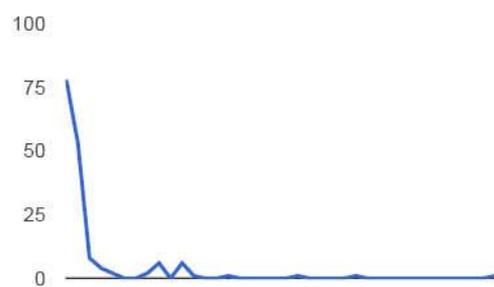
L'enseigner !! plus d'informations sur le sujet et une vraie formation

L'introduire plus tôt, avec plus de cours, car grâce à une maîtrise totale il ne freinerait peut-être pas notre créativité.

C'est un tout autre métier que celui de l'architecte

Juste l'enseigner

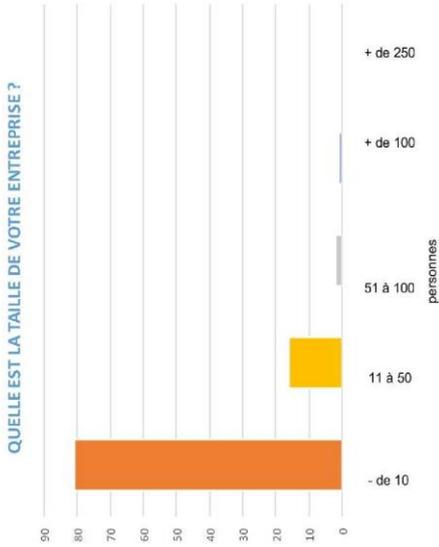
Nombre de réponses quotidiennes



LE BIM DANS LE SECTEUR DU BTP

Ressenti des architectes

REPARTITION DE L'AUDIENCE



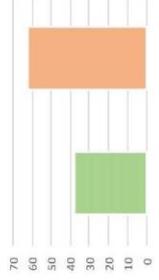
Le panel est représenté à **100%** par des T.P.E. et des P.M.E.

Près de **80%** des interrogés utilisent la **maquette 3D** Mais seulement **45%** de l'audience utilisent la **maquette numérique**

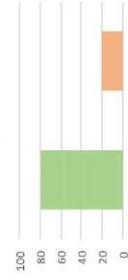
UTILISATEUR

RESSENTI DES UTILISATEURS DE LA MAQUETTE NUMERIQUE

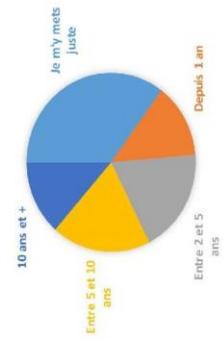
LE PASSAGE DE LA 2D/3D AU BIM EST-IL COMPLIQUE ?



LE PASSAGE DE LA 2D/3D AU BIM EST-IL ONEREUX ?



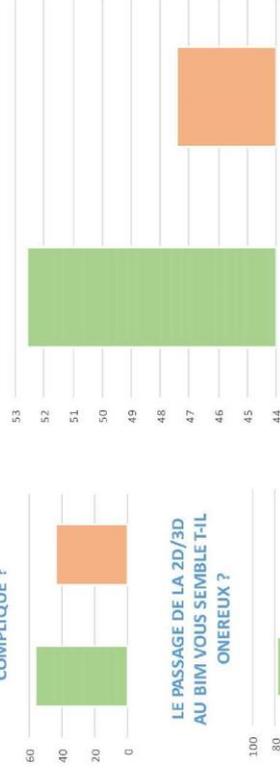
DEPUIS COMBIEN DE TEMPS UTILISEZ-VOUS LE BIM ?



79% du panel global considère l'investissement trop important

L'avis sur la complexité du BIM change après l'utilisation de celui-ci par les acteurs

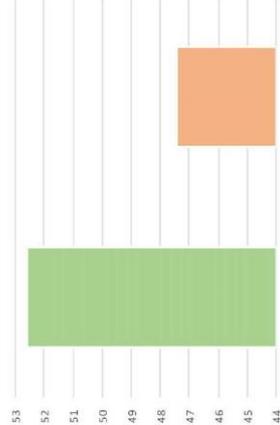
LE PASSAGE DE LA 2D/3D AU BIM VOUS SEMBLE T-IL COMPLIQUE ?



LE PASSAGE DE LA 2D/3D AU BIM VOUS SEMBLE T-IL ONEREUX ?

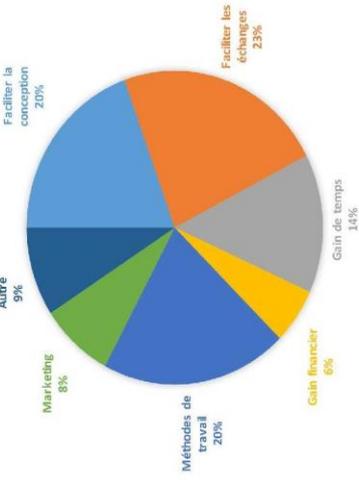


ENVISAGEZ-VOUS DE PASSER AU BIM DANS LES 12 PROCHAINS MOIS ?

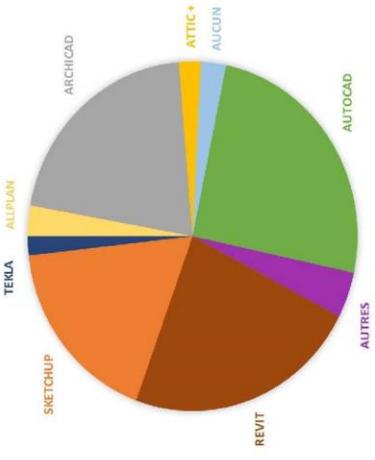


PERSPECTIVE

POUR QUELLE(S) RAISON(S) DEVELOPPERIEZ-VOUS LE BIM DANS VOTRE ENTREPRISE ?



QUEL(S) LOGICIEL(S) DE D.A.O. / C.A.O. UTILISEZ-VOUS ?



TENDANCE

RESSENTI DU PANEL N'UTILISANT PAS LA MAQUETTE NUMERIQUE

