

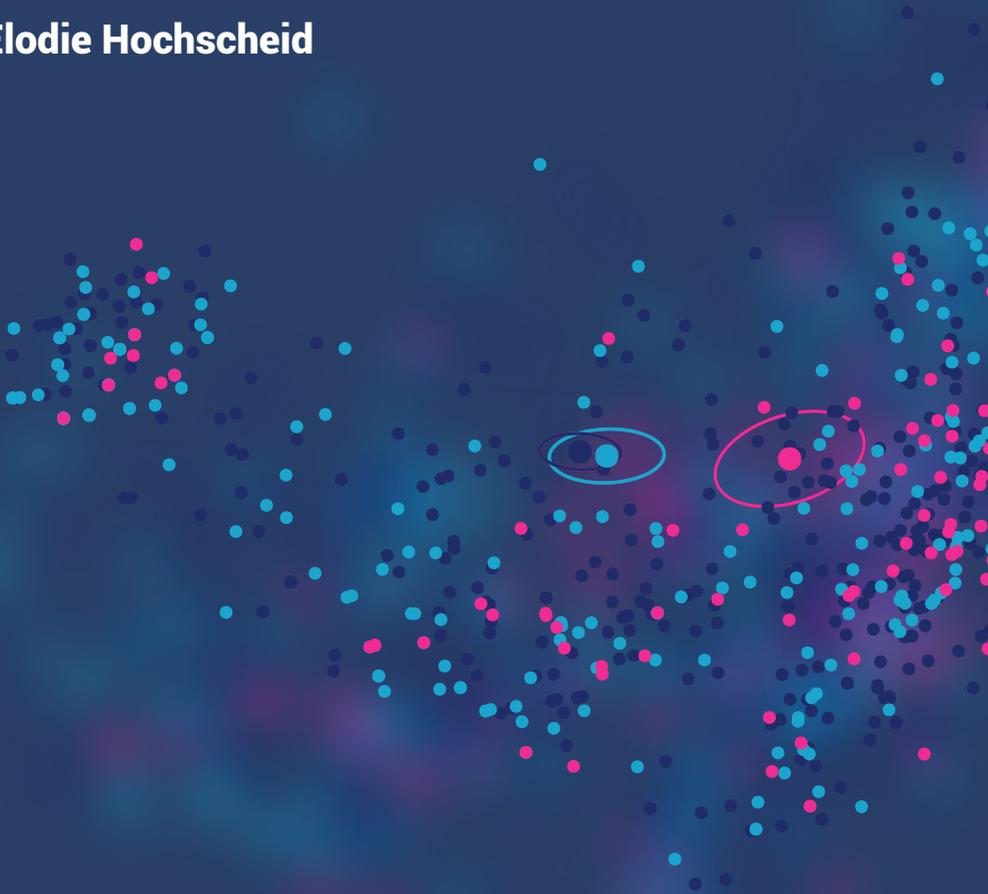
20 avril 2021

**Thèse de doctorat**

# SOUTENANCE

Diffusion, adoption et implémentation du BIM  
dans les agences d'architecture en France

**Elodie Hochscheid**



## Livret de soutenance

Ce livret reprend certains éléments du manuscrit de thèse provisoire déposé auprès de l'Université de Lorraine en vue d'obtenir l'autorisation de soutenance. Il permet aux personnes externes au jury de prendre connaissance des principaux enjeux et principales conclusions de ce travail de recherche.

**Directeur de thèse :** Gilles Halin  
**Ecole Doctorale :** IAEM Lorraine

**Laboratoire** MAP-CRAI  
Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie  
UMR MAP n°3495 (CNRS/MC MAP)  
École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

**Financement :** Ministère de la Culture, Région Grand-Est

## Composition du jury

### RAPPORTEURS

**Mme Sylvie JANCART,**  
*Chargée de cours,*  
Université de Liège, Belgique.

**M. Erik POIRIER,**  
*Professeur,*  
École de Technologie Supérieure de  
Montréal, Canada.

### EXAMINATEURS :

**M. Mohamad KASSEM,**  
*Professeur,*  
Université de Northumbria, Newcastle,  
Grande-Bretagne

**M. Florent CHAMPY,**  
*Directeur de recherche au CNRS,*  
Université de Toulouse, France.

### DIRECTEUR DE THÈSE :

**M. Gilles HALIN,**  
*Maître de conférences, HDR, directeur  
adjoint de l'UMR MAP (CNRS/MC),*  
Université de Lorraine,  
Nancy, France.

### INVITÉ À PARTICIPER AUX DÉBATS (hors jury)

**M. Olivier CELNIK,**  
Architecte, enseignant, expert BIM, Di-  
recteur du Mastère Spécialisé BIM École  
des Ponts ParisTech,  
Paris, France.



## Résumé

Le Building Information Modeling (BIM) est une **technologie innovante** qui regroupe un ensemble de méthodes, procédés et outils de travail permettant d'alimenter et d'exploiter une base de données contenant des informations d'un ouvrage tout au long de son cycle de vie. Il permet d'améliorer la performance des **ouvrages** et la manière dont on les conçoit, construit et gère. Sa **diffusion** est encouragée en France et à travers le monde car il porte un important potentiel à la fois pour le **secteur de la construction** dans son ensemble et pour le gestionnaire de patrimoine qu'est l'Etat.

Le BIM nécessite cependant la mise en place d'un **cadre technique, réglementaire et humain** conséquent. Sa **diffusion** est lente et il suscite des réactions assez contrastées chez les professionnels, et en particulier les **architectes**. Ces derniers, par la place importante qu'ils tiennent dans l'équipe de **maîtrise d'œuvre**, sont un acteur incontournable de la **transition** de l'ensemble du secteur vers des **pratiques BIM**. Bien qu'il s'agisse d'une **innovation collaborative**, l'adoption de pratiques BIM impacte chacune des entreprises qui le met en place à titre individuel. Cet impact est très peu connu et étudié pour l'instant, tant au niveau **organisationnel** qu'à **l'échelle du secteur**.

Dans ce travail de recherche, nous proposons des **modèles** permettant d'appréhender la **diffusion** et **l'adoption** du BIM au sein

des **organisations**. Nous avons également référencé les **facteurs qui influencent les organisations à adopter des pratiques BIM** et ceux qui **influencent le succès de l'implémentation**. Ces modèles nous ont permis de réaliser une **enquête** auprès des **agences** en pour **cartographier** l'état du secteur de l'architecture, **l'avancement de la diffusion des pratiques BIM** au sein des agences, et la manière dont elles les implémentent. L'enquête a mis en évidence certaines contradictions entre la **culture professionnelle des architectes** et la nature du BIM. Le fait que les agences aient commencé à déployer des pratiques BIM malgré ces nombreuses contradictions peut être le marqueur d'un changement culturel important pour la **profession d'architecte**.

Notre **immersion au sein de plusieurs agences** nous a permis d'étudier les mécanismes à l'œuvre au cours de l'implémentation d'outils et de pratiques BIM. Cette phase de **changement** souvent radical pour une agence est difficile à mener. Nous nous sommes enfin appuyés sur l'ensemble de nos résultats pour proposer des **recommandations et une feuille de route** à destination des agences qui souhaitent implémenter des pratiques BIM.

**Mots clés:** BIM, Building Information Modeling, Diffusion, adoption, implémentation, agences d'architecture, changement, feuille de route, enquête, recherche-action



# Introduction

## Genèse du sujet

Le sujet développé dans cette thèse est né dans un contexte politique, scientifique et personnel particuliers. J'ai obtenu mon diplôme d'Etat d'architecte ainsi que le Master spécialisé AME (Architecture Modélisation, Environnement) au cours de l'année universitaire 2014-2015 : c'est l'année de l'intégration du BIM (Building Information Modelling/Management) dans les stratégies de l'Etat français. Au cours de cette année, de nombreux débats sur le BIM ont animé le secteur de la construction, et notamment les architectes. Pourtant, ce sujet a été quasiment absent de mes études en architecture. J'ai même toujours eu le sentiment que les outils numériques étaient problématiques pour une partie des architectes, en particulier au sein des ateliers de projet dans les écoles d'architecture.

En 2015, j'ai réalisé un stage au sein du laboratoire MAP-CRAI de l'ENSAN et un mémoire de recherche, tous deux orientés sur la thématique du BIM. En 2016, j'ai travaillé en agence d'architecture, dispensé des cours à l'ENSAN (notamment sur le BIM), et écrit plusieurs articles scientifiques. La combinaison de ces trois expériences

simultanées (milieu professionnel – enseignement – recherche) a mis en évidence pour moi l'intérêt de leur recoupement et a eu un impact décisif sur le développement et déroulement de cette thèse.

En janvier 2017, j'ai finalement commencé cette thèse de doctorat sur la diffusion, l'adoption et l'implémentation des pratiques BIM au sein des agences d'architecture françaises. Avec Gilles Halin, qui a dirigé ce travail, nous avons rapidement été convaincus que les approches habituelles du laboratoire MAP-CRAI orientées principalement sur le développement de solutions techniques et sur des problématiques organisationnelles ne permettaient pas à elles seules de traiter le sujet. Une approche à l'échelle de la profession était nécessaire pour comprendre la transition en cours et les réactions qu'elle suscite chez les architectes. Le rapport HCERES du laboratoire MAP a d'ailleurs précisé, en juin de cette même année qu'« une plus forte imprégnation par les réflexions des sciences humaines et sociales serait souhaitable pour donner toute son ampleur au projet [scientifique du laboratoire MAP] » (HCERES 2017).

## Contexte et problématique

Depuis quelques années à l'étranger, puis en France, les méthodes BIM sont de plus en plus plébiscitées et utilisées. Depuis 2014, une directive européenne autorise les Etats membres à rendre les livrables BIM obligatoires pour les marchés publics et plusieurs pays européens ont commencé à s'engager dans ce sens. La France ne l'a pas rendu obligatoire mais le BIM est entré dans les stratégies de l'Etat pour améliorer la gestion de son patrimoine bâti.

La technologie innovante du BIM regroupe un ensemble de méthodes, procédés et outils de travail qui permettent d'alimenter et d'exploiter une base de données intégrée de l'ouvrage. Elle a pour objet la rationalisation de la gestion des informations de l'ouvrage tout au long de sa vie, en vue d'améliorer les performances de sa conception, construction, gestion, exploitation, et maintenance. Pour les phases de conception et de construction qui concernent le plus les architectes, cette méthode est censée favoriser les échanges entre les acteurs de la maîtrise d'œuvre très tôt lors de la conception, pour intégrer les contraintes lorsque le coût des modifications sur le projet est encore faible. Pour les maîtres d'ouvrages, c'est l'occasion de recueillir des informations issues de la construction qui peuvent être utiles à la gestion de l'ouvrage et donc de leurs parcs immobiliers.

La diffusion du BIM reste néanmoins lente et nécessite la mise en place d'un cadre technique, règlementaire et humain conséquent. Les modalités d'exécution des prestations sont modifiées et des nouvelles missions et professions se développent. La montée en compétence ainsi que l'équipement des professionnels du secteur de la construction à réaliser est conséquent. La fragmentation du secteur de la construction en petites entreprises et le renouvellement des équipes de projet à chaque opération de construction ralentit encore davantage la diffusion d'une technologie collaborative comme le BIM.

L'architecte est un acteur clé de la maîtrise d'œuvre : c'est généralement lui qui réalise la synthèse architecturale du projet. Il fait l'interface entre différents acteurs de la maîtrise d'œuvre et est à l'origine des premiers modèles du projet qui sont échangés. Les architectes sont donc un maillon incontournable de la diffusion du BIM. Ils ont pourtant à son égard des réactions très contrastées. Outre le coût de la technologie, certains architectes craignent que le BIM ait un impact négatif sur la production architecturale. Quant aux agences qui souhaitent implémenter ces pratiques, elles ne savent pas toujours par où commencer et expriment leurs difficultés qui vont bien au-delà de difficultés économiques ou techniques.

Notre connaissance de l'état de la diffusion du BIM dans le secteur français est très lacunaire, particulièrement concernant les agences d'architecture (**verrou n°1**). Nous manquons également d'outils conceptuels pour les analyser efficacement (**verrou n°2**). Le développement des pratiques BIM au niveau français et international semble secouer la profession d'architecte sans que l'on soit en mesure de comprendre les enjeux et l'impact de sa diffusion sur la profession (**verrou n°3**). Enfin, il semble que les pratiques BIM soient particulièrement difficiles à implémenter. Pourtant, les guides et la documentation qui vise à faciliter la mise en œuvre de ces pratiques vont rarement au-delà des dimensions techniques de l'implémentation pour s'intéresser aux ressorts culturels, professionnels et organisationnels qui sont alors en jeu (**verrou n°4**).

Notre travail répond à **deux objectifs principaux**. Le premier est de **constituer une connaissance des facteurs, processus et problématiques opérationnelles liés à l'intégration de pratiques BIM** dans les agences d'architecture. Le second est de **proposer des outils et recommandations** pour faciliter l'implémentation de pratiques BIM dans les agences d'architecture.

## Plan de thèse

Ce travail est constitué de quatre parties qui regroupent en tout huit chapitres (voir Figure 1).

La première partie est un état de l'art concernant d'une part la maîtrise d'œuvre et la profession d'architecte, d'autre part la technologie BIM, et enfin l'intégration des innovations dans les organisations. Cette partie constitue donc notre premier résultat (R1) : un socle de connaissances multidisciplinaire.

Sur la base de ce dernier, nous avons constitué un cadre de recherche en deux volets dans une seconde partie. Ce cadre est composé d'un modèle unifié de processus d'adoption des innovations (R2) et d'une taxonomie des facteurs qui peuvent influencer l'adoption d'une innovation dans les organisations (R3). Nous nous appuyons sur ces deux résultats dans la suite de notre travail.

Dans une troisième partie, nous présentons les résultats de l'enquête que nous avons menée auprès des architectes. Celle-ci s'est déroulée en deux temps : nous avons d'abord réalisé des entretiens (R4), puis diffusé un questionnaire auprès des agences françaises (R5).

Enfin, dans la dernière partie, nous présentons des recommandations et une feuille de route à destination des agences qui souhaitent implémenter des pratiques BIM. Elle est composée de deux volets : les résultats de la recherche-action menée au sein des agences que nous avons suivies au cours de l'implémentation de pratiques BIM (R6) et une feuille de route à destination des agences pour faciliter le déploiement des pratiques BIM (R7). Pour ces recommandations et la feuille de route, nous nous sommes appuyés sur l'ensemble des résultats de ce travail de recherche.

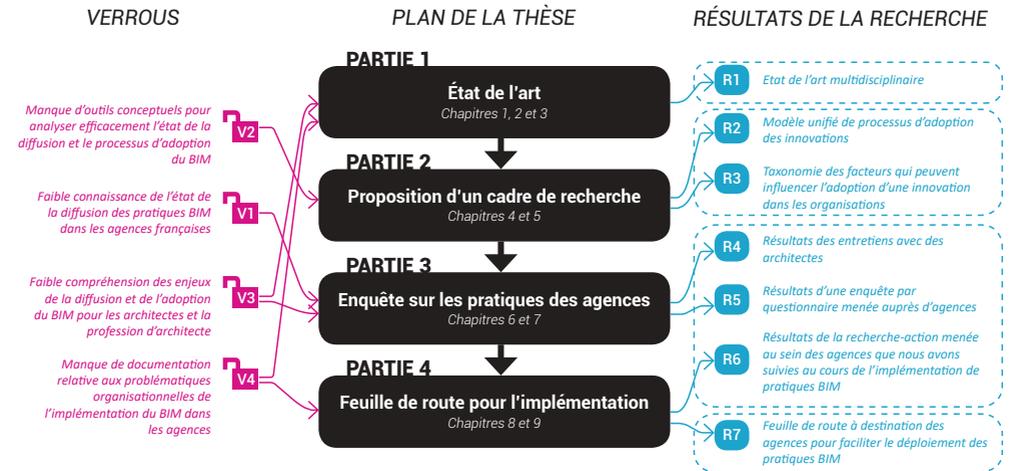


Figure 1. Plan général du manuscrit intégrant les verrous identifiés et les principaux résultats

# Résumé des chapitres

## PARTIE 1 : ETAT DE L'ART

### Chapitre 1 :

#### L'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et l'architecte

Ce premier chapitre décrit le contexte général du secteur de la construction et de la profession d'architecte. Après avoir décrit le cycle de vie d'un ouvrage ainsi que les différents acteurs qui y contribuent, nous présentons la maîtrise d'œuvre, ses missions et son évolution progressive issue de la diversification et spécialisation des missions de conception d'un ouvrage. Nous évoquons également les missions et la déontologie de l'architecte ainsi que la constitution de son identité professionnelle.

### Chapitre 2 :

#### Le BIM, une technologie de rupture ?

Dans ce chapitre, nous présentons la genèse du BIM, les implications de son développement, la cohérence et le décalage que cette technologie peut avoir avec le secteur de la construction ainsi que les initiatives gouvernementales qui ont vocation à favoriser sa diffusion.

### Chapitre 3 :

#### L'acceptation des innovations et le changement dans les organisations

Ce chapitre présente la notion d'innovation, la manière dont elles se diffusent dans une population donnée, les raisons qui poussent les organisations et les individus à les adopter, ainsi que le déroulement des changements dans les organisations. La mise en place des innovations est abordée dans ce chapitre à trois principales échelles : celle de la population d'organisations, celle de l'organisation, et celle de l'individu.

## PARTIE 2 : PROPOSITION D'UN CADRE DE RECHERCHE

### Chapitre 4 :

#### Processus d'adoption du BIM

Ce chapitre prend appui sur l'état de l'art réalisé pour proposer le Modèle Unifié du Processus d'Adoption des Innovations, qui décrit les différentes étapes que traverse une organisation lorsqu'elle est confrontée à une innovation et qu'elle la met en œuvre. Nous y proposons une clarification des notions de diffusion, adoption, implémentation et appropriation sur lesquelles nous nous appuyons dans le reste de notre travail.

### Chapitre 5 :

#### Les facteurs qui influencent le processus d'adoption

Ce chapitre s'appuie sur le processus d'adoption pour distinguer deux types de facteurs qui peuvent influencer l'adoption d'une innovation : ceux qui influencent la décision de mettre en place une innovation et ceux qui influencent le succès de son implémentation. Nous nous appuyons dans ce chapitre sur une littérature très variée issue des domaines de l'économie, de la sociologie des organisations, du management, ainsi que la psychologie sociale pour proposer une taxonomie des facteurs qui influencent le processus d'adoption d'une innovation.

## PARTIE 3 : ENQUÊTE SUR LES PRATIQUES NUMERIQUES DANS LES AGENCES

### Chapitre 6 :

#### Une enquête par entretiens

Ce chapitre présente les résultats d'entretiens menés avec des architectes. Ils ont permis de mettre en évidence un large éventail de situations et réactions des architectes par rapport à la mise en place de pratiques BIM. Ils ont permis d'identifier des stratégies qu'ils mettent en œuvre pour éviter d'avoir à mettre en place des pratiques BIM, ainsi que les principales préoccupations des architectes par rapport à l'implémentation de pratiques BIM.

### Chapitre 7 :

#### Une enquête par questionnaire

Dans ce chapitre, nous présentons l'enquête par questionnaire que nous avons réalisée auprès d'agences d'architecture françaises. Celle-ci avait pour objet de cartographier le secteur de l'architecture et la population d'agences afin d'étudier la répartition de certaines pratiques au sein de cette population. Nous avons également pu dresser un état des lieux des pratiques BIM au sein des agences et identifier les principales stratégies qu'elles mettent en œuvre pour implémenter des pratiques BIM.

## **PARTIE 4 : UNE FEUILLE DE ROUTE POUR IMPLEMENTER DES PRATIQUES BIM**

### **Chapitre 8 :**

#### **Suivi de quatre agences au cours de l'implémentation de pratiques BIM**

Ce chapitre présente les résultats d'une recherche-action menée au sein de quatre agences d'architecture que nous avons suivies au cours leur implémentation de pratiques BIM. Nous proposons un cadre d'accompagnement de l'implémentation en nous appuyant sur les résultats de nos précédents travaux. Ce cadre est utilisé pour suivre les agences et pour analyser les résultats de nos observations au cours de ces expérimentations.

### **Chapitre 9 :**

#### **Une feuille de route pour l'implémentation de pratiques BIM dans les agences**

Dans ce chapitre, nous nous appuyons sur l'ensemble des connaissances produites et rassemblées dans ce travail de recherche pour proposer un ensemble de recommandations à destination des agences d'architecture qui implémentent des pratiques BIM. Ces recommandations sont organisées sous la forme d'une feuille de route qui a fait l'objet du développement d'un prototype d'application destiné à la valoriser de façon ludique auprès des agences.

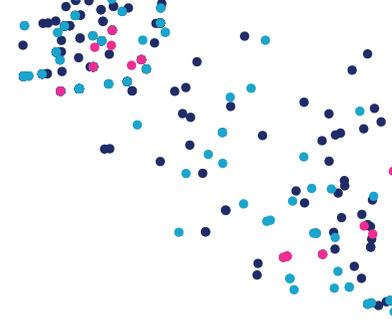




## Principales conclusions

Ce travail de recherche porte deux objectifs principaux. Le premier est d'améliorer l'état des connaissances sur la diffusion et l'adoption du BIM dans les agences d'architecture françaises ainsi que la manière dont elles l'implémentent. Le second est de proposer des outils permettant de faciliter l'implémentation de pratiques BIM dans ces mêmes agences. Nous avons développé des outils méthodologiques permettant d'étudier l'adoption du BIM dans les organisations. Ces outils ont été utilisés dans une enquête par entretiens et une enquête par questionnaire à destination des architectes. Nous avons complété nos observations notamment sur l'implémentation du BIM en agence en suivant quatre agences d'architecture

qui ont implémenté des pratiques BIM. Les résultats de notre enquête, de la recherche-action réalisée ainsi que d'un état de l'art s'appuyant sur le champ d'étude de la gestion du changement nous ont permis de proposer des recommandations à destination des agences pour faciliter l'implémentation de pratiques BIM. Celles-ci ont été présentées sous la forme d'une feuille de route. La nature originale de ce travail réside dans la complémentarité des approches et des échelles d'étude ici traitées.



## Des outils méthodologiques pour analyser l'état de la diffusion de l'adoption du BIM.

### Le processus d'adoption

Le modèle du processus d'adoption des innovations proposé par Rogers dès les années 60 décrit les phases par lesquelles passent des adoptants (organisations, individus) lorsqu'ils sont confrontés à une innovation qu'ils finissent par intégrer dans leurs pratiques. Il comporte cependant des lacunes car il est très centré sur la décision d'adopter l'innovation, omettant ainsi les échecs possibles du processus. Le Modèle Unifié du Processus d'Adoption des Innovations que nous avons proposé permet de lever cette lacune. Il permet de positionner les principaux jalons du processus d'adoption, ses possibles arrêts, ainsi que les facteurs qui l'influencent.

Ce modèle a montré sa pertinence comme cadre pour étudier les facteurs qui influencent le processus d'adoption en permettant notamment la distinction entre les facteurs qui influencent la décision d'adopter une innovation et ceux qui influencent le succès de l'implémentation. Nous l'avons

également exploité dans le cadre de notre enquête par questionnaire pour positionner les pratiques des adoptants : le modèle a alors permis de cartographier l'état de l'adoption des pratiques BIM des agences d'architecture. Ce modèle a permis de réaliser des observations cohérentes et a permis de présenter les résultats de façon très intelligible. Enfin, ce modèle a également servi d'appui pour le positionnement et la valorisation d'une proposition de feuille de route destinée aux agences d'architecture.

Le Modèle Unifié du Processus d'Adoption des Innovations a donc montré sa robustesse dans différentes situations. Il peut tout à fait être exploité dans d'autres contextes que celui du BIM et dans d'autres domaines que celui de la construction.

### La taxonomie des facteurs d'adoption

La taxonomie des facteurs qui influencent l'adoption du BIM que nous avons proposée intègre quatre domaines de facteurs qui peuvent influencer l'adoption du BIM : le contexte externe d'une organisation, ses caractéristiques internes, les caractéristiques de l'innovation ainsi que les caractéristiques du changement. Ce dernier domaine est un apport de notre travail par rapport à la littérature scientifique sur l'adoption des innovations qui ne considère aujourd'hui pas le changement (et sa perception par les adoptants) comme domaine d'influence sur l'adoption.

Nous avons exploité la taxonomie des facteurs d'adoption ainsi que le cadre permettant de la positionner dans notre recherche. Nous avons utilisé la liste des facteurs de décision et d'implémentation pour construire notre enquête par questionnaire. Les facteurs ainsi mesurés dans notre enquête sont des marqueurs de l'état d'avancement de la diffusion du BIM dans les agences. Les facteurs d'implémentation (qui influencent

l'implémentation du BIM) ont été utilisés pour développer une feuille de route: tous les éléments qui influencent le succès de l'implémentation peuvent être pris en compte lors de l'élaboration d'une stratégie d'implémentation de pratiques BIM dans une agence.

La taxonomie que nous avons proposée ne couvre qu'une petite partie du disque PEFA-BIM (Disque de Positionnement des Etudes sur les Facteurs d'Adoption du BIM). Nous n'avons travaillé que sur les facteurs qui influencent les organisations à adopter le BIM (échelle micro). Le référencement des facteurs qui influencent l'adoption du BIM aux échelles meso et macro sur le cadre proposé porte un fort potentiel pour des recherches à venir.



## Les contradictions entre le BIM et la culture professionnelle des architectes sont nombreuses

L'état de l'art sur l'évolution de la profession d'architecte d'une part et le développement des technologies de l'information et de la communication d'autre part a révélé des antagonismes entre la nature du BIM et la culture professionnelle des architectes. Ces antagonismes expliquent en partie les réactions vives que nous avons pu observer chez certains architectes au sujet du BIM.

### La dimension collaborative du BIM et « l'architecte maître de l'œuvre ».

La constitution et la reconnaissance très tardive des modes d'exercice salarié et associé a eu pour conséquence d'ancrer la pratique en indépendant chez les architectes, formant aujourd'hui un secteur principalement composé de très petites entreprises (même si le secteur évolue largement vers le mode d'associé, préféré par les jeunes architectes). Ainsi, ce n'est que très récemment (et pour une petite partie seulement des agences) que les questions d'organisation réfléchie et rationnelle du travail ont commencé à se poser. En ce sens, le discours sur les pratiques BIM construit principalement sur la rationalisation du travail et des échanges ainsi que sur la collaboration

ne concerne que très peu les architectes et peine à susciter leur intérêt. Cela correspond à nos observations lors de notre enquête par questionnaire : les pratiques BIM de niveau 1 (relatives à la meilleure gestion des informations de l'ouvrage en interne de l'entreprise) suscitaient moins l'intérêt des agences que les pratiques de niveau 2 (très plébiscitées).

Tandis que l'on reconnaît à l'architecte la « propriété intellectuelle » de l'œuvre architecturale depuis qu'il a acquis un statut d'artiste (Carvais 2018a), l'implication de nombreux acteurs sur le projet de construction (et maintenant jusque sur la maquette numérique), questionne ce droit. Pour les architectes, la diffusion des pratiques BIM est donc loin de n'être qu'une question de traçabilité de la responsabilité des erreurs. C'est la paternité de l'œuvre qui se joue.

La maîtrise d'œuvre pluridisciplinaire que l'on connaît aujourd'hui s'est construite en réaction au développement des contraintes techniques du projet. Elle est issue de la spécialisation des missions qui étaient auparavant

attribuées principalement à l'architecte. Le développement des pratiques BIM et notamment les niveaux avancés qui sont associés à une forme d'ingénierie concurrente s'inscrit dans la continuité de la diversification des contraintes et des acteurs de la conception. Celle-ci est souvent vécue par les architectes comme la déchéance de leur statut au sein de la maîtrise d'œuvre. C'est pour cette raison que de nombreux architectes voient dans la diffusion du BIM une énième manière d'affaiblir le rôle de l'architecte et sa place dans l'équipe de maîtrise d'œuvre.

### La dimension technique du BIM et le statut d'artiste des architectes

Les problématiques auxquelles répondent la technologie BIM sont principalement techniques et concernent peu (voire pas du tout) les dimensions sociales et sensibles de l'architecture qui sont au cœur des préoccupations des architectes. Certains architectes craignent donc que le développement du BIM amène à la prévalence systématique des questions techniques dans les projets au détriment de la qualité architecturale.

Le BIM concerne des activités et thématiques dont les architectes se sont progressivement détournés ; d'abord en se constituant une identité d'artiste, et, plus récemment, en délaissant progressivement les missions liées au suivi du chantier. Ils ont donc réduit leur champ d'action sur le cycle de vie de l'ouvrage tandis que les pratiques BIM tendent à impliquer les contraintes de l'ensemble du cycle de vie, notamment au moment de la conception.

### **La culture libérale de la profession et la dimension économique, rationnelle et industrielle du BIM**

Le statut d'artiste de l'architecte a souvent été évoqué comme principale source de rejet de la rationalisation du travail car l'optimisation du processus créatif est souvent considérée comme difficile. Pourtant, il semble que l'ancrage libéral de la profession et plus particulièrement du caractère d'intérêt public de l'architecture entre fortement en conflit avec la rationalisation.

Le rôle de l'architecte (désintéressé, qui perçoit des bénéfices non commerciaux) a été dès le début de l'institutionnalisation de la profession fortement détaché de celui d'entrepreneur (qui a vocation à s'enrichir). La rationalisation du travail est donc souvent vue comme une recherche d'économie ou d'enrichissement du maître d'ouvrage, qui est source d'appauvrissement de la proposition architecturale. La dimension rationnelle du BIM entre donc en conflit avec

la culture libérale de la profession d'architecte dans le sens où elle nuirait à sa mission d'intérêt général.

C'est également cette culture libérale et d'intérêt public qui explique en partie la méfiance envers les éditeurs de logiciels que nous avons observée tout au long de notre enquête. Ces derniers n'œuvrent pas dans le même but que les architectes (ils ont une activité à but lucrative) : cela attise la méfiance de nombreux architectes.

### **Le caractère innovant du BIM et l'inertie de l'enseignement et de la recherche en architecture**

Les jeunes architectes sont un des principaux moteurs de la transition des agences vers des pratiques BIM. Même si la formation continue permet aux professionnels de monter en compétence, ce sont souvent de jeunes diplômés aux profils de « superusers » qui sont à l'origine des importants changements dans les agences.

Cependant, les ENSA peinent à intégrer des enseignements BIM. L'actualisation du contenu pédagogique, principalement permis dans les universités et les écoles d'ingénieur par la forte présence de chercheurs à la pointe dans leur domaine fait pour l'instant défaut dans les écoles d'architecture. Une réforme des ENSA est en cours pour développer la recherche mais celle-ci va prendre du temps à se mettre en place et suscite de vives réactions dans la profession.

L'enseignement de la CAO concerne aujourd'hui principalement uniquement l'utilisation des outils mais ne sont presque jamais reliés aux problématiques de conception ou de collaboration dans le projet. Les ateliers de projet sont restés d'importants vecteurs de traditions et sont pour l'instant encore assez peu perméables aux sujets portés par la recherche universitaire. Leur capacité à préparer la transition à venir d'équipes de maîtrise d'œuvre encore plus diversifiées est faible.



## L'état de l'adoption des pratiques BIM dans les agences françaises

### Une profession qui évolue

Au moment de notre enquête, en 2019, environ un tiers des agences d'architecture en France utilisent de façon généralisée un outil BIM dit « de modélisation » (niveau 1) ; une partie d'entre elles exploitent cet outil depuis longtemps. 12% environ ont mis en place des pratiques BIM plus avancées de niveau 2. Les pratiques BIM bénéficient dans l'ensemble d'une image plutôt positive auprès des architectes mais un quart d'entre eux sont particulièrement défavorables à sa diffusion. Cette proportion d'architectes défavorables au BIM peut sembler importante. Mais, compte tenu des contradictions que nous avons pu relever entre la nature (collaborative, économique, technique et innovante) du BIM et la pratique (historiquement solitaire, libérale, artistique et traditionnelle) des architectes, elle est finalement assez faible. Elle pourrait même être le marqueur d'un important changement de culture professionnelle des architectes.

### La résilience des petites agences et l'inertie des plus grandes

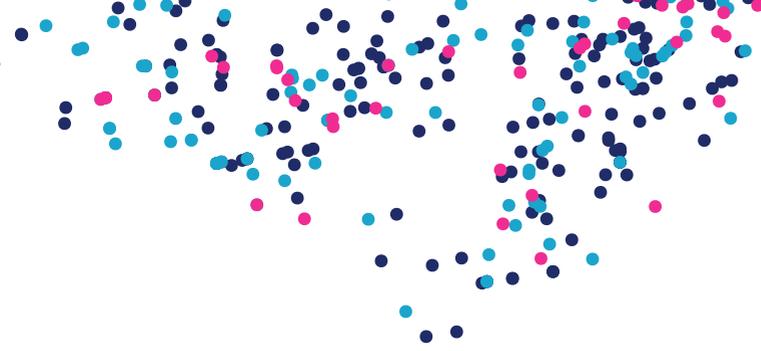
L'utilisation d'outils BIM dits « de modélisation » est répartie de façon très homogène au sein de la population des agences, et ce indépendamment de leur taille ou du type de projets qu'elles réalisent. On note même que les grandes agences utilisent moins souvent ces outils que les plus petites d'entre elles, probablement à cause de l'inertie qu'elles rencontrent et qui limite leur capacité de changement. La thèse et la croyance très répandue que les outils BIM sont inaccessibles pour les petites agences car leur coût est trop élevé est donc à nuancer, même si la proportion de logiciels « piratés » (et donc non coûteux) est certainement plus élevée et non négligeable au sein de ces petites agences.

Les pratiques BIM avancées (niveau 2) ne sont pas réservées aux très grandes agences : elles sont plus présentes au sein des agences de taille moyenne au

moment de notre enquête. Ce sont pourtant les agences les plus grandes qui sont les plus soumises aux pressions contextuelles qui les poussent vers des pratiques BIM. Il est tout à fait possible que ces pressions les incitent dans les années à venir à implémenter plus largement les pratiques BIM, rattrapant ainsi leur « retard ».

Les petites et moyennes agences se montrent très résilientes, malgré leur plus faible capacité d'investissement et leur manque d'attractivité pour les profils d'architectes spécialisés en BIM. C'est notamment grâce à l'impulsion des jeunes diplômés qui y trouvent une marge de manœuvre plus importante que dans les grandes agences pour y proposer et développer des pratiques BIM. Le développement d'enseignements spécialisés BIM dans les ENSA permettra (s'il a lieu) en partie d'absorber les transformations au sein des petites et moyenne agences. Nous avons montré que les agences ont tendance à s'agrandir au fil des années : le recrutement d'un nouveau collaborateur est alors un

moment stratégique de la vie d'une petite agence car il lui permet de faire face aux changements du secteur. Les agences les plus grandes mettront quant à elle en place des pratiques BIM sous l'impulsion des pressions externes et de façon beaucoup plus lente que les petites agences.



### Les pratiques de niveau 1 et de niveau 2: des enjeux différents

Les pratiques BIM de niveau 2 sont plus attractives et mieux connues des agences que les celles de niveau 1, même si leur diffusion est limitée par le faible avancement du secteur de la construction dans son ensemble. L'implémentation des pratiques de niveau 1 est alors pour l'instant vue principalement comme un tremplin vers le niveau 2 qui permet de s'assurer une place sur le marché.

On observe que l'adoption des pratiques de niveau 1 suscitent des réactions plus marquées et négatives que celles du niveau 2. L'implémentation du niveau 1 est également beaucoup plus radicale pour une agence que la mise en place du niveau 2, qui se fait relativement progressivement et de façon souvent assez naturelle dans les agences surtout dans la période actuelle au cours de laquelle ces pratiques avancées ne sont pas encore très cadrées.

L'implémentation du niveau 1 implique quant à elle à l'outil de production principal des architectes, qu'ils considèrent généralement comme

indissociable du processus de conception. Ainsi, en changeant d'outil, ils craignent de voir leur production architecturale dénaturée. La mise en place du niveau 1 entraîne donc généralement un questionnement profond sur l'identité de l'agence et celle de sa production.

Au travers de la difficulté de l'implémentation du niveau 1 transparaît également la difficulté des agences à intégrer une vision rationnelle de leur travail. Si le niveau 2 concerne la rationalisation des informations et des échanges tout au long du cycle de vie de l'ouvrage, le niveau 1 est quant à lui centré sur les problématiques et optimisations internes que les agences n'ont jamais mises en œuvre. Notre enquête par questionnaire illustre bien ce phénomène : parmi les agences qui travaillent en niveau 1 au moment de l'enquête (30% environ), seule la moitié d'entre elles exploite les outils d'automatisation permettant un gain de temps considérable comme la création automatisée de tableaux de surface des pièces.

Dans les années 1990-2000, lorsque les agences se sont équipées d'ordinateurs, elles sont généralement préférées les outils de dessin 2D aux outils de modélisation 3D sémantique. Les principaux outils BIM de modélisation que l'on connaît aujourd'hui étaient pourtant déjà sur le marché. Les outils 2D ont été préférés car ils sont plus proches du dessin à la main (on appelle bien AutoCAD la « table à dessin numérique ») que la modélisation 3D orientée objet. Ce « choix », réalisé il y a vingt ans a pourtant engagé les agences dans une direction qui leur rend aujourd'hui l'implémentation de pratiques BIM bien plus complexe. C'est pour cette raison que le BIM apparaît « disruptif » aujourd'hui alors que ses prémisses (et ses outils) existaient déjà au cours des années 2000 et même quelques années auparavant.

## Les évolutions en cours

L'accès à la commande était déjà affecté par le développement des exigences BIM dans les projets au moment où nous avons réalisé notre enquête (2019). Les agences de toutes tailles réalisent des projets susceptibles d'être concernés par des exigences et livrables BIM. Nous avons cependant observé des stratégies d'évitement qu'elles mettent en œuvre pour ne pas avoir à implémenter des pratiques BIM. Cela peut entraîner à moyen terme une redistribution des missions et types de projets dans la population d'agences. L'impact et la nouvelle répartition de ces projets dépendra certainement des types de projets et programmes qui seront en premier proposés principalement en BIM. Cela donne des pistes d'enquêtes futures pour étudier l'évolution du secteur.

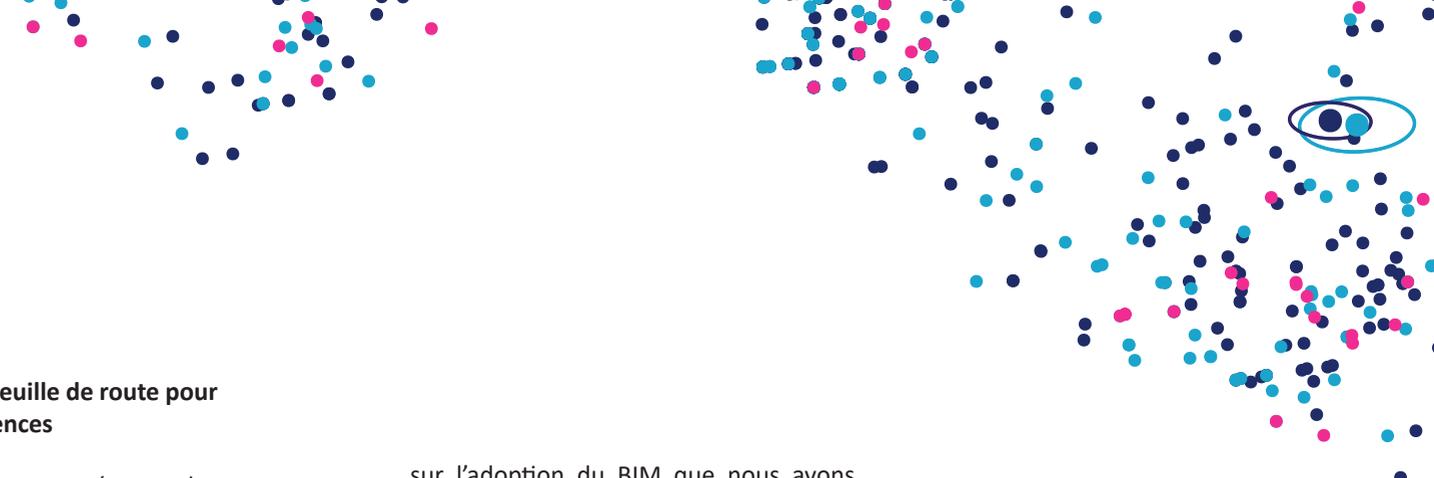
Le développement des pratiques BIM commence à se traduire par un passage accéléré de génération d'architecte : tandis que les plus expérimentés regrettent généralement la disparition de l'organisation du travail telle qu'ils l'ont connue au début de leur carrière,

les jeunes diplômés profitent de cette transition pour évoluer assez rapidement au sein des agences. A travers eux apparaît l'impact de la mise à jour des programmes des ENSA sur la profession, et les porosités entre recherche, enseignement et milieu professionnel.

Enfin, l'ensemble des éléments ici présentés sont très liés au contexte de l'année 2019. Si ce dernier a certainement déjà un peu évolué entre le moment de l'enquête (2019) et le moment de la rédaction de ces lignes (2021), il est susceptible de changer assez fortement dans les cinq à dix années à venir. La période concernée par l'enquête (2015-2021) a l'avantage de capturer une situation à un moment clé de la transition. Nous avons notamment pu observer un basculement au cours de cette période entre les profils d'adoptants. Plutôt férus de nouvelles technologies avant 2015, les agences qui adoptent des pratiques BIM aujourd'hui sont principalement centrées sur des préoccupations liées à l'évolution du marché. Ce sont des agences plus sensibles aux risques

d'implémentation que les premiers adoptants : ils seront donc d'autant plus réceptifs à la documentation qui vise à les accompagner dans l'implémentation.

Notre enquête reste cependant relativement restreinte dans la durée, en particulier l'enquête par questionnaire qui devrait être reconduite régulièrement pour affiner et vérifier les résultats ici présentés. Une étude longitudinale permettrait d'évaluer l'impact des politiques incitatives sur la population d'agences et sur le secteur de la construction.



## L'implémentation des pratiques BIM et ses difficultés

### Les difficultés de l'implémentation

L'implémentation des pratiques BIM est un moment assez difficile pour beaucoup d'agences, en particulier lorsqu'il s'agit du niveau 1. Il arrive que l'implémentation ne fonctionne pas, malgré l'achat des outils et la réalisation de formations. Cet échec peut même mettre les agences dans une situation économique très délicate.

Même lorsqu'elle se passe bien, l'implémentation nécessite un important investissement en temps et en argent. Cela entraîne généralement une baisse de productivité au cours de l'implémentation qui nécessite d'être anticipée. Peu d'agences développent des stratégies pour traiter ces difficultés. C'est pour cette raison que nous avons proposé des recommandations et une feuille de route qui permettent aux agences d'anticiper et de faire face à ces difficultés.

### Une proposition de feuille de route pour accompagner les agences

Nous nous sommes appuyés sur les résultats de notre enquête, sur le suivi de plusieurs agences ainsi que sur le domaine de la gestion du changement pour proposer des recommandations aux agences qui souhaitent implémenter des pratiques BIM. Ces recommandations ont pris la forme d'une feuille de route en quatre étapes, qui intègrent de nombreuses dimensions de la gestion de projet (identification des besoins, planification, gestion des risques, etc.) et les principes de la gestion du changement. Dans une perspective de valorisation, la feuille de route proposée a fait l'objet du développement d'un prototype d'application pour en proposer une version interactive, synthétique et ludique.

Notre travail portait deux principaux objectifs : de construire un socle de connaissance sur la diffusion, l'adoption et l'implémentation du BIM dans les agences ; et de proposer des outils pour en faciliter l'implémentation. Une grande partie de notre recherche s'est orientée sur le premier objectif, car le socle de connaissances à constituer était conséquent. Nous avons identifié de nombreuses lacunes dans la littérature

sur l'adoption du BIM que nous avons tenté de combler. Les outils que nous proposons sont pour l'instant lacunaires, mais la connaissance que nous avons constituée sur la diffusion, l'adoption et l'implémentation du BIM permettra d'alimenter de futures recherches et de formaliser des propositions et outils à destination des agences.

Enfin, notons que la proposition d'une feuille de route est une réponse très partielle aux difficultés que les agences rencontrent pour implémenter des pratiques BIM. En effet, nous avons abordé principalement des problématiques organisationnelles du changement. Mais nous avons vu également que la culture professionnelle des architectes, qui a impacté la structure, culture, et les pratiques des agences portait en elle des contradictions avec les pratiques BIM que les agences tentent aujourd'hui d'implémenter. C'est pour cette raison que la problématique de diffusion, d'adoption (et même d'implémentation) du BIM dans les agences ne peut être dissociée de l'impact de cette culture professionnelle aujourd'hui en évolution.

## Perspectives

Le développement des pratiques BIM et les politiques incitatives ont accéléré l'évolution de l'organisation de la maîtrise d'œuvre. Celles-ci vont certainement faire évoluer la loi MOP qui ne permet pour l'instant pas réellement un fonctionnement en mode concourant. Le positionnement des architectes vis-à-vis des missions BIM est certainement déterminant et impactera l'orientation des réglementations futures.

La notion de « profession libérale » des architectes entre aujourd'hui en contradiction avec une maîtrise d'œuvre toujours plus diversifiée et qui n'est ni soumise à une mission d'intérêt général ni à une déontologie professionnelle. Dans la continuité de l'évolution de la maîtrise d'œuvre, la notion de « profession libérale », réservée aux architectes aujourd'hui pourrait évoluer vers des « activités libérales » ou « groupements momentanés d'entreprises libérales » (Chesneau 2018b) qui concerneraient l'ensemble de la maîtrise d'œuvre.

Dans tous les domaines, le cloud computing commence à externaliser la puissance de calcul hors des entreprises. Les logiciels migrent progressivement vers des services et applications web. Pour l'architecture et la construction, cela se manifeste par la diffusion des licences par abonnement qui intègrent désormais

des services (espace de stockage, puissance de calcul), avec les avantages et les inconvénients que cela comporte. De nombreux livrables et démarches administratives comme des demandes d'autorisation d'urbanisme ou des permis de construire sont progressivement dématérialisés, comme cela est envisagé dans le plan BIM 2022. Dans ce cadre, le développement de standards ouverts et d'une réglementation des logiciels seront incontournables pour garantir l'intérêt commun et le respect des données personnelles.

Notre travail de recherche a donc permis de dresser un panorama et une photographie de l'état de la diffusion du BIM au cours d'une période charnière. Il permet d'en comprendre les ressorts culturels en France et d'envisager son impact sur la population des agences françaises. La dimension internationale de la diffusion des pratiques BIM appelle des études conduites à des échelles plus importantes que celle de la France et dépassant très largement la seule profession d'architecte. Les pistes de recherche concernant la thématique du BIM sont très nombreuses car il reste de nombreuses problématiques techniques, humaines et éthiques à investir dans ce domaine pour permettre une gestion efficace et souhaitable des informations du bâtiment.

Enfin, alors qu'il intervient dans un contexte de réforme des ENSA, ce travail a souligné l'impact des programmes pédagogiques des écoles d'architecture sur le secteur de l'architecture. Le développement de la recherche permet en effet l'anticipation des transformations de la société, nécessaire à l'exercice de la profession et à son évolution.

*Elodie Hochscheid*



# Liste de publications scientifiques de l'auteure

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2020. **Les agences d'architecture françaises à l'ère du BIM : contradictions, pratiques, réactions et perspectives.** *Les Cahiers de la Recherche Architecturale Urbaine et Paysagère. N°9/10 «L'agence d'architecture»*, Décembre 2020. DOI 10.4000/CRAUP.6201  
[http://bit.ly/EH\\_CRAUP20](http://bit.ly/EH_CRAUP20)

Gilles HALIN, Veronika BOLSHAKOVA, Elodie HOCHSCHEID, Henri-Jean GLESS, Aida SIALA, 2020. **Four approaches for integrating BIM practices in AEC projects.** *25th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*, Conférence virtuelle, Août 2020.  
[http://bit.ly/EH\\_CAADRIA20](http://bit.ly/EH_CAADRIA20)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2020. **Baromètre BIM : une enquête sur l'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France** (*BIM Barometer : A survey on BIM adoption in french architecture firms*). *Séminaire Conception on Architecture Numérique (SCAN'20)*. Conférence virtuelle, Novembre 2020.  
[http://bit.ly/EH\\_SCAN20](http://bit.ly/EH_SCAN20)

Souhail ELHOUAR, Elodie HOCHSCHEID, Ammar ALZARRAD, Chance EMANUELS, 2020. **Will artificial intelligence (AI) take over the construction world ? A multidisciplinary exploration.** *Proceedings of the Creative Construction Conference 2020 (CCC2020)*, Conférence virtuelle, Juin-juillet 2020.  
[http://bit.ly/EH\\_CCC20](http://bit.ly/EH_CCC20)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2019. **Generic and SME-specific factors that influence the BIM adoption process: an overview that highlights gaps in the literature.** *Frontiers of Engineering Management (FEM)*. Juillet 2019. DOI 10.1007/s42524-019-0043-2  
[http://bit.ly/EH\\_FEM2019](http://bit.ly/EH_FEM2019)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2019. **A framework for studying the factors that influence the BIM adoption process.** *Proceedings of the International Council for Research and Innovation in Building and Construction Conference (CIBw78)*. Newcastle, Angleterre. Septembre 2019. p. 275-285.  
[http://bit.ly/EH\\_CIB2019](http://bit.ly/EH_CIB2019)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2019. **Micro BIM adoption in design firms : Guidelines for doing a BIM implementation plan.** *Proceedings of the Creative Construction Conference 2019 (CCC2019)*. Budapest, Hongrie. Juin 2019.  
[http://bit.ly/EH\\_CCC2019](http://bit.ly/EH_CCC2019)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2018. **L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France** (*BIM adoption for architecture firms in France*). *Actes du Séminaire Conception on Architecture Numérique (SCAN'18)*. Nantes, France. Octobre 2018. p. 257-264. DOI 10.1051/shsconf/20184701009  
[http://bit.ly/EH\\_SCAN18](http://bit.ly/EH_SCAN18)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2018. **BIM implementation in architecture firms : Interviews, case studies and action research used to build a method that facilitates implementation of BIM processes and tools.** *Proceedings of the 36th eCAADe annual conference (Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe)*. Lodz, Poland. Septembre 2018  
[http://bit.ly/EH\\_eCAADe2018](http://bit.ly/EH_eCAADe2018)

Elodie HOCHSCHEID, Gilles HALIN, 2018. **A model to approach BIM adoption on process and possible BIM implementation failures.** *Proceedings of the Creative Construction Conference 2018 (CCC2018)*. Ljubljana, Slovenia. Juin-juillet 2018.  
[http://bit.ly/EH\\_CCC2018](http://bit.ly/EH_CCC2018)

Elodie HOCHSCHEID, Marc RIBEREAU-GAYON, Gilles HALIN, Damien HANSER, 2016. **BIM Implementation in SMEs: an Experience of Cooperation between an Architect Agency and a Carpentry Firm.** *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering conference (ICCCBE)*. Osaka, Japon. Juillet 2016.  
[http://bit.ly/EH\\_ICCCBE16](http://bit.ly/EH_ICCCBE16)

Elodie HOCHSCHEID, Marc RIBEREAU-GAYON, Gilles HALIN, Damien HANSER, 2016. **Intégration de pratiques BIM en agence : Bilan d'une expérience de coopération numérique entre une entreprise et des architectes** (*BIM implementation in architecture firms : an experimentation*). *Actes du Séminaire Conception Architecture Numérique (SCAN'16)*. Toulouse, France. Septembre 2016.  
[http://bit.ly/EH\\_SCAN16](http://bit.ly/EH_SCAN16)

**Dotorante** : Elodie Hochscheid  
**Directeur de thèse** : Gilles Halin  
**Ecole Doctorale** : IAEM Lorraine

**Laboratoire MAP-CRAI**  
Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie  
UMR MAP n°3495 (CNRS/MC MAP)  
École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

**Financement** : Ministère de la Culture, Région Grand-Est

