

Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère

2020

L'Agence d'architecture

Super-utilisateurs ou super-spécialistes ? Cartographie des catalyseurs de la transformation numérique en agence d'architecture

*Superusers or super-specialists ? Mapping the catalysts for digital
transformation in architecture practice*

Aurélie de Boissieu



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/craup/5551>

DOI : ERREUR PDO dans /localdata/www-bin/Core/Core/Db/Db.class.php L.34 : SQLSTATE[HY000]

[2006] MySQL server has gone away

ISSN : 2606-7498

Éditeur

Ministère de la Culture

Ce document a été généré automatiquement le 7 janvier 2021.

Super-utilisateurs ou super-spécialistes ? Cartographie des catalyseurs de la transformation numérique en agence d'architecture

Superusers or super-specialists ? Mapping the catalysts for digital transformation in architecture practice

Aurélie de Boissieu

- 1 La démocratisation de l'ordinateur personnel à partir des années 1980 est un vrai tournant pour nos sociétés. Des recherches et des expérimentations en conception architecturale numérique émergent dès les années 1950¹, mais l'adoption d'outils numériques métiers en agence d'architecture ne commence vraiment qu'avec la démocratisation du Computer Aided Design (CAD)², suivi par beaucoup d'autres outils, comme la modélisation 3D, les armoires à plans, la modélisation sémantique ou encore la fabrication à commande numérique. Aujourd'hui, les innovations techniques continuent à grande vitesse, en particulier avec le *Building Information Modelling* (BIM) et le Design Computationnel (DC)³.
- 2 Le BIM désigne un ensemble de pratiques mettant en jeu la manipulation et l'échange de données du bâtiment entre les acteurs du projet, tout au long de son cycle de vie. Les technologies numériques de modélisation, simulation et communication, mais aussi les méthodes de travail qui supportent ces pratiques renouvellent les outils du projet. C'est tout le paysage de savoir-faire et de capacités de l'industrie du bâtiment qui se transforme⁴.
- 3 Le DC quant à lui désigne plus largement les pratiques de conception indissociables de la computation numérique et de sa culture⁵. Ces pratiques mettent à profit et expérimentent les potentialités techniques de la computation en général, avec souvent des focus sur des technologies telles que la modélisation paramétrique, les algorithmes génératifs, les outils de simulation et d'optimisation, l'intelligence artificielle ou encore

la fabrication numérique. Ces technologies computationnelles ouvrent de nouveaux champs des possibles pour l'architecte et l'architecture⁶.

- 4 Depuis quarante ans, les outils disponibles se multiplient et s'améliorent de jour en jour. Pourtant, l'adoption du numérique en agence d'architecture reste lente, que ce soit en termes de pratiques du BIM comme de DC. En particulier en France, où l'adoption du BIM est difficile⁷ et demeure à un des niveaux les plus bas d'Europe⁸, et où le DC reste une pratique de niche, menée par quelques experts peu nombreux⁹. Ainsi, les pratiques numériques évoluent lentement et difficilement et se heurtent à de nombreuses résistances¹⁰.
- 5 La transformation numérique d'une pratique relève de multiples facteurs¹¹, et nous proposons de nous intéresser à l'un d'eux : l'organisation interne. Plus particulièrement, nous nous attachons dans cet article aux agents humains du changement en agence d'architecture. En effet, les processus de transition des agences d'architecture vers des pratiques numériques impliquent des organisations du travail et des expertises particulières et souvent nouvelles. Les pratiques ainsi que les agencements humains sont renégociés. Nous voulons interroger ici les agents catalyseurs de ces transitions en vue d'établir une cartographie humaine de la transformation numérique en agence.
- 6 Ainsi, les questions suivantes seront abordées : quels rôles et quelles organisations découlent de la transformation numérique en agence d'architecture ? Dans quelle mesure ces rôles sont-ils spécialisés ou bien intégrés aux rôles existants ? Comment le contexte actuel de transformation (difficile) des agences d'architecture influence-t-il ces acteurs ? Et finalement, que nous dit-il de l'évolution du travail de l'architecte ?

Contexte et méthodologie de la recherche

BIM et DC : définitions et repères

- 7 Les pratiques numériques sont multiples¹² et on ne saurait les assimiler les unes aux autres. Dans cet article, nous nous intéressons en particulier à celles du BIM et du DC, de façon conjointe, car elles sont aujourd'hui toutes deux majeures et significatives de la transformation numérique des agences d'architecture en France. Leurs pratiques, leurs acteurs et leurs stratégies d'adoption ont beaucoup à nous apprendre et de façon complémentaire.
- 8 Le BIM entraîne des processus de travail collaboratif mettant à profit des technologies de modélisation sémantique, de communication et de partage de données. La littérature sur le BIM est extrêmement riche mais aussi parfois contradictoire quant à la définition du BIM lui-même¹³. Par volonté de clarté, on s'appuiera ici sur la définition donnée par la norme internationale ISO 19650¹⁴. Le BIM y est entendu comme l'ensemble des processus concernant la gestion de l'information relative aux bâtiments et ouvrages de génie civil. Un certain nombre de principes clefs quant à cette gestion de l'information et à la mise en place du travail collaboratif sont définis.
- 9 Les enjeux organisationnels, contractuels et normatifs de ces nouvelles pratiques sont importants et de multiples technologies numériques de modélisation et de communication se sont développées pour les accompagner et les faciliter. Un des enjeux du BIM est de renouveler les outils du projet, en particulier pour la

représentation et la collaboration. De nouveaux savoir-faire techniques (en particulier de modélisation, représentation et gestion documentaire), mais aussi organisationnels (comme mettre en place des processus de partage adaptés aux enjeux d'un projet particulier et un plan d'exécution du BIM) sont nécessaires à l'agence d'architecture qui souhaite faire évoluer ses pratiques.

- 10 Le DC explore les potentialités d'un grand nombre de technologies (algorithmes génétiques, génératifs, intelligence artificielle, fabrication numérique, etc.) pour bousculer les modes de pensée de la conception et du projet. Les sensibilités des concepteurs se transforment¹⁵ ainsi que les champs des possibles¹⁶. Ces pratiques se regroupent le plus souvent selon trois courants¹⁷ : la conception algorithmique, la conception paramétrique et la conception générative.

Outils théoriques pour comprendre la transformation numérique des agences architecture

- 11 Une littérature scientifique riche interroge les transformations des pratiques du BIM et du DC en architecture, que ce soit sous l'angle de la transformation numérique¹⁸, de la diffusion de l'innovation¹⁹ ou de la gestion du changement²⁰. De même, pour le cas du BIM, la question de l'évaluation de la maturité des pratiques est l'objet d'enquêtes multiples²¹, ainsi que celle de l'adoption des pratiques, à l'échelle macro d'une industrie ou d'un pays²², comme à celle micro d'une agence ou d'un groupe de personnes²³. Quant au DC, il est l'objet d'une littérature plus fragmentée mais très actuelle²⁴. Cependant, la question de son adoption est un sujet moins traité²⁵.
- 12 Les nombreux outils théoriques permettant d'interroger les pratiques d'adoption distinguent de multiples facteurs de réussite ou de résistance. Le temps d'adoption de ces nouveaux outils peut être relativement long et comprend de nombreuses étapes, de la prise de décision à l'implémentation d'une stratégie de transformation²⁶. Cet article porte en particulier sur les organisations qui ont lieu dans des agences où la technologie est déjà connue, la décision de changer de pratique a été prise (potentiellement depuis déjà quelque temps) et des actions sont mises en place pour utiliser la technologie voulue. Dans la plupart de ces situations, les anciennes pratiques cohabitent avec les nouvelles et la culture d'agence est en cours de transformation. Cette phase, plus ou moins temporaire et longue, est celle de l'implémentation²⁷, au cours de laquelle des compétences nouvelles sont développées et les pratiques existantes sont renégociées.

Cartographier les catalyseurs humains du changement : méthodologie proposée

- 13 Pour Pettigrew,
Il est trop réducteur de voir le changement seulement comme un processus rationnel et linéaire de résolution de problèmes. Le changement doit pouvoir être expliqué comme continuité et changement, actions et structures²⁸.
- 14 Nous pensons que les enjeux humains sont majeurs dans les phases d'implantation du BIM et du DC²⁹, et que les organisations que l'on peut observer sont significatives des besoins et des stratégies d'implémentation. Les agents humains de la transformation numérique sont nombreux. Même si nous reconnaissons l'importance des

collaborateurs externes (ingénieurs, clients, etc.) pour la réussite de l'implémentation du numérique en agence d'architecture³⁰, nous nous intéressons ici exclusivement aux agents humains dans le cadre d'organisations internes.

- 15 Cet article interroge les formes que peut prendre le « champion » ou « agent » du changement, que l'on entend comme un individu ou groupe d'individus qui va soutenir et être moteur de la transformation numérique. Nous pensons, comme d'autres auteurs, que ces acteurs sont clefs pour l'implémentation du numérique³¹ et nous souhaitons cartographier leurs rôles et leurs intégrations en agence d'architecture. Nous distinguons ici la notion de « rôle » de la notion de profession³². Une profession désigne un métier reconnu et enregistré au journal officiel, alors qu'un rôle désigne une fonction remplie par une personne ou un groupe de personnes. Une profession peut remplir plusieurs rôles. Et un rôle peut être endossé par des acteurs de professions différentes. Par exemple, dans certaines agences, un architecte pourra endosser de multiples rôles et être très polyvalent, alors que dans d'autres, certains rôles seront remplis par des acteurs qui chercheront plutôt à se spécialiser.
- 16 Les agences d'architecture françaises mettant en œuvre des pratiques numériques avancées étant encore peu nombreuses, des difficultés se posent pour recueillir des données pertinentes. En particulier dans le cadre du DC, les études mixtes quantitatives qualitatives montrent les limites de l'adoption des pratiques et le besoin de recueil de données fines et ciblées³³. L'approche choisie pour cette recherche est de s'appuyer principalement sur des données qualitatives issues d'entretiens semi-directifs menés en agences d'architecture en France et en Angleterre entre 2011 et 2019, dont une grande part entre 2011 et 2013 dans le cadre d'un travail de thèse de doctorat sur les pratiques du paramétrique en agence d'architecture³⁴, et d'observations participantes. Notre corpus cible donc des agences avec une pratique numérique reconnue et relativement avancée (voir la liste des agences étudiées dans le tableau 1), déjà en phase d'implémentation. Nous avons interviewé de nombreux architectes et experts du numérique au sujet de leurs utilisations des outils numériques, de leurs pratiques de projets, de leurs inscriptions dans leur agence et de l'organisation du projet. Nous rendons également compte de notre propre expérience d'expert du numérique en agence d'architecture en Angleterre, chez Grimshaw Architects de 2017 à 2020 et chez Heatherwick Studio de 2016 à 2017 (voir tableau 1). L'objectif est de rendre compte au mieux de la diversité et de la spécificité des rôles et des agencements des acteurs du numérique en agence, d'aborder les représentations mentales liées aux rôles de ces experts, leurs succès ou frustrations, ainsi que les écarts existants entre organisations formelles (planifiées) et organisations informelles observables sur le terrain.

Tableau : Synthèse du corpus d'entretien et observations participantes.

<i>Agence française de moins de 10 personnes :</i> - agence RVBA (1 entretien en 2011)
<i>Agence française entre 10 et 50 personnes :</i> - Hugh Dutton & associates (3 entretiens en 2011)
<i>Agences françaises entre 50 et 150 personnes :</i> - Renzo Piano Building Workshop (1 entretien en 2011) - Ateliers Jean Nouvel (1 entretien en 2012)
<i>Agences anglaises de plus de 150 personnes :</i> - Foster Partners (3 entretiens entre 2010 et 2012) - Heatherwick Studio (Observation participante de 2016 à 2017) - Grimshaw Architects (observation participante de 2017 à 2020)

Les données collectées permettent d'analyser des agencements différents en termes de tailles d'agence et de maturités d'implémentation. Les organisations observées offrent un paysage assez large de pratiques et d'organisations des rôles liés au BIM et/ou au DC, en particulier vis-à-vis des rôles dédiés de spécialistes et de ceux intégrés à des postes existants (voir tableau 2).

Tableau 2 : Synthèse du corpus de rôles observés

Agences	Rôle(s) lié(s) au BIM		Rôle(s) lié(s) au DC	
	Dédié(s)	Intégrés(s)	Dédié(s)	Intégrés(s)
RVBA (2011)	o	x	o	x
HDA (2011)	o	x	o	x
RPBW (2011)	x	x	x	x
FP (2012)	x	x	x	x
HS (2017)	x	x	x	x
GA (2020)	x	x	x	x

o : non observé/absent(s)

x : observé(s)

- 17 On notera que la volonté d'analyser des pratiques en cours d'implémentation dans un paysage de pratiques encore peu diffusées (à la fois pour le BIM et le DC) a fortement orienté le corpus vers des agences que l'on peut qualifier d'expertes. Nous pensons que l'accès aux données justifie ce biais et que les résultats obtenus pourront par la suite être mis en perspective par des recherches quantitatives en vue d'étudier une

population plus large. Les limites et les suites méthodologiques possibles de cette recherche sont discutées en conclusion.

- 18 À partir de ces données mises en perspective avec la littérature sur le sujet, nous proposons dans la partie suivante d'identifier les récurrences et les lignes de force de ces organisations. Nous formalisons les résultats sous la forme d'une cartographie des rôles de la transformation numérique en agence d'architecture.

Cartographie des rôles de la transformation numérique en agence d'architecture

- 19 Dans un premier temps, il s'agit de cartographier ces rôles comme des entités relativement homogènes et identifiables (comme le « BIM manager », le « spécialiste du design computationnel », etc.). Leurs configurations, dédiées ou intégrées, ainsi que leurs agencements dans l'organisation de l'agence sont discutés dans la partie suivante.

BIM management, BIM coordination, information management et BIM champion

- 20 Le BIM étant encadré par des normes et des exigences définies³⁵, les missions et les rôles qui y sont associés bénéficient aujourd'hui d'une assez grande visibilité. Toutefois les pratiques BIM restent mouvantes et les définitions de ces rôles sont en fait fluctuantes et ne font toujours pas l'objet de consensus³⁶. Nos observations recoupent les résultats du travail de Kathryn Davies qui, en particulier, montre que les définitions de ces rôles varient d'un guide BIM à l'autre et d'une étude de cas à l'autre :

Les résultats [de nos recherches] suggèrent qu'alors que les pratiques du BIM deviennent généralement plus standardisées, les rôles de spécialistes du BIM quant à eux se développent de façon non coordonnées, même quand les agences et les individus considèrent suivre les recommandations des meilleurs pratiques³⁷.

- 21 Ces résultats sont récurrents dans tous les pays étudiés et on peut s'en étonner, car les rôles de BIM manager et coordinateur BIM sont aujourd'hui souvent identifiés officiellement comme des métiers, ce qui est par exemple le cas en France³⁸. Nous ne souhaitons pas rentrer dans ce débat, mais plutôt appuyer ce trait important, confirmé par la littérature, qui pointe un état des pratiques et des rôles encore mouvant et non stabilisé. À partir de la littérature et de l'analyse de données émergent deux aspects forts des rôles liés au BIM en agences d'architecture :
- 22 - Celui lié à la gestion de projet BIM et qui comprend des missions variées telles que : écrire les plans d'exécution du BIM³⁹ pour les projets, assurer et contrôler la qualité des modèles numériques, définir et potentiellement mettre en place l'environnement de données commun (CDE) des projets, ou encore négocier et mettre en place des processus spécifiques à un projet.
- 23 - Celui lié à un contexte de transformation des pratiques, et qui comprend des missions telles que : la formation des équipes de projet aux outils et aux méthodes, la constitution des *assets* numériques nécessaires (*templates*, etc.), la constitution et la documentation des méthodes récurrentes (bonnes pratiques) nécessaires à l'agence pour mettre en place et consolider des pratiques BIM convenant à ses ambitions.

- 24 Ces aspects, à la fois liés à une expertise du domaine et à un contexte marqué par un manque de diffusion dans l'industrie, semblent aujourd'hui indissociables dans les rôles BIM. Cela est tel que pour certains auteurs, la spécialisation de professionnels dans ces rôles n'est pas soutenable dans le temps⁴⁰. Comme pour le rôle de CAD manager qui est en train de disparaître du paysage des agences, les rôles dédiés au BIM seraient transitoires et voués à disparaître une fois les agences montées en compétence, comme l'appuie Hosseini :

Les rôles BIM apparaissent comme répondant à un manque d'expertise BIM au sein du rôle de chef de projet, les capacités BIM étant par ailleurs de plus en plus intégrées par les chefs de projet, la logique d'experts BIM indépendants va tendre à disparaître⁴¹.

- 25 Actuellement, on observe pourtant que même les agences avec un haut niveau de maturité des pratiques BIM conservent des rôles et des acteurs dédiés. En particulier, la complexité de certains aspects des standards, des assurances, le besoin de tirer profit des pratiques réalisées d'un projet à l'autre, ainsi que celui de développement d'outils et de méthodes innovants, semblent justifier de conserver ces rôles moteurs. C'est le cas par exemple de 80 % des agences que nous avons interrogées.
- 26 Pour le cas de l'Angleterre, où la maturité BIM est forte et les pratiques relativement intégrées depuis de nombreuses années⁴², on observe néanmoins que le succès des métiers de *BIM manager* et de coordinateur BIM commence à être supplanté par celui d'« *information manager* ». Davantage d'études seraient nécessaires pour étayer ce point.
- 27 Après les figures du *BIM manager* et du coordinateur BIM, nous souhaitons discuter ici du *BIM champion*, très présent dans les guides et les évaluations des maturités BIM⁴³. Dans le glossaire du guide de l'université de Penn State, il est défini comme :

Une personne qui possède la compétence technique et la motivation pour guider une organisation dans l'amélioration de process ou poussant l'adoption [du BIM], en gérant les résistances au changement et en assurant l'implémentation de nouvelles technologies ou de nouveaux process⁴⁴.

- 28 Il s'agit ici toujours d'un rôle et non d'un métier. Le rôle de *BIM champion* est la plupart du temps rempli par le coordinateur BIM ou le *BIM manager*, mais peut aussi l'être par tout autre membre de l'équipe de projet qui en aurait les capacités et qui serait désigné ou accepté comme tel. Son rôle est de pousser l'agenda de l'adoption du BIM au jour le jour, à la fois en assurant que les *process* définis dans le plan d'exécution du BIM sont bien compris et appliqués, mais aussi en identifiant des opportunités d'amélioration. C'est le point de contact et de référence de l'équipe sur les sujets. On a pu observer par exemple chez Heatherwick Studio ainsi que chez Grimshaw Architects que l'implémentation de processus BIM était d'autant plus efficace sur un projet si le (ou les) coordinateur(s) BIM pouva(en)t s'appuyer sur des architectes acceptant le rôle de *BIM champion*, multipliant ainsi les points de contact et de support des équipes de projet au sein de l'agence.
- 29 On peut également rapprocher le *BIM champion* de l'acteur enthousiaste qui vient mettre en œuvre des outils (logiciels ou méthodologiques) sur son projet de son propre chef, et qui va créer de lui-même une dynamique d'adoption, comme Hochscheid le relève :

Les entretiens que nous avons menés ont été l'occasion de relever l'introduction « sauvage » du BIM au sein des agences par de jeunes architectes, pour des raisons de productivité et d'usage. [...] Le tout est ensuite progressivement institutionnalisé

et généralisé au sein de l'entreprise qui réalise alors formation et achat de logiciel.
Cette pratique semble répandue⁴⁵.

- 30 Les caractéristiques des rôles BIM et leur inscription dans l'organisation de l'agence d'architecture sont très fortement liées au niveau de maturité des agences. On peut faire à gros traits la description suivante des évolutions de ces rôles et organisations :

Tableau 3. Spectre des rôles BIM en fonction de la maturité d'une organisation

<i>a- Phase de discussion de l'adoption</i>	<i>b-Phase d'implémentation</i>	<i>c-Pratique complètement intégrée</i>
Implémentation « sauvage », non régulée, sur la base de volontés individuelles	Implémentation régulée par le management de l'agence, volonté d'investissement pour une transformation numérique, apparition de rôles et de métiers dédiés.	Les rôles BIM sont remplis par les équipes du projet et font pleinement part de leurs missions quotidiennes. Les standards ainsi que la culture de l'agence sont bien établis. Des rôles spécialisés existent toujours ponctuellement dans des situations très spécifiques.

- 31 On observe un large spectre de possibilités quant à la reconnaissance de ces rôles et de leurs attributions formelles au sein de l'agence. Ce spectre s'inscrira entre les extrêmes suivants :
- 32 - l'acteur peut être reconnu formellement comme un agent du changement par l'agence, il pourra alors avoir un rôle et un titre de spécialiste, ainsi qu'un financement sur frais généraux lui permettant de développer des stratégies et des contenus en dehors des contraintes de facturation du projet ;
- 33 - l'acteur peut ne pas être reconnu formellement comme un acteur du changement mais on le laissera faire, son action sera spontanée et s'appuiera sur son propre investissement, en termes de temps et d'énergie.

Computational designer et computational design specialist

- 34 Si la littérature est riche sur les rôles liés au BIM, elle l'est moins sur ceux relevant du DC. Des recherches s'intéressent toutefois aux modalités de ces pratiques et des organisations en agence⁴⁶ ou à la figure, plus large, du *superuser*⁴⁷, proposée par Deutsch.
- 35 Dans la plupart des cas observés pour cette recherche, les rôles liés au DC incluent des missions très variées impliquant :
- 36 - l'automatisation et l'optimisation de l'environnement de production du projet (par le développement de plug-in ou l'automatisation de tâche de production de livrables par exemple) comme de l'environnement de conception du projet lui-même (par le développement de scripts pour l'exploration ou l'optimisation de la géométrie du projet par exemple) ;
- 37 - le support des équipes de projet et la production d'outils et de méthodes pour l'agence en général (avec le développement de bibliothèques d'agence ou de supports de formations par exemple).
- 38 Dans la multiplicité des titres que peuvent prendre les acteurs remplissant ces rôles, on observe dans certains cas une distinction entre le « *computational designer* » (rôle intégré) et le « *computational design specialist* » (rôle dédié). Dans la plupart des agences

observées, le *computational designer* est un architecte avec une expertise particulière, qui opère dans la conception au même niveau que ses collègues. Son rôle premier est de travailler sur les projets, et si le projet auquel il est alloué ne se prête pas à des développements computationnels, il devra potentiellement mettre ses compétences entre parenthèses. Il passe souvent d'un projet à l'autre sans guère de temps pour consolider les développements de méthodes ou d'outils effectués. S'il quitte l'agence, ce savoir part avec lui. S'il forme ses collègues, c'est souvent en fonction de sa bonne volonté et sur son temps libre, sans reconnaissance systématique de son management. On peut le rapprocher de la figure de « l'architecte-expert en modélisation » observée par Stals dans le cadre des PME en Belgique⁴⁸ ou de l'« architecte plus » décrit par Whitehead dans le cadre de la pratique de Foster and Partners⁴⁹. La situation peut être assez différente dans les agences au nombre de salariés réduit et très expertes comme RVBA ou HDA par exemple, où la plupart des acteurs cumulent plusieurs expertises de façon très intégrée. Les dynamiques entre acteurs se retrouvent alors moins fragmentées que dans les environnements plus traditionnels ou avec des inerties plus forte (comme dans les agences au nombre de salariés très élevé par exemple) où ces savoirs spécifiques circulent avec plus de difficultés.

- 39 On observe dans d'autres cas l'existence du rôle de *computational design specialist* qui consolide dans l'agence des pratiques du DC. Par exemple chez Foster + Partners, outre les « architectes plus » discutés plus haut, on observe plusieurs équipes de spécialistes comme le SMG (*Specialist Modelling group*) ou l'ARD (*Applied Research and Development group*). Ces équipes sont composées d'acteurs aux rôles dédiés au DC et au développement en général. Le *computational design specialist* assure la formation de ses collègues et le développement d'outils et d'assets numériques (méthodes, scripts, etc.) pour l'agence. Il travaille sur les projets, mais exclusivement pour des développements liés à son expertise, lui permettant d'étendre toujours plus son expérience et ses compétences.
- 40 La description de ces deux modalités de mise en œuvre du DC vise à positionner un spectre des pratiques. Les réalités du terrain sont diverses et des études quantitatives ultérieures plus fines seraient nécessaires pour consolider ces observations et décrire l'étendue de leur adoption en agence.

Le développeur d'outils numérique (développeur logiciel)

- 41 Souvent remplis par les acteurs du DC, les rôles de développement logiciel sont très importants dans ces pratiques. Si les outils principaux utilisés en agence d'architecture⁵⁰ sont développés par des entreprises spécialisées dans le développement logiciel (comme Autodesk, McNeel, etc.), toute une écologie de *plugins* et de bibliothèques est développée dans des contextes très variés⁵¹, et souvent en agence sur le temps libre d'acteurs passionnés. Dans le monde anglosaxon, la « fuite » des experts numériques de l'industrie de l'architecture vers des startup de développement de produits logiciels est d'ailleurs une préoccupation majeure⁵².

« Power User »

- 42 À côté des rôles du BIM et du DC que nous avons observés, il en existe d'autres plus techniques et spécialisés, complémentaires et avec lesquels ils sont parfois cumulés : les rôles d'expert d'un logiciel en particulier. Ils peuvent prendre des noms variés, plus ou

moins reconnus ou discutés comme le « modelleur BIM », ou péjoratifs comme le « 3D man » ou le « CAD monkey ». Nous souhaitons ici interroger l'expression « *power user* ». Cette figure est intéressante car elle nous permet de pointer la différence entre un rôle lié principalement à un savoir technique (le *poweruser*), et les rôles de diffusion de ces savoirs et d'organisation des pratiques qui y sont reliés (le *BIM champion*, le *computational designer*, etc.). Comme nous l'avons déjà précisé, nous décrivons ici des rôles qui sont la plupart du temps cumulés par les mêmes acteurs. Ainsi un coordinateur BIM sera souvent un *power user* des logiciels sur lesquels il travaille, et parfois un développeur logiciel s'intéressant aux plugins dont son équipe pourra avoir besoin.

Le consultant

- 43 La sous-traitance de missions BIM ou de DC n'est pas un rôle mais plutôt un mode opératoire ; nous nous y attardons un peu ici car il très répandu. Il répond aux manques de compétences internes que peuvent rencontrer les agences⁵³. Recourir ou non à la sous-traitance est souvent un dilemme lors des phases d'adoption : l'investissement dans une sous-traitance de certaines expertises ne s'accompagne pas forcément de la formation en parallèle des membres de l'agence⁵⁴. Hochscheid et Halin l'identifient même comme pouvant être une stratégie d'évitement de l'adoption : avoir recours à des consultants est alors un moyen de prendre de la distance avec la production⁵⁵.
- 44 Dans d'autres cas, le recours à des sous-traitants est une étape du processus d'implémentation : il permet de compenser ponctuellement un manque de compétences en interne et de collaborer avec des acteurs experts, ceux-ci remplissant les rôles nécessaires au BIM ou au DC le temps du projet ou de la mission. Dans d'autres cas, des agences peuvent organiser leurs expertises numériques sous la forme d'équipes spécialisées opérant comme des consultants internes, ce qui est particulièrement visible dans les agences de moyennes et grandes tailles comme Foster + Partners et Grimshaw⁵⁶.

Le chef d'agence : transformation numérique et *leadership*

- 45 Le rôle du *leadership* dans la transformation numérique est clef⁵⁷, que ce soit pour la décision d'adoption⁵⁸ comme pour le soutien de l'implémentation. Le rôle de la direction de l'agence est indispensable pour la mise en place d'une vision et d'une volonté de changement. Ce *leadership* fera la différence entre des pratiques mises en place de façon non régulée, nouvelles à chaque projet, perdues si les acteurs clefs quittent l'agence, et des pratiques avancées, documentées, testées d'un projet à l'autre, améliorées et diffusées de manière homogène dans l'agence. La direction de l'agence pourra mettre en place les investissements nécessaires à la transformation numérique, comme le recrutement, la formation, le développement de bibliothèques et d'assets numériques, d'outils, la mise en place d'infrastructure de diffusion de l'innovation, etc.
- 46 Dans certaines agences de moyenne et grande taille, il existe des rôles de *leadership* dédiés aux pratiques numériques (comme celui associé au titre de « *Director of Design Technologies* » ou « *Head of BIM* » par exemple), en charge de conseiller la direction de l'agence, de gérer les équipes de spécialistes et de mettre en place et assurer les stratégies de transformation numérique.

Configurations et transversalités de ces rôles en agence

- 47 Une cartographie de ces rôles serait incomplète sans prendre en considération les relations entre eux, leurs transversalités et leurs configurations en agence d'architecture. Chaque rôle discuté dans la partie précédente peut être rempli par des acteurs variés, cumulé ou au contraire donner lieu à la spécialisation d'un acteur. En effet les organisations en agence d'architecture sont extrêmement variées, que ce soit du point de vue de la division horizontale du travail et de la polyvalence des acteurs, que de la division verticale du travail et de l'autonomie de l'acteur. Des recherches quantitatives plus poussées, telles que celles de Stals⁵⁹, seraient nécessaires pour construire une connaissance fine de ce paysage en France. Certaines caractéristiques en sont ici discutées.

Transformation de la configuration des ressources

- 48 La transformation des pratiques d'une agence impacte tous les acteurs. Les cas observés où l'équipe de projet n'évoluait pas du fait de ses compétences mais s'en remettait complètement à un ou deux acteurs proactifs montrent que toute l'équipe perd du temps et que cela crée un climat de frustration. La plupart du temps l'organisation des équipes évolue avec les pratiques, ce qui est particulièrement visible pour les tâches de production (mettre à jour un modèle ou produire des livrables par exemple) où une équipe nombreuse mais peu compétente dans les technologies utilisées avancera en quelque sorte à reculons. Alors qu'une équipe aguerrie aux technologies BIM ou du DC aura une efficacité plus importante, et ce pour un effectif plus réduit. Par ailleurs, un membre en résistance ou aux compétences insuffisantes peut avoir un effet très négatif sur toute l'équipe. Là où la logique traditionnelle semblait être d'augmenter les effectifs pour augmenter leur productivité ou leur efficacité (apporter du renfort à l'approche d'une *deadline* par exemple), on observe que cela est disruptif si les compétences ne sont pas compatibles.
- 49 Beaucoup d'autres points seraient ici à développer. Les facteurs de succès de la transformation numérique et de la gestion du changement d'une agence sont multiples et en interrelation constante⁶⁰. Cet article se focalise uniquement sur un aspect bien particulier à savoir la cartographie des acteurs moteurs du changement internes à l'agence. Des recherches plus focalisées sur les configurations de ces acteurs face aux autres facteurs du changement (comme la maturité des collaborateurs externes ou l'existence ou non d'une coercition réglementaire) seraient à mener.

Acteurs du BIM et du design computationnel : transversalités ?

- 50 Il est difficile d'établir des constantes sur les rapports entre pratiques du BIM et du DC, car la réalité en agence varie énormément en fonction de leurs niveaux de maturité et des contextes des projets. Cependant, il semble que les pratiques du BIM et de DC soient le plus souvent menées séparément, même au sein d'une agence où les deux compétences existent de façon concomitante. En effet, on observe que ces pratiques sont le plus souvent le fait d'acteurs distincts et s'inscrivent dans des temporalités différentes. Chez Foster + Partners par exemple, il existe des équipes de spécialistes

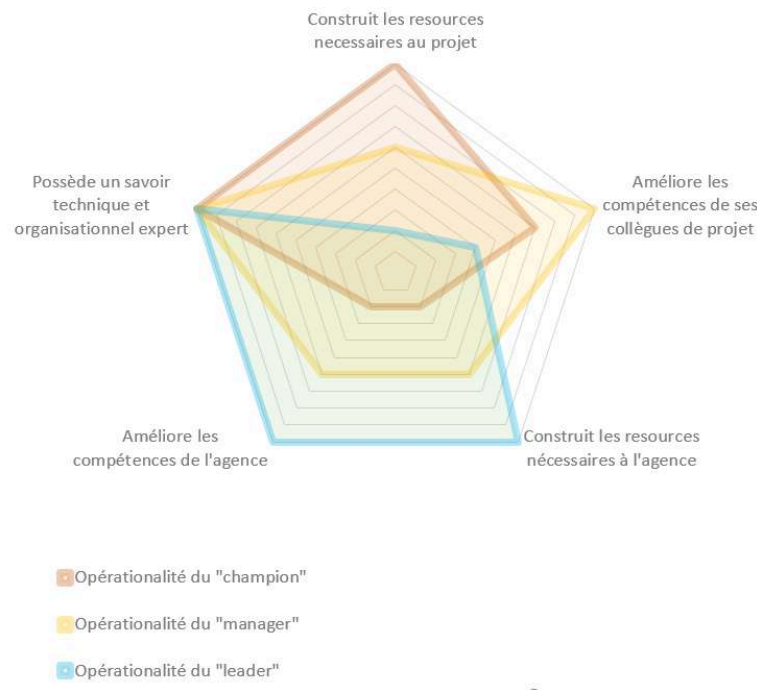
dédiées au DC (SMG ou ARD comme décrit précédemment) et au BIM. Même chez Grimshaw où les experts du BIM et du DC dépendent d'un même département (appelé *Design Technology*), les missions et les tâches sont distinctes. Encore très souvent, BIM et CD sont donc effectués en silos et on observe peu de transversalités sur ces pratiques et ces sensibilités pourtant proches. On peut s'en étonner puisque, par exemple, les enjeux de formation de l'agence, de définition de stratégies numériques d'agence et de projet, ou encore de mise en place de ressources nécessaires sont communs à ces différents acteurs.

- 51 Des recherches complémentaires sur les transversalités de ces rôles et leurs collaborations pourraient permettre d'approfondir la compréhension des dynamiques entre ces acteurs de la transformation numérique au sein d'une même agence.

Réflexions sur l'opérationnalité des acteurs

- 52 Tout au long de notre cartographie humaine de la transformation numérique en agence d'architecture, nous avons décrit des rôles avec des modalités opératoires diverses, mais sans les expliciter particulièrement. Nous proposons ici de revenir sur la question, avec la proposition de trois modes opératoires de ces rôles (fig. 1) :
- 53 - celui du *champion* : dans ce mode opératoire, l'acteur est moteur des pratiques numériques uniquement sur le projet où il est assigné, et principalement sur le mode *bottom up* ;
- 54 - celui du *manager* : dans ce mode opératoire, l'acteur est moteur des pratiques numériques sur le projet, sur le mode *top down* ;
- 55 - celui du *leader* : dans ce mode opératoire, l'acteur est moteur des pratiques numériques pour l'agence et assure la vision et les stratégies en général.

Figure 1. Spectre des modalités opératoires de l'acteur moteur du changement numérique dans l'organisation de l'agence d'architecture



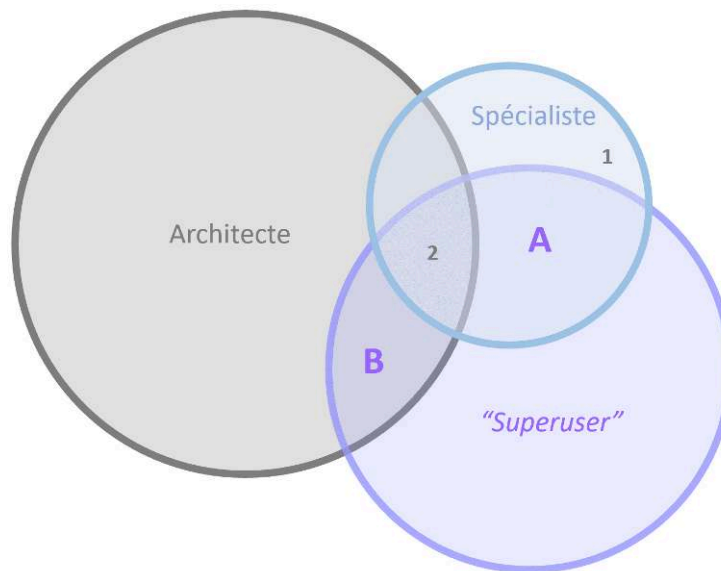
- 56 Finalement, la multiplicité des rôles et des modalités opératoires possibles de ces acteurs montre la complexité de la situation actuelle, et comment on peine à situer ces rôles émergents et leurs positions dans l'agence.
- 57 Par ailleurs, nous n'interrogeons pas ici les titres variés utilisés par ces acteurs (comme « gestionnaire de la transformation digitale », « BIM lead », « Computational architect », « BIM architect », etc.). En effet, si ceux-ci peuvent nous informer sur la reconnaissance et la représentation de ces rôles, ils n'apportent pas forcément à la compréhension de leurs enjeux et de la réalité des pratiques.
- 58 Dans les deux sections suivantes, nous interrogerons ce que remplir ces rôles implique pour la figure du *superuser* et celle de l'architecte.

La figure du superuser

- 59 La figure du *superuser* proposée par Deutsch est un acteur expert des technologies numériques de la conception en général et se définit non pas tant par ses rôles que par ses compétences, ses savoir-faire et ses savoir-être⁶¹. Si une efficacité technique hors du commun est reconnue au *superuser*⁶², celui-ci se distingue du *poweruser* par des compétences et savoir-être, entre autres par des compétences relationnelles propres à la collaboration⁶³ et des capacités à conceptualiser et structurer des stratégies pour un projet ou pour une agence⁶⁴. La figure du *superuser* va donc au-delà des clivages technologiques entre DC et BIM et reprend l'idée importante et déjà bien démontrée que l'expertise technique n'est pas suffisante pour la mise en œuvre des pratiques numériques, et que de nombreuses autres compétences sont nécessaires⁶⁵.

- 60 Dans certains cas, on observe que le *superuser* est un professionnel spécialisé qui s'inscrit dans l'un ou l'autre des rôles discutés dans les sections précédentes (fig. 2 – groupe A), dans d'autres cas, il ne s'identifie pas comme un spécialiste, mais comme un architecte (ou un ingénieur) enthousiaste pour le numérique (fig. 2 – groupe B).

Figure . Les rôles du *superuser* dans l'organisation de l'agence d'architecture



Légende:

- A : *Superuser* dans un rôle de spécialiste
 B : *Superuser* dans un rôle généraliste d'architecte
 1 : Spécialiste en situation de silo
 2 : Situation hybride de cumul des rôles

- 61 Nous l'avons discuté précédemment : les rôles remplis par ces acteurs du changement numériques ne sont pas tous formellement reconnus dans l'organisation de l'agence. Cela est dû à la fois aux diverses stratégies des agences elles-mêmes comme à celles de ces acteurs. On observe en effet parfois la réticence de certains à se (super)spécialiser en agence, par peur de se retrouver enfermés dans une « niche » dont ils pourraient difficilement sortir⁶⁶. Cette méfiance envers les superspécialistes se retrouve dans le travail de Deutsch, où il s'attache à mettre en avant les savoir-être de curiosité et d'ouverture du *superuser*⁶⁷. En effet, il décrit lui aussi les effets de silos que la surspécialisation peut entraîner, et rapproche plutôt le *superuser* de la figure de l'architecte généraliste. La distinction entre l'expert et le super-spécialiste (fig. 2 – groupes A et 1) est fine et mériterait d'être interrogée plus précisément.
- 62 Finalement, on peut dire que de multiples rôles associés à la transformation numérique s'observent actuellement en agence (BIM manager, etc.), et ils peuvent relever de modalités opératoires différentes (totalement inscrit sur le projet ou non par exemple). La figure du *superuser* vient décrire d'une façon plus générale les savoir-faire et savoir-être des acteurs du numérique en agence d'architecture. Elle cristallise la transformation culturelle et technique en cours, et met un nom sur une série de spécificités de ces acteurs. Tout acteur peut s'identifier comme un *superuser*, qu'il soit chef d'agence, architecte, ingénieur, dessinateur-projeteur avec une casquette BIM ou autres, et, finalement, qu'il soit spécialiste ou non.

Évolution de la figure de l'architecte

- 63 De nombreuses craintes et incertitudes existent face aux transformations des professions par la technologie⁶⁸, voire à leur disparition⁶⁹. Mais la multiplication des expertises et l'évolution des moyens de production ne sont pas des phénomènes nouveaux pour l'architecte. Pour Chadoin, la profession d'architecte a toujours rencontré des nouvelles compétences et nouvelles missions, et elle persiste grâce à sa grande hétérogénéité⁷⁰. Chadoin et Tapie affirment tous deux que l'hétérogénéité des savoirs et des compétences ainsi que leurs hybridations sont constitutifs de la profession d'architecte⁷¹. En particulier, la profession d'architecte se caractériserait par une « indétermination » lui permettant de renégocier et réinventer sans cesse sa position et sa pratique⁷².
- 64 Intégrer des compétences nouvelles comme le numérique pour les *superusers* (fig. 2 – groupe B) n'est donc pas une dissolution de l'architecte, mais s'inscrit pleinement dans l'indétermination de celui-ci. La valorisation des compétences hétérogènes étant au cœur de la profession d'architecte et de l'agence d'architecture, l'enjeu devient alors l'intégration de ces acteurs dans les agences d'architecture grâce à des organisations collectives renouvelées.
- 65 Les organisations de l'agence d'architecture sont un moyen fort de permettre l'évolution des pratiques numériques et l'hétérogénéité des compétences des architectes. Mais encore faut-il que ces agences prennent en compte les enjeux de gestion du changement et de collaboration dans des groupes aux compétences hétérogènes.

Résistances et frustrations : les sacrifiés d'une transition numérique en panne ?

- 66 Mettre en place des stratégies de gestion du changement et des rôles dédiés demande un investissement financier non négligeable, et les facteurs de succès ou d'échec de ces stratégies sont complexes et gourmands en ressources. Confusion, anxiété, résistance, frustration : les effets d'une gestion du changement hasardeuse sont délétères pour l'agence d'architecture et ses acteurs. Or, on observe de multiples occurrences où les agences s'en remettent à des individus enthousiastes pour porter le changement, mais sans pleinement supporter l'investissement et ses coûts dans le temps. Si l'agence ne s'engage pas sérieusement dans le processus, alors cet acteur se heurtera à de nombreuses difficultés, entraînant frustrations et désillusions, voire cherchera à quitter la profession⁷³.

Conclusions

- 67 L'originalité de cette recherche est d'aborder la transformation numérique en mettant en regard à la fois les pratiques du BIM et celles du DC pour en interroger les acteurs dans le cadre des agences d'architecture. Alors que souvent étudiés dans des littératures différentes, BIM et DC sont complémentaires en agence dans la réalité du travail de projet et sont tous deux significatifs des lignes de force de la transformation des organisations.

- 68 Dans cet exercice de cartographie, nous avons identifié les rôles professionnels moteurs de la transformation numérique en agence d'architecture. Nous en avons mis en avant la multiplicité des missions techniques et managériales, ainsi que le manque de consensus existant sur leurs circonscriptions exactes, même pour les rôles les plus visibles. Nous avons montré la palette d'inscription de ces rôles dans les organisations des agences et des équipes de projet. En particulier, nous avons interrogé l'intégration de ces rôles en agence en termes de spécialisation ou non-spécialisation, d'enjeux et de risques pour les professionnels concernés. La figure du *superuser* s'est avérée particulièrement pertinente pour décrire un tel champ de possibilités.
- 69 Nous avons soulevé les enjeux que le contexte de difficile transformation numérique pouvait représenter pour ces acteurs du changement, en particulier sur leurs positionnements dans l'agence, leurs reconnaissances et les difficultés professionnelles ressenties. Ces résultats pourraient être poursuivis par des recherches ultérieures sur les trajectoires de ces acteurs et sur le coût de la résistance au changement pour les agences et les individus.
- 70 Finalement, les données qualitatives que nous avons recueillies nous ont permis d'aborder cette population encore peu étudiée et d'en esquisser les contours et les enjeux professionnels. Des campagnes de recueils de données quantitatives seraient nécessaires pour atteindre une connaissance plus fine du paysage de l'adoption des pratiques numériques en agence, de l'évolution des compétences des architectes et de leur spécialisation ou non. Nous persistons à avancer que les pratiques numériques devraient être dé-segmentées et que les enjeux du BIM et du DC doivent être étudiés de façon complémentaire.
- 71 En particulier, des études plus poussées pourraient être poursuivies pour interroger les corrélations entre l'organisation interne des agences et les autres facteurs du changement, les différences entre pays, ou encore les corrélations entre l'enseignement dans les écoles et les dynamiques d'appropriation du numérique.
- 72 La capacité à s'adapter et la résilience sont des enjeux majeurs de notre monde actuel. Mais après quarante ans d'évolution des outils numériques, force est de constater que les agences d'architecture peinent à suivre. Le changement perpétuel est une violence au travail que l'on ne doit pas sous-estimer, tout comme peut être violent un environnement de résistance et de frustration. Une connaissance fine de ces phénomènes est cruciale en vue d'amener les architectes et futurs architectes à être acteurs et non victimes de ces changements.

BIBLIOGRAPHIE

Hamid Abdirad, « Metric-Based BIM Implementation Assessment: A Review of Research and Practice », *Architectural Engineering and Design Management*, 13, 2017, pp. 52-78.

AFNOR, NF EN ISO 19650-1, *Organisation et Numérisation Des Informations Relatives Aux Bâtiments et Ouvrages de Génie Civil, y Compris Modélisation Des Informations de La Construction (BIM)*, AFNOR, 2018.

Ahmed Louay, Mohamad Kassem, « A Unified BIM Adoption Taxonomy: Conceptual Development, Empirical Validation and Application », *Automation in Construction*, 96, 2018, pp. 103-127.

Ahmed Louay, John P. Kawalek, Mohamad Kassem, « A Comprehensive Identification and Categorisation of Drivers, Factors, and Determinants for BIM Adoption: A Systematic Literature Review », *Computing in Civil Engineering*, 2017, pp. 220-227.

Akintola Adeyemi, Senthilkumar Venkatachalam, David Root, « New BIM Roles' Legitimacy and Changing Power Dynamics on BIM-Enabled Projects », *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(9), 2017.

Azzouz Ammar, Alex Copping, Paul Shepherd, « Using the Arup BIM Maturity Measure to Demonstrate BIM Implementation in Practice », ARCOM, 2016.

Phillip G. Bernstein, *Architecture, Design, Data : Practice Competency in the Era of Computation*, Birkhauser Architecture, 2018.

Auréli de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale : Caractérisation des opérations cognitives de conception pour une pédagogie*, thèse de doctorat, université Paris-Est, Paris. 2013.

Auréli de Boissieu, Sandra Marques, Annie Guerriero, Sylvain Kubicki, Bernard Ferries, « Maturité et mesure du retour sur investissement d'opérations BIM : BIMetric, une méthode d'évaluation », *Séminaire de conception architecturale numérique, SCAN'16*, Toulouse, PUN, 2016.

Sébastien Bourbonnais, *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, thèse de doctorat, université Paris-Est, Paris. 2014.

Inês Caetano, Luís Santos, António Leitão, « Computational Design in Architecture: Defining Parametric, Generative, and Algorithmic Design », *Frontiers of Architectural Research*, 2020.

Mario Carpo, *The Digital Turn in Architecture 1992 - 2012*, AS Reader, Wileys, 2012.

Mario Carpo, *The Second Digital Turn : Design beyond Intelligence*, Cambridge, MIT Press, 2017.

Olivier Chadoin, *Être Architecte. Les Vertus de l'indétermination*, Presses Universitaire Limoges, 2013.

Rabia Charef, Stephen Emmitt, Hafiz Alaka Farid Fouchal, « Building Information Modelling Adoption in the European Union: An Overview », *Journal of Building*, 2019.

Kathryn Davies, Dermott McMeel, Suzanne Wilkinson, « Soft Skills Requirements in a BIM Project Team », *Proceedings of the 32nd International Conference of CIB W78*, 2015, pp. 108-117.

Kathryn Davies, Suzanne Wilkinson, Dermott Mcmeel, « A Review of Specialist Role Definitions in BIM Guides », *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22, 2017, pp. 185--203.

Daniel Davis, « Design Ecosystems: Customising the Architectural Design Environment with Software Plug-Ins », 2013, [en ligne] <https://www.danieldavis.com/design-ecosystems-customising-the-architectural-design-environment-with-software-plugin-ins/>, consulté le 21 mai 2020.

Daniel Davis, « Why Architects Can't Be Automated », *Architect Magazine*, 2015.

Randy Deutsch, *BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practices*, The American Institute of Architects, 2011.

Randy Deutsch, *Superusers : Design Technology Specialists and the Future of Practice*, Routledge, 2019.

Valéry Didelon, « L'empire du BIM », *Criticat*, avril 2017.

Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2011.

Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM Adoption Process », *Advances in ICT in Design, Construction and Management in Architecture, Engineering, Construction and Operations (AECO): Proceedings of the 36th CIB W78 2019 Conference*, 2019, pp. 275-285.

Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « Micro BIM Adoption in Design Firms: Guidelines for Doing a BIM Implementation Plan », *Creative construction conference*, 2019, pp. 864-871.

Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « Baromètre BIM : une enquête sur l'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », *SCAN 20*, séminaire de Conception architecturale numérique, Presses Universitaire de Nancy, 2020.

Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », SHS Web of Conferences, 2018.

Reza Hosseini, Igor Martek, Eleni Papadonikolaki, Moslem Sheikhhoshkar, Saeed Banihashemi, and Mehrdad Arashpour. « Viability of the BIM Manager Enduring as a Distinct Role: Association Rule Mining of Job Advertisements », *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(9), 2018.

Mohamad Kassem, Jennifer Li, *Building Information Modelling : Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement*, Cambridge, Centre for Digital Built Britain, 2020.

Mohamad Kassem, Bilal Succar, « Macro BIM Adoption: Comparative Market Analysis », *Automation in Construction* 81, 2017, pp. 286-299.

Eric Lebegue, Jose Antonio Cuba Segura, *Conduire un projet de construction à l'aide du BIM*, Paris, CSTB edition/Eyrolles, 2015.

Legifrance. 2019. « Arrêté Du 12 Juillet 2019 Portant création du titre professionnel de Coordinateur BIM du bâtiment », 2019, [en ligne] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000038827551&categorieLien=id>, consulté le 18 mai 2020.

Philippe Marin, « D'une conception informée par des données à la généralisation des systèmes cyber-physiques », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 2018.

Andrew McAfee, David Kestenbaum, « Experts Debate: Will Computers Edge People Out Of Entire Careers? », *NPR*, 3 juin 2015.

John Messner, Chimay Anumba, Robert Leicht, Ralph Kreider, Eric Nulton, Ashwin Ramesh, Dan Weiger, and Kim Price, *Penn State University BIM Planning Guide for Facility Owners*, Penn State University, 2013.

NBS, *National BIM Report 2019: The Definitive Industry Update*, 2019, [en ligne] (<https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>), consulté le 18 mai 2020.

Mehran Oraee, Reza Hosseini, Eleni Papadonikolaki, Roshani Palliyaguru, Mehrdad Arashpour, « Collaboration in BIM-Based Construction Networks: A Bibliometric-Qualitative Literature Review », *International Journal of Project Management*, 35(7), , 2017, pp. 1288-1301.

Eleni Papadonikolaki, Clarine Van Oel, « The Actors' Perceptions and Expectations of Their Roles in BIM-Based Collaboration », *Proceedings of the 32nd Annual Association of Researchers in Construction Management Conference*, Manchester, 2016.

- Eleni Papadonikolaki, Hans Wamelink, « Inter- and Intra-Organizational Conditions for Supply Chain Integration with BIM », *Building Research and Information*, 45(6), 2017, pp. 649-664.
- Andrew Pettigrew, « Context and Action in the Transformation of the Firm: A Reprise », *Journal of Management Studies*, 49(7), 2012, pp. 1304-1328.
- Andrew Pettigrew, « Context and Action in the Transformation of the Firm », *Journal of Management Studies*, 24((6), 1987, pp. 649-670.
- Antoine Picon, *Culture Numérique et Architecture. Une Introduction*, Birkhäuser, 2010.
- João Reis, Marlene Amorim, Nuno Melão, Patrícia Matos, « Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Research », *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 745, 2018, Springer Verlag, pp. 411-421.
- Maria João Ribeirinho, Jan Mischke, Gernot Strube, Erik Sjödin, Jose Luis Blanco, Rob Palter, Jonas Biörck, David Rockhill, and Timmy Andersson, *McKinsey Report: The next Normal in Construction How Disruption Is Reshaping the World's Largest Ecosystem*, 2020, [en ligne] <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-next-normal-in-construction-how-disruption-is-reshaping-the-worlds-largest-ecosystem>, consulté le 15 octobre 2020.
- Rúben Santos, António A. Costa, António Grilo, « Bibliometric Analysis and Review of Building Information Modelling Literature Published between 2005 and 2015 », *Automation in Construction*, 80, 2017, p. 118-136.
- Adeline Stals, *Pratiques numériques émergentes en conception architecturale dans les bureaux de petite taille, Perceptions et usages de la modélisation paramétrique*, thèse de doctorat, université de Liège, 2019.
- Bilal Succar, « Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders », *Automation in Construction*, 18, 2009, pp. 357-375.
- Bilal Succar, Mohamad Kassem, « Macro BIM Adoption: Conceptual Structures », *Automation in Construction*, 57, 2015, pp. 64-79.
- Bilal Succar, Willy Sher, Anthony Williams, « An Integrated Approach to BIM Competency Assessment, Acquisition and Application », *Automation in Construction*, 35, 2013, pp. 174-189.
- Richard E. Susskind, Daniel Susskind, *The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts*, Oxford University press, 2015.
- Guy Tapie, *Les Architectes. Mutations d'une Profession*, L'Harmattan, 2000.
- Kostas Terzidis, *Algorithmic Architecture*, Architectural Press, 2006.
- Gregory Vial, « Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda », *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 2019, pp. 118-144.
- Kevin Zhu, Shutao Dong, Sean Xin Xu, Kenneth L. Kraemer, « Innovation Diffusion in Global Contexts: Determinants of Post-Adoption Digital Transformation of European Companies », *European Journal of Information Systems*, 15, 2006, pp. 601-616.

NOTES

1. Sébastien Bourbonnais, *Sensibilités technologiques : expérimentations et explorations en architecture numérique 1987-2010*, thèse de doctorat, université Paris-Est ; Antoine Picon, *Culture numérique et architecture. Une Introduction*, Birkhäuser, 2010.

2. Avec entre autres la première version d'Autocad en 1982. CAD est l'acronyme de *Computer Aided Design*.
3. Phillip G. Bernstein, *Architecture, Design, Data : Practice Competency in the Era of Computation*, Birkhauser Architecture, 2018 ; Sébastien Bourbonnais, *op. cit.* ; Mario Carpo, *The Second Digital Turn: Design beyond Intelligence*, Cambridge, MIT Press, 2017 ; Philippe Marin, « D'une conception informée par des données à la généralisation des systèmes cyber-physiques », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 2018 ; Antoine Picon, *op. cit.*
4. AFNOR, NF EN ISO 19650-1, *Organisation et Numérisation Des Informations Relatives Aux Bâtiments et Ouvrages de Génie Civil, y Compris Modélisation Des Informations de La Construction (BIM)*, AFNOR, 2018 ; Randy Deutsch, *BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practices*, The American Institute of Architects, 2011 ; Valéry Didelon, « L'empire du BIM », *Criticat*, avril 2017 ; Chuck Eastman, et al., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2011 ; Eric Lebegue et al., *Conduire un projet de construction à l'aide du BIM*, Paris, CSTB edition/Eyrolles, 2015 ; Maria João Ribeirinho et al., *McKinsey Report: The next Normal in Construction How Disruption Is Reshaping the World's Largest Ecosystem*, 2020, [en ligne] <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-next-normal-in-construction-how-disruption-is-reshaping-the-worlds-largest-ecosystem>, consulté le 15 octobre 2020.
5. Mario Carpo, *The Digital Turn in Architecture 1992-2012*, AS Reader, Wileys, 2012 ; Antoine Picon, *op. cit.*
6. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale : caractérisation des opérations cognitives de conception pour une pédagogie*, thèse de doctorat, université Paris-Est, Paris, 2013 ; Sébastien Bourbonnais, *op. cit.* ; Mario Carpo, *The Digital Turn in Architecture...*, *op. cit.* ; Mario Carpo, *The Second Digital Turn...*, *op. cit.*
7. Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », SHS Web of Conferences, 2018.
8. Rabia Charef, Stephen Emmitt, Hafiz Alaka Farid Fouchal, « Building Information Modelling Adoption in the European Union: An Overview », *Journal of Building*, 2019.
9. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.*
10. *Idem.* ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture... », *op. cit.* ; Adeline Stals, *Pratiques numériques émergentes en conception architecturale dans les bureaux de petite taille, Perceptions et usages de la modélisation paramétrique*, thèse de doctorat, université de Liège, 2019.
11. Ahmed Louay, John P. Kawalek, Mohamad Kassem, « A Comprehensive Identification and Categorisation of Drivers, Factors, and Determinants for BIM Adoption: A Systematic Literature Review », *Computing in Civil Engineering*, 2017, pp. 220-227 ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM Adoption Process », *Advances in ICT in Design, Construction and Management in Architecture, Engineering, Construction and Operations (AECO): Proceedings of the 36th CIB W78 2019 Conference*, 2019, pp. 275-285 ; Mohamad Kassem, Bilal Succar, « Macro BIM Adoption: Comparative Market Analysis », *Automation in Construction* 81, 2017, pp. 286-299.
12. Phillip G. Bernstein, *Architecture, Design, Data: Practice Competency in the Era of Computation*, Birkhauser Architecture, 2018 ; Inês Caetano, Luís Santos, António Leitão, « Computational Design in Architecture: Defining Parametric, Generative, and Algorithmic Design », *Frontiers of Architectural Research*, 2020 ; Mario Carpo, *The Second Digital Turn...*, *op. cit.* ; Antoine Picon, *op. cit.*
13. Chuck Eastman et al., *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2011 ; Mohamad Kassem, Jennifer Li, *Building Information Modelling: Evaluating Tools for Maturity and Benefits Measurement*, Cambridge, Centre for Digital Built Britain, 2020 ; Mohamad Kassem, Bilal Succar, *op. cit.* ; Rúben Santos, António A. Costa, António Grilo, « Bibliometric Analysis and Review of

Building Information Modelling Literature Published between 2005 and 2015 », *Automation in Construction*, 80, 2017, pp. 118-136.

14. AFNOR, *NF EN ISO 19650-1*, *op. cit.*

15. Sébastien Bourbonnais, *op. cit.*

16. Phillip G. Bernstein, *Architecture, Design, Data...*, *op. cit.* ; Mario Carpo, *The Second Digital Turn...*, *op. cit.* ; Kostas Terzidis, *Algorithmic Architecture*, Architectural Press, 2006.

17. Inês Caetano, Luís Santos, António Leitão, *op. cit.*

18. João Reis, Marlene Amorim, Nuno Melão, Patrícia Matos, « Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Research », *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 745, 2018, Springer Verlag, pp. 411-421 ; Gregory Vial, « Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda », *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 2019, pp. 118-144.

19. Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM... », *op. cit.* ; Kevin Zhu, Shutao Dong, Sean Xin Xu, Kenneth L. Kraemer, « Innovation Diffusion in Global Contexts: Determinants of Post-Adoption Digital Transformation of European Companies », *European Journal of Information Systems*, 15, 2006, pp. 601-616.

20. Andrew Pettigrew, « Context and Action in the Transformation of the Firm: A Reprise », *Journal of Management Studies*, 49(7), 2012, pp. 1304-1328 ; Andrew Pettigrew, « Context and Action in the Transformation of the Firm », *Journal of Management Studies*, 24((6), 1987, pp. 649-670.

21. Hamid Abdirad, « Metric-Based BIM Implementation Assessment: A Review of Research and Practice », *Architectural Engineering and Design Management*, 13, 2017, pp. 52-78 ; Aurélie de Boissieu *et al.*, « Maturité et mesure du retour sur investissement d'opérations BIM : BIMetric, une méthode d'évaluation », *Séminaire de conception architecturale numérique, SCAN'16*, Toulouse, PUN, 2016 ; Mohamad Kassem, Jennifer Li, *op. cit.* ; Bilal Succar, « Building Information Modelling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders », *Automation in Construction*, 18, 2009, pp. 357-375.

22. Rabia Charef *et al.*, *op. cit.* ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM... », *op. cit.* ; Mohamad Kassem, Bilal Succar, *op. cit.*

23. Aurélie de Boissieu *et al.*, « Maturité et mesure du retour sur investissement d'opérations BIM... », *op. cit.* ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », *SHS Web of Conferences*, 2018 ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « Micro BIM Adoption in Design Firms: Guidelines for Doing a BIM Implementation Plan », *Creative construction conference*, 2019, pp. 864-871.

24. Inês Caetano *et al.*, *op. cit.*

25. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.* ; Randy Deutsch, *Superusers: Design Technology Specialists and the Future of Practice*, Routledge, 2019 ; Adeline Stals, *op. cit.*

26. Ahmed Louay, Mohamad Kassem, « A Unified BIM Adoption Taxonomy: Conceptual Development, Empirical Validation and Application », *Automation in Construction*, 96, 2018, pp. 103-127 ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM... », *op. cit.* .

27. Ahmed Louay, Mohamad Kassem, *op. cit.* ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « A Framework for Studying the Factors That Influence the BIM... », *op. cit.*

28. « It is too narrow to see change just as a rational and linear problem-solving process. Explanations of change have to be able to deal with continuity and change, actions and structures », Andrew Pettigrew, « Context and Action in the Transformation of the Firm », *op. cit.*, pp. 649-670.

29. Chuck Eastman *et al.*, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, Hoboken, John Wiley & Sons, 2011 ; Mohamad Kassem, Jennifer Li, *op. cit.* ; Eleni Papadonikolaki, Hans Wamelink, « Inter- and Intra-

Organizational Conditions for Supply Chain Integration with BIM », *Building Research and Information*, 45(6), 2017, pp. 649-664.

30. Mehran Oraee *et al.*, « Collaboration in BIM-Based Construction Networks: A Bibliometric-Qualitative Literature Review », *International Journal of Project Management*, 35(7), 2017, pp. 1288-1301 ; Eleni Papadonikolaki, Hans Wamelink, *op. cit.*

31. Azzouz Ammar, Alex Copping, Paul Shepherd, « Using the Arup BIM Maturity Measure to Demonstrate BIM Implementation in Practice », ARCOM, 2016.

32. Olivier Chadoin, *Être Architecte. Les Vertus de l'indétermination*, Presses Universitaires Limoges, 2013 ; Guy Tapie, *Les Architectes. Mutations d'une Profession*, L'Harmattan, 2000.

33. Adeline Stals, *op. cit.*

34. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.*

35. AFNOR, *NF EN ISO 19650-1*, *op. cit.*

36. Reza Hosseini *et al.*, « Viability of the BIM Manager Enduring as a Distinct Role: Association Rule Mining of Job Advertisements », *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(9), 2018 ; Bilal Succar, Willy Sher, Anthony Williams, « An Integrated Approach to BIM Competency Assessment, Acquisition and Application », *Automation in Construction*, 35, 2013, pp. 174-189.

37. « Findings suggest that while BIM practice generally is becoming more standardized, BIM specialist roles may be developing in an uncoordinated manner, even when companies and individuals consider themselves to be following best practice guidance », Kathryn Davies, Suzanne Wilkinson, Dermott Mcmeel, « A Review of Specialist Role Definitions in BIM Guides », *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22, 2017, pp. 185-203.

38. Legifrance. 2019. « Arrêté Du 12 Juillet 2019 Portant création du titre professionnel de Coordinateur BIM du bâtiment », 2019, [en ligne] <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000038827551&categorieLien=id>, consulté le 18 mai 2020.

39. Le plan d'exécution du BIM décrit les processus, les responsabilités et les outils qui seront mis en œuvre pendant le projet pour répondre aux exigences BIM du client (AFNOR 2018).

40. Akintola Adeyemi, Senthilkumar Venkatachalam, David Root, « New BIM Roles' Legitimacy and Changing Power Dynamics on BIM-Enabled Projects », *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(9), 2017 ; Reza Hosseini *et al.*, *op. cit.*

41. « BIM roles are shown to supplement the lack of BIM expertise within the role of 'project manager,' and that as BIM capabilities are increasingly absorbed by project managers, the rationale for an independent BIM expert will fade », Reza Hosseini *et al.*, *op. cit.*

42. Rabia Charef, Stephen Emmitt, Hafiz Alaka Farid Fouchal, « Building Information Modelling Adoption in the European Union: An Overview », *Journal of Building*, 2019 ; NBS, *National BIM Report 2019: The Definitive Industry Update*, 2019, [en ligne] (<https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>), consulté le 18 mai 2020.

43. Azzouz Ammar *et al.*, *op. cit.* ; Mohamad Kassem, Jennifer Li, *op. cit.* ; John Messner *et al.*, *Penn State University BIM Planning Guide for Facility Owners*, Penn State University, 2013.

44. John Messner *et al.* Traduction de l'auteur.

45. Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture... », *op. cit.*

46. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.* ; Adeline Stals, *op. cit.*

47. Randy Deutsch, *Superusers...*, *op. cit.*

48. Adeline Stals, *op. cit.*

49. Whitehead in Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.*

50. Comme Revit, archicad, Rhinoceros, Dynamo ou Grasshoper par exemple (Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.*; NBS 2019; Adeline Stals, *op. cit.*

51. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, *op. cit.* ; Daniel Davis, « Design Ecosystems: Customising the Architectural Design Environment with Software

Plug-Ins », 2013, [en ligne] <https://www.danieldavis.com/design-ecosystems-customising-the-architectural-design-environment-with-software-plug-ins/>, consulté le 21 mai 2020.

52. Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

53. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, op. cit. ; Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture... », op. cit. ; Papadonikolaki and Van Oel 2016; Adeline Stals, op. cit.

54. Eleni Papadonikolaki, Clarine Van Oel, « The Actors' Perceptions and Expectations of Their Roles in BIM-Based Collaboration », *Proceedings of the 32nd Annual Association of Researchers in Construction Management Conference*, Manchester, 2016.

55. Élodie Hochscheid, Gilles Halin. « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture... », op. cit.

56. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, op. cit., p. 92)

57. Andrew Pettigrew, « Context and Action... », op. cit. ; Reis et al., « Digital Transformation: A Literature Review and Guidelines for Future Research », *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 745, 2018, Springer Verlag, pp. 411-421.

58. Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « L'adoption du BIM dans les agences d'architecture... », op. cit.

59. Adeline Stals, op. cit.

60. Élodie Hochscheid, Gilles Halin, « Baromètre BIM : une enquête sur l'adoption du BIM dans les agences d'architecture en France », SCAN 20, séminaire de Conception architecturale numérique, Presses Universitaire de Nancy, 2020 ; Andrew Pettigrew, « Context and Action... », op. cit.

61. Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

62. « Take an assignment that normally takes a week and complete it in just few hours » (Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit., xvii)

63. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, op. cit. ; Kathryn Davies, Suzanne Wilkinson, Dermott Mcmeel, « A Review of Specialist Role Definitions in BIM Guides », *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22, 2017, pp. 185-203 ; Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

64. Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

65. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, op. cit. ; Kathryn Davies, Suzanne Wilkinson, Dermott Mcmeel, op. cit. ; Eleni Papadonikolaki, Hans Wamelink, op. cit. ; Adeline Stals, op. cit.

66. Aurélie de Boissieu, *Modélisation paramétrique en conception architecturale...*, op. cit., p. 76.

67. Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

68. Andrew McAfee, David Kestenbaum, « Experts Debate: Will Computers Edge People Out Of Entire Careers? », NPR, 3 juin 2015 ; Richard E. Susskind, Daniel Susskind, *The Future of the Professions...*, op. cit.

69. Daniel Davis, « Why Architects Can't Be Automated », *Architect Magazine*, 2015 ; Richard E. Susskind, Daniel Susskind, *The Future of the Professions...*, op. cit.

70. Olivier Chadoin, op. cit.

71. Idem. ; Guy Tapie, *Les Architectes. Mutations d'une Profession*, L'Harmattan, 2000.

72. Olivier Chadoin, op. cit.

73. Randy Deutsch, *Superusers...*, op. cit.

RÉSUMÉS

La capacité à s'adapter et la résilience sont un enjeu majeur dans notre monde actuel. Mais après quarante ans d'évolution des outils numériques, force est de constater que les agences d'architecture peinent à suivre. Le changement perpétuel est une violence au travail que l'on ne doit pas sous-estimer, tout comme peut être violent un environnement de résistance et de frustration. Une connaissance fine de ces phénomènes est cruciale en vue d'amener les architectes et futurs architectes à être acteur et non victime de ces changements.

Si la transformation d'une pratique relève de multiples facteurs, nous proposons de nous concentrer sur l'un d'eux : l'organisation interne, et plus particulièrement sur les agents humains de la transformation numérique. Nous interrogeons les rôles catalyseurs des pratiques numériques en vue d'établir une cartographie humaine de la transformation des organisations des agences d'architecture.

La recherche s'appuie sur des données qualitatives issues d'entretiens et d'observations participantes. Leur analyse vise à rendre compte au mieux de la diversité et de la spécificité des rôles et des agencements des acteurs du numérique, d'aborder leurs représentations mentales ainsi que les écarts pouvant exister entre organisations formelles et informelles observables sur le terrain.

L'article montre les tensions qui existent entre rôles spécialistes et généralistes, en particulier dans le contexte de pratiques numériques mouvantes. Du *BIM manager* au *computational designer*, nous montrons l'éventail de possibilités d'inscription de ces acteurs dans l'organisation de l'agence, leurs difficultés, et la part non négligeable de leur rôles respectifs dédiées à la conduite du changement. Nous interrogeons également ce que ces rôles nous disent de l'évolution de la profession d'architecte.

The ability to adapt is a major issue in the world we are living in. But after more than forty years of evolution of digital tools, architectural studios are still struggling to keep up. Perpetual change is a violence in the workplace that should not be underestimated. A detailed knowledge of these phenomena is crucial to bring architects and future architects to be actors and not victims of these digital transformations.

If the transformation of a practice is due to multiple factors, we suggest focusing on one of them: the internal organization, and more particularly on human agents of digital transformation. We question their catalytic roles to establish a cartography of human agents of the transformation in architectural studios.

The research is based on qualitative data from interviews and participant observations. Their analysis aims to give the best account of the diversity and specificity of the roles and arrangements of digital players, to address their mental representations as well as the gaps that may exist between formal and informal organizations observable in practice.

The article shows the tensions that exist between specialist and generalist roles, especially in the context of changing digital practices. From *BIM manager* to *computational designer*, we show the range of possibilities for these actors to register in the organization of the agency, their difficulties, and the non-negligible part of their respective roles dedicated to driving change. We also question what these roles tell us about the evolution of the architectural profession.

INDEX

Mots-clés : Transformation numérique, Acteur du changement, Expert, BIM, Design computationnel

Keywords : Digital transformation, Change Agent, Expert, BIM Computational Design

AUTEUR

AURÉLIE DE BOISSIEU

Chargée de cours à l'université de Liège en Belgique, Aurélie de Boissieu est chercheuse au sein du laboratoire LUCID-LNA. Elle travaille en particulier sur les enjeux du BIM et des pratiques computationnelles dans la conception architecturale. Après avoir menée son doctorat dans le laboratoire MAP-MAACC (UMR CNRS 3495), elle a enseigné les sciences et techniques en ENSA et travaillé comme expert du numérique dans de nombreuses agences, en particulier chez Heatherwick Studio et Grimshaw Architects.

aurelie.deboissieu@uliege.be ; https://www.researchgate.net/profile/Aurelie_De_Boissieu