

Aurélie **de Boissieu**
Coordinatrice

BIM

COMPUTATIONNEL,
DES DONNÉES VERS L'IA

Ingénierie & architecture,
enseignement & recherche



Atlas

● **Éditions**
EYROLLES

BIM et maquette numérique aux éditions Eyrolles

Til Breton, avec la contribution de Frédérique Bertrand, *Archicad Objectif BIM. De l'esquisse à la réalisation*, 2^e éd. 2023, 512 p.

Bruno Barroca (coordinateur), *BIM et enjeux climatiques. La prise en compte des enjeux climatiques dans le BIM et les outils numériques. Ingénierie & architecture, enseignement & recherche*, 2022, 176 p.

Ana Roxin (coordinatrice), *Nouvelles perspectives du BIM. Le jumeau numérique et la construction intelligente (smart building). Ingénierie et architecture, enseignement & recherche*, 2021, 144 p.

Sandra Marques, Régine Teulier (dir.), *Le BIM et l'évolution des pratiques. Ingénierie & architecture, enseignement & recherche*, 2020, 150 p.

Anne-Marie Bellenger & Amélie Blandin, *Le BIM sous l'angle du droit : pratiques contractuelles et responsabilités*, 2^e éd. 2019, 208 p.

Brad Hardin & Dave McCool, *Le BIM appliqué au management du projet de construction. Méthode, flux de travaux et outils*, édition française de Luigi Failla, 2019, 380 p., coédition Eyrolles/Afnor éditions

Charles-Édouard Tolmer, Régine Teulier (dir.), *Le BIM entre recherche et industrialisation. Ingénierie & architecture, enseignement & recherche*, 2019, 156 p.

Vincent Bleyenheuft, avec la contribution de Julien Blachère et de Christophe Onraet, *Les familles de Revit pour le BIM*, 2^e éd. 2018, 408 p. (en livre numérique)

Nader Boutros, Régine Teulier (dir.), *À la pointe du BIM. Ingénierie & architecture, enseignement & recherche*, 2018, 160 p.

Julie Guézo & Pierre Navarra, *Revit pour les architectes. Bonnes pratiques BIM*, 3^e éd. 2022, 536 p.

Annalisa De Maestri, *Premiers pas en BIM : l'essentiel en 100 pages*, 2017, 104 p., coédition Eyrolles/Afnor

Christophe Lheureux, *BIM pour le maître d'ouvrage. Comment passer à l'action*, 2017, 96 p.

Sylvain Riss, Aurélie Talon & Régine Teulier (dir.), *Le BIM éclairé par la recherche*, 2017, 192 p., coédition Eyrolles/CESI (exclusivement disponible en livre numérique)

Olivier Celnik & Éric Lebègue (dir.), *BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction*, préface de Bertrand Delcambre, 2^e éd. 2016, 768 p., coédition Eyrolles/CSTB/MediaConstruct (en livre numérique)

Serge K. Levan, *Management et collaboration BIM*, 2016, 208 p.

Karen Kensek, *Manuel BIM. Théorie et applications*, préface de Bertrand Delcambre, 2015, 256 p.

Éric Lebègue & José Antonio Cuba Segura, *Conduire un projet de construction à l'aide du BIM*, 2015, 80 p., coédition Eyrolles/CSTB

Patrick Dupin, *Le LEAN appliqué à la construction. Comment optimiser la gestion de projet et réduire coûts et délais dans le bâtiment*, 2014, 160 p.

Olivier Lehmann, Sandro Varano & Jean-Paul Wetzel, *SketchUp pour les architectes*, 2014, 246 p.

**...et des dizaines d'autres livres de BTP, de génie civil,
de construction et d'architecture sur**

www.editions-eyrolles.com

Aurélie de Boissieu
Coordinatrice

BIM COMPUTATIONNEL, DES DONNÉES VERS L'IA

Ingénierie & architecture, enseignement & recherche



Atlas

● Éditions
EYROLLES

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Depuis 1925, les éditions Eyrolles s'engagent en proposant des livres pour comprendre le monde, transmettre les savoirs et cultiver ses passions !

Pour continuer à accompagner toutes les générations à venir, nous travaillons de manière responsable, dans le respect de l'environnement. Nos imprimeurs sont ainsi choisis avec la plus grande attention, afin que nos ouvrages soient imprimés sur du papier issu de forêts gérées durablement. Nous veillons également à limiter le transport en privilégiant des imprimeurs locaux. Ainsi, 89 % de nos impressions se font en Europe, dont plus de la moitié en France.

Conception graphique et mise en pages : Hervé Soulard

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© ÉDITIONS EYROLLES, 2024, ISBN : 978-2-416-01511-3

Table des matières

Préambule.....	1
Introduction.....	3
CHAPITRE 1. Du BIM au HİM : d’une vision technocentrée de la gestion de l’information aux enjeux de la collaboration augmentée	
<i>Samia Ben Rajeb</i>	7
Résumé	7
Mots-clés.....	8
Abstract	8
Keywords	8
1. Introduction : faire face aux défis du BIM.....	8
2. Cadre méthodologique	9
2.1. Choisir une posture épistémologique pragmatiste	10
2.2. La recherche-action collaborative (RAC) comme approche pragmatiste	10
3. Le ShareLab comme modèle RAC pour soutenir l’implémentation du BIM	12
3.1. Les trois principaux défis de l’implémentation du BIM.....	12
3.2. Modèle théorique : ShareLab	14
3.3. Les étapes : de l’implémentation BIM à l’implémentation HİM	16
3.4. Outils méthodologiques	17
3.5. Contextes d’application	19

4.	Retours d'expérience et discussions	20
4.1.	Difficultés à dépasser certains dysfonctionnements.....	20
4.2.	Instrumenter la prise de conscience.....	21
4.3.	Réciprocité de l'apprentissage pour un savoir co-construit : d'un « apprendre » vers un « co-comprendre »	22
	Références	24

CHAPITRE 2. Potentiel de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les pratiques computationnelles

Nihel Allouche, Aida Siala

29

	Résumé	29
	Mots-clés.....	30
	Abstract	30
	Keywords	30
1.	Introduction.....	30
2.	L'intelligence artificielle et les pratiques computationnelles.....	31
3.	L'enseignement et la pratique architecturale : une stratégie pédagogique	33
4.	Approche proposée : un nouveau <i>workflow</i>	34
5.	Observation pédagogique	35
5.1.	Contexte.....	35
5.2.	Approche observée.....	36
5.2.1.	<i>Concept architectural</i>	36
5.2.2.	<i>La mise en forme du projet à l'aide de la modélisation paramétrique</i> ..	36
5.2.3.	<i>La modélisation paramétrique assistée par l'IA</i>	37
5.2.4.	<i>Le déroulement de l'observation</i>	37
6.	Résultats	38
7.	Discussion	40
8.	Conclusion.....	41
	Références	41

CHAPITRE 3. Sources ouvertes et architecture : vers une pratique numérique libre

Ahmed W. Ismail, Philippe Marin.....

43

	Résumé	43
	Mots-clés.....	43
	Abstract	44
	Keywords	44

1. Introduction.....	44
2. Code source ouvert vs logiciel libre	44
2.1. Perspectives historiques	45
2.2. Visions et philosophie.....	45
2.3. L' <i>open source</i> comme licence	46
2.4. L' <i>open source</i> : une relation entre usagers et contributeurs	47
3. L' <i>open source</i> des outils de conception architecturale	48
3.1. L'émergence du numérique pour la conception architecturale	49
3.2. Un regard sur d'autres secteurs d'application.....	49
3.3. Les outils <i>open-source</i> pour le domaine de l'architecture.....	51
3.3.1. Anatomie du logiciel CAO.....	51
3.3.2. Un regard sur l'échange d'informations en <i>open source</i>	53
3.3.3. Des modèles organisationnels différents	53
3.4. La quasi-absence de l' <i>open source</i> dans la pratique des agences d'architecture	54
4. Enjeux de l' <i>open source</i> pour l'exercice du métier d'architecte.....	55
4.1. Les enjeux de la standardisation et de l'interopérabilité	56
4.2. <i>Open source</i> et propriété intellectuelle dans la création artistique	56
4.3. Un changement de processus et des pratiques nouvelles	57
5. Conclusion.....	58
Références	59

CHAPITRE 4. Les *software studies* : vecteurs d'enseignement critique de la culture numérique en école d'architecture ?

Léa Sattler.....	63
Résumé	63
Mots-clés.....	63
Abstract	64
Keywords	64
1. Introduction.....	64
2. Expérience n° 1 : <i>Splash-screen</i>	66
3. Expérience n° 2 : <i>End-user & Quick-start</i>	68
3.1. L'incipit, ou la prise en main d'un logiciel : un terrain d'analyse	68
3.2. Protocole	69
3.3. Analyse de données.....	70
3.4. Interprétation des résultats.....	72
4. Conclusion.....	73
Remerciements.....	74
Références	74

CHAPITRE 5. Écoconception et pratiques BIM : analyses, limites et perspectives pour des médias d'assistance à l'écoconception collaboratifs et multidisciplinaires	
<i>Charlotte Dautremont</i>	75
Résumé.....	75
Mots-clés.....	76
Abstract.....	76
Keywords.....	76
1. Contexte.....	76
2. La conception et l'écoconception architecturales : quelle différence ?....	77
3. Les outils d'aide à l'écoconception : analyse et limites.....	78
4. L'usage du BIM au regard de l'écoconception architecturale.....	83
5. Les limites perçues du BIM au regard de l'écoconception.....	84
6. Analyse des MAEc au regard du BIM.....	85
7. Limites et perspectives.....	85
8. Conclusion.....	87
Références.....	88
CHAPITRE 6. Expérimentation pédagogique de la gestion de la circularité d'un bâtiment <i>via</i> la maquette numérique	
<i>Mohamed-Anis Gallas, Gregorio Saura Lorente</i>	91
Résumé.....	91
Mots-clés.....	92
Abstract.....	92
Keywords.....	92
1. Contexte.....	92
2. Initiation aux pratiques BIM.....	93
2.1. Contexte pédagogique.....	93
2.2. Apprentissage des pratiques BIM.....	93
3. Gestion de la circularité <i>via</i> la méthodologie BIM.....	96
3.1. Exploration de la circularité.....	96
3.2. Lien circularité et maquette numérique.....	97
3.2.1. <i>Projet d'application</i>	97
3.2.2. <i>Méthodologie BIM</i>	99

4. Retours d'expérience	105
4.1. Processus collaboratif de création objectivée de maquettes numériques	106
4.2. Qualité des maquettes numériques.....	106
4.3. Processus de préparation du diagnostic de circularité	106
Remerciements	107
Références	107
CHAPITRE 7. Modélisation des systèmes ferroviaires : objectifs, approches et problématiques	
<i>David Camarazo, Sana Debbech, Annabelle Gillet, Ana Roxin</i>	109
Résumé	109
Mots-clés	110
Abstract	110
Keywords	110
1. Introduction	110
2. Fondements scientifiques	111
2.1. Ingénierie dirigée par les modèles (IDM)	111
2.2. Ingénierie dirigée par les connaissances	113
3. Modélisation de systèmes ferroviaires : approche existante et problématiques	114
3.1. Approche métier pour la modélisation des systèmes ferroviaires	114
3.2. Analyse du processus de modélisation ferroviaire.....	115
3.3. Problématiques métiers	117
4. Approches relevées dans la littérature pour la vérification de modèles..	118
5. Méthodologie proposée	120
5.1. Formalisation de connaissances métier	120
5.2. Choix d'une approche pour l'interopérabilité.....	121
5.3. Conception de mécanismes de requête adaptés	123
6. Conclusion	124
Remerciements	124
Références	125

**CHAPITRE 8. Étude analytique d’ontologies
pour le projet ACCORD**

*Thamer Mecharnia, Maxime Lefrançois, Antoine Zimmermann,
Mihaela Juganaru*..... 129

Résumé..... 129

Mots-clés..... 129

Abstract..... 130

Keywords..... 130

1. Introduction..... 130

2. Identification et classification des ontologies pertinentes 131

3. Évaluation qualitative et quantitative des ontologies 138

4. Analyse..... 139

5. Conclusion..... 141

Remerciements..... 142

Références..... 142

**CHAPITRE 9. Open-Source Libraries for Digital Building Permit
Rules Verifications – Pilot Project**

Vasilina Ivanova, Gregorio Saura Lorente, Sasil Koutra 145

Résumé..... 145

Mots-clés..... 146

Abstract..... 146

Keywords..... 146

1. Introduction..... 146

2. Literature Search 149

 2.1. BIM and Semantic Models 149

 2.2. Open BIM, IFC and libraires..... 149

3. Digital building permit case-studies..... 150

4. Methodology..... 151

5. Results and main findings 154

 5.1. Selection of the semantic model..... 154

 5.2. Selection of the rules..... 155

 5.3. Interpretation and formalization of rules..... 155

 5.4. Definition of the model information need 156

 5.5. Creation of a platform 156

 5.6. Implementing the Rules..... 157

 5.7. Testing the Semantic Model..... 157

6. Conclusions.....	158
7. Perspectives	159
Acknowledgements.....	159
References	160

CHAPITRE 10. Informations, enjeux et stratégies pour l'accessibilité des logements intelligents et temporaires aux personnes à mobilité réduite

Younes Lamsaougar, Thibaud Hulin, Federico Tajariol et Joseph Azar 163

Résumé	163
Mots-clés.....	164
Abstract	164
Keywords	164
1. Introduction.....	164
2. Enjeux concernant les stratégies des PSH lors de la recherche d'information sur les logements.....	165
3. Les différents systèmes d'adaptation des logements	167
4. De la catégorisation des équipements d'accessibilité à une ontologie des usages du logement accessible	169
5. Accessibilité, design d'expérience et de service.....	171
6. Le BIM pour améliorer l'expérience des PMR.....	174
7. Conclusion.....	176
Références	177

CHAPITRE 11. Vision prospective d'une approche de détection des éléments non conformes dans les ERP selon la réglementation en vigueur

Selsebil Benelhaj Sghaier, Ana Roxin, Éric Leclercq 183

Résumé	183
Mots-clés.....	183
Abstract	184
Keywords	184
1. Introduction.....	184
2. Études préliminaires.....	185
2.1. Étude des PMR et des types de handicaps.....	185
2.2. Étude de la réglementation définissant les conditions d'accessibilité	186

2.3.	Étude des normes ouvertes pour la représentation numérique des bâtiments.....	187
2.4.	Étude des approches pour la vérification de réglementations	188
3.	Spécification du périmètre de l'approche	192
3.1.	Conclusions de l'étude handicap.....	192
3.2.	Conclusions sur les textes législatifs.....	192
3.3.	Conclusions sur la représentation numérique des bâtiments.....	194
3.4.	Conclusion sur les approches pour la vérification de réglementations.....	195
4.	Approche envisagée	196
4.1.	Problématiques scientifiques	196
4.2.	Présentation de l'approche	197
5.	Conclusion et travaux futurs.....	198
	Références	199
	Remerciements de la coordinatrice.....	203
	Les auteurs du <i>workshop</i> eduBIM 2023.....	205
	Les relecteurs du <i>workshop</i> eduBIM 2023	206
	Comité scientifique du <i>workshop</i> eduBIM 2023	207

CHAPITRE 1

Du BIM au HİM : d'une vision technocentrée de la gestion de l'information aux enjeux de la collaboration augmentée

Samia Ben Rajeb

BATir_AIA, École polytechnique de Bruxelles
batir.polytech.ulb.be

Résumé

Dans un contexte bouleversé par la transition numérique appliquée au secteur de la construction-bâtiment, cet article propose une méthodologie de recherche-action collaborative (RAC) pour soutenir le changement par le BIM. Il s'agit de dépasser une démarche centrée sur les enjeux techniques et technologiques pour viser une collaboration intégrée, effective et soutenable, permise par l'implémentation du HİM pour tout le cycle de vie du bâtiment. Nous choisissons d'ailleurs le terme HİM (Human-Interaction Information Management) plutôt que spécifiquement le BIM (Building Information Management) afin de dépasser une vision technocentrée de la gestion de l'information pour se concentrer aussi (et principalement) sur les enjeux de la collaboration augmentée face au changement dans un environnement BIM. Une fois la démarche explicitée, les résultats de l'article mettent en avant le rôle de la RAC pour aider à « comprendre et à co-comprendre l'activité », par et avec les praticiens, à travers des méthodes et des démarches suffisamment rigoureuses selon les principes de la recherche scientifique, et ce dans l'objectif de « pouvoir agir » et de « co-construire » des savoirs pratiques et théoriques.

Mots-clés

Collaboration BIM, BIM management, Human-Interaction Information Management, gestion du changement, recherche participative, secteur de la construction.

Abstract

In a context disrupted by digital transition in the construction sector, this article proposes a collaborative action research methodology (RAC) to support change in collaborative activities with BIM (Building Information Management). The aim is to move beyond an approach focused solely on technical and technological issues and to target integrated, effective, and sustainable collaboration, facilitated by the implementation of HİM (Human-Interaction Information Management) throughout the entire building life cycle. We have chosen the term HİM rather than specifically BIM to surpass a techno-centric view of information management and to focus on the challenges of enhanced / augmented collaboration in the face of change within a BIM environment. Once the approach is explained, the article's results emphasize the role of RAC in helping “understand and co-understand the activity” with practitioners, using methods and approaches rigorous enough to adhere to participative scientific research principles. This is done with the objective of “being able to act” and “co-construct” practical and theoretical knowledge in the construction sector.

Keywords

BIM collaboration, BIM management, Human-Interaction, Information Management, Change management, Participatory Research, Construction Industry.

1. Introduction : faire face aux défis du BIM

Encouragés par les avancées technologiques réalisées de nos jours, plusieurs pays (dont la France, la Belgique ou le Canada) se sont fixé comme plan d'action de numériser le secteur de la construction, et ce pour tout le cycle de vie d'un bâtiment et à toutes les échelles (Hore *et al.*, 2017). S'appuyant sur ce que les logiciels, processus et procédures BIM permettent, ce plan d'action vise à encourager la transformation technologique des entreprises en vue d'améliorer le processus de construction, d'éviter les pertes et, entre autres, de proposer des bâtiments plus responsables, soutenables et respectueux de l'environnement. En ce sens, le BIM est vu et présenté, depuis plus d'une décennie, comme étant une approche innovante, intégrative et collaborative pour améliorer les performances des projets de construction (Santos *et al.*, 2017). Plus spécifiquement, il s'agit, d'une part, de modéliser en 3D les informations relatives à un bâtiment (*Building Information Models & Modeling*) en vue de les partager. Via cette nouvelle stratégie de modélisation, l'objectif serait, d'autre part, de coordonner ces données dans le cadre d'un travail collaboratif (*Building Information Management*) en vue de gérer au mieux le processus de conception et de construction ainsi que d'optimiser l'exploitation même du bâtiment. Plusieurs États membres de l'Union européenne ont déjà mis en

œuvre le BIM dans leurs stratégies de construction. Parmi eux, citons la région scandinave, la France, l'Allemagne et les Pays-Bas (Ciribini *et al.*, 2016). Ce bouleversement, introduit de manière rapide dans différents pays, a créé des interférences indésirables entre les productions des collaborateurs et les diverses entités de l'entreprise, tant d'ordre technique et technologique que d'ordre organisationnel et juridique. Ainsi, implémenter le BIM dans un secteur qui souffre d'une forte inertie (Holzer, 2011) exige une certaine prise de conscience des différents défis à relever pour les divers protagonistes concernés dans le secteur, allant de la maîtrise d'ouvrage à la maîtrise d'œuvre et même aux exploitants. À travers différents retours d'expérience dans des contextes pratiques et d'enseignement de projets depuis plus de dix ans, il s'agit, d'une part, de mettre en avant les principaux défis à relever liés à l'implémentation du BIM et, d'autre part, de proposer une méthodologie de recherche participative permettant de mieux appréhender ces défis et de gérer le changement dans un secteur souffrant d'une grande inertie.

2. Cadre méthodologique

La mise en place d'une stratégie de transition numérique devient primordiale pour aider la transformation des habitudes et assister le changement, nécessitant un ajustement en conséquence des modèles théoriques. En effet, cette transition devrait se construire de manière structurée prenant en compte les spécificités techniques, sociales, économiques et juridiques du cadre d'application, principalement à travers des visions co-constituées soutenues par des politiques gouvernementales (Kassem et Succar, 2015). Or, dans la réalité du terrain, les professionnels du secteur de la construction-bâtiment sont peu conscients et peu prêts à reconnaître que cette façon outillée de travailler ensemble implique un changement majeur dans les méthodes de conception et de coordination interéquipes. La communication entre les partenaires y devient obligatoire et continue, ainsi que l'identification de nouveaux rôles organisationnels dans les équipes de projets. Par conséquent, la transition vers ce que nous nommons ici « la collaboration augmentée par le BIM » fait de la résistance au changement, l'un des obstacles les plus importants à l'implémentation du BIM dans le secteur de la construction, au-delà des problèmes purement techniques et technologiques. Comment encourager ce changement en perpétuelle évolution ? Quelle méthodologie adopter en tant que chercheurs pour soutenir ces transformations en cours et cette transition numérique pour une collaboration augmentée, effective et soutenable ? Ces questions nous semblent nécessaires à soulever pour solutionner cette résistance aux changements en aidant les professionnels et leurs entreprises à développer l'agilité nécessaire pour s'adapter à un environnement d'affaires en pleine transformation, à gérer cette temporalité en perpétuelle mutation et à préparer un plan de gouvernance portant sur les modes de travail, les modalités d'organisation des données et les formations (Dautremont *et al.*, 2020 ; de Boissieu, 2020). C'est pourquoi nous choisissons de parler, dans le cadre de cette publication, de HİM (*Human-Interaction Information Management*) plutôt que spécifiquement de BIM (*Building Information Management*) afin de dépasser une vision technocentrée de la gestion de l'information pour se concentrer aussi (et principalement) sur les enjeux de la collaboration augmentée face aux changements dans un environnement BIM.

2.1. Choisir une posture épistémologique pragmatiste

Le BIM a beaucoup attiré l'attention pas seulement celle des praticiens, mais aussi celle des chercheurs et des pédagogues impliqués dans le secteur de l'architecture et de la construction (Mehran, 2016). Cet engouement pour le BIM a donné lieu à de nombreuses publications, articles et projets de recherche développés pour l'encourager, l'étudier ou encore l'assister par d'autres méthodes et outils. Après une revue non exhaustive de la littérature existante sur l'implémentation du BIM, rares sont ceux qui traitent de la question de la résistance au changement. Certains l'étudient en la décrivant et en la classant sous la forme de barrières au changement (Poinet, 2020 ; Poirier, 2018 ; Majrouhi *et al.*, 2018 ; Barszczb et Walaseka, 2017 ; Banihashemi *et al.*, 2016). La plupart de ces recherches insistent d'ailleurs sur l'aspect organisationnel, mais sans pour autant s'attarder sur la manière de le gérer au sein de pratiques BIM en entreprise. D'autres proposent de nouveaux outils numériques pour pallier les problèmes de coordination humaine constatés lors de l'implémentation du BIM (Cristia, 2020). Certains proposent aussi un plan d'implémentation BIM, telles des feuilles de route, pour assister les pratiques BIM dans les agences d'architecture avec une approche orientée conduite du changement (Hochscheid, 2021). Or, force est de constater qu'il est difficile de gérer le changement dû à l'implémentation d'instruments et de méthodes par la simple mise en place de nouveaux outils et autres méthodes sans pour autant questionner l'articulation entre les acteurs, l'évolution de leurs besoins réels et la redéfinition des rôles de chacun, ainsi que les défis spécifiques à chaque contexte. Pour appréhender ce changement et participer à sa gestion, il nous semble nécessaire de définir clairement la posture épistémologique que nous pouvons adopter face à un terrain d'étude qui subit une transformation rapide et imposée par le marché de la construction.

En se basant sur les recherches de M. Velmuradova (2004), qui distingue trois principaux paradigmes en sciences de gestion (le positivisme, le constructivisme et l'interprétionisme), dans le cas de cette étude, nous nous plaçons clairement dans la lignée du constructivisme pragmatique modéré où « la connaissance est comprise comme un processus actif avant de l'être comme un résultat fini » (Velmuradova, 2004, p. 17). L'approche pragmatiste repose principalement sur l'hypothèse que la réalité est présentée comme dépendant du contexte et de l'individu sans pour autant se renfermer dans une représentation unique de la réalité. En accord avec les premiers théoriciens du pragmatisme (dont J. Dewey, 2005), la connaissance y est produite *via* une description et une interprétation de situations données pouvant servir à résoudre des problèmes sociaux et organisationnels, améliorant ainsi les conditions de travail et les conditions sociales des communautés (Addams, 2009 ; Gillberg et Vo, 2011 ; Benson *et al.*, 2007). Ainsi, l'approche pragmatiste semble s'aligner parfaitement sur ce que nous souhaitons proposer comme méthodologie pour la gestion du changement dans un contexte de transition rapide. Au regard de ce cadrage épistémologique, le point suivant précise la démarche participante choisie pour accompagner le changement dû à la transition numérique dans le secteur de la construction.

2.2. La recherche-action collaborative (RAC) comme approche pragmatiste

Comme dit précédemment, la transition numérique, dans le secteur construction-bâtiment, peut être considérée comme un changement significatif impliquant les individus, la culture, les habitudes et l'organisation d'une entreprise et son rapport avec les autres (Gillberg et Vo,

2011). Elle induit un processus de changement évolutif et permanent, pas toujours consensuel, de « définition et de développement de l'identité » de l'entreprise et de son activité (Minnich, 2005). C'est pourquoi la recherche participante paraît pertinente pour aider à conduire le changement. Mais de quel type de recherche participante parle-t-on ?

De nombreux termes sont employés pour expliciter des recherches participantes (Bourassa *et al.*, 2007b). La plus connue et utilisée dans le cadre du management en entreprise est la recherche-action (Desgagné, 2007). Par une action concrète au sein d'une pratique, elle a pour finalité d'induire du changement. La recherche collaborative, quant à elle, a, pour premier objectif, la formation en encourageant l'autoréflexion et l'autocritique (Audoux et Gillet, 2015). Ainsi, dans le cadre d'une recherche dite collaborative, les acteurs de terrain recherchent le développement professionnel, et les chercheurs visent, quant à eux, l'investigation. Dans la lignée des pragmatistes, plusieurs auteurs insistent sur l'aspect utile de la connaissance pour la pratique (Van de Ven et Andrew, 1992). Selon M.J. Avenier et L. Gialdini (2009), l'élaboration d'un tel savoir potentiellement utile à la pratique participe activement à la légitimation pragmatique des connaissances développées *via* sa reconnaissance par ces praticiens. M.N. Albert et M.J. Avenier (2011) évoquent aussi la notion d'élaboration de savoirs scientifiques activables par des praticiens, en s'appuyant sur l'expérience d'autres praticiens. Pour assister le changement dans le cadre de notre étude, la recherche associe ces deux typologies avec l'objectif de créer un espace d'apprentissage mutuel (*via* la recherche collaborative) dans lequel les praticiens et les chercheurs entament une réflexion critique et dynamique autour d'une situation qui demande à être changée (*via* la recherche-action). C'est pourquoi la recherche-action collaborative (RAC) nous paraît adéquate pour contribuer à la co-construction de savoirs négociés, entre savoirs pratiques et savoirs théoriques. Ceux-ci se développent au travers d'un espace de dialogue (Doucet et Dumais, 2015) permettant aux chercheurs de produire de la connaissance dans un domaine en émergence et aux praticiens de faire émerger des actions futures. Nous ne parlons pas ici uniquement de changement co-construit (Hochscheid, 2021, p. 92), mais d'un savoir co-construit entre ceux qui portent la connaissance théorique et ceux qui maîtrisent la connaissance acquise par l'expérience sur le terrain (Stiti et Ben Rajeb, 2022).

Selon M. Bourassa *et al.* (2007, p. 7), pour s'aligner sur une démarche de recherche-action collaborative, il est nécessaire de prendre en compte trois étapes principales :

1. d'abord, spécifier conjointement le sujet de la recherche à mener et co-définir le problème à traiter au sein de l'organisation. Cette co-définition de la problématique se construit de manière qu'elle soit pertinente autant pour les chercheurs que pour les praticiens ;
2. ensuite, veiller à l'engagement des partenaires/praticiens à toutes les étapes du processus ;
3. enfin, activer de nouvelles connaissances pour viser un réel changement au sein d'une organisation. Il s'agit de dépasser des paramètres prédéfinis dans la théorie et de ne pas simplement les appliquer. Pour produire des effets d'autoformation, il convient plutôt de recontextualiser et de réinterpréter la connaissance en fonction des spécificités du contexte.

Dans le cas de notre méthodologie, nous avons choisi d'ancrer nos questionnements dans le cadre de la théorie de l'activité qui a aussi été utilisée pour analyser des activités interdisciplinaires en design (Zahedi et Tessier, 2023) et pour assister le changement dans des activités collectives en conception (Virkkunen *et al.*, 2014). Ce cadre théorique a été un consensus rapidement adopté par les acteurs concernés par l'implémentation du BIM. En effet, l'« *activity theory model* » (Engeström, 2001) offre le moyen d'appréhender l'activité collective en prenant en compte les actions et les contributions de chaque individu (*subject*) dans le groupe

(*community*) centrées sur une activité (*object*) en vue de répondre à un objectif commun (*outcome*). Pour ce faire, le modèle prend aussi en compte trois éléments nécessaires à la description plus détaillée de cette activité : les règles, les outils et les tâches à réaliser sur l'objet en vue d'aboutir collectivement à l'objectif final (Engeström, 2000). Dans la démarche de recherche-action décrite ici, ce modèle est utilisé comme un réseau de nœuds d'activités en développement continu et faisant face à un ensemble de contradictions. Ce sont ces contradictions que nous questionnons en premier lieu pour appréhender le changement au sein d'une activité collective. À travers cette co-analyse de l'activité et de ses contradictions, un savoir négocié se co-construit afin d'entériner un changement effectif de la situation perçue et des actions à poser. Cette co-construction permise *via* une démarche RAC aiderait, selon J. Dubost et A. Lévy (2003, p. 413), à découvrir de nouvelles vérités significatives, à la fois pour les personnes engagées dans la recherche et pour les chercheurs.

C'est ainsi que nous nous sommes alignés sur une démarche RAC pour assister le changement dû à l'implémentation du BIM et gérer la collaboration augmentée au sein d'une activité collective en conception/construction. Dans ce cadre, spécifier conjointement le sujet de recherche à mener, co-définir le problème à traiter et veiller à l'engagement des partenaires/praticiens à toutes les étapes du processus ont été des conditions *sine qua non* pour intervenir dans les contextes connaissant cette transition numérique. Ensuite, il a été nécessaire d'intégrer nos différentes interventions en prenant en compte un cadre théorique que nous avons dû définir pour répondre concrètement à la question du « comment » : comment viser un changement par l'activation de nouvelles connaissances et comment participer à la co-construction d'un savoir négocié ?

Le point suivant développera ce cadre mis en jeu, tant dans des contextes pédagogiques que professionnels, *via* des méthodes qui ont été adaptées au secteur de la construction-bâtiment. Nous y distinguerons clairement l'objectif de la méthodologie d'aide à l'implémentation du BIM à celui de la recherche.

3. Le ShareLab comme modèle RAC pour soutenir l'implémentation du BIM

3.1. Les trois principaux défis de l'implémentation du BIM

Préparer/former à la gestion du changement dans le secteur de la construction-bâtiment passe par une prise de conscience des enjeux de ce changement dans l'environnement de travail de chacun et des défis à relever. Cette prise de conscience se joue à deux niveaux : au niveau des formations proposées pour préparer à l'implémentation effective du BIM dans le secteur, et au niveau des pratiques BIM mises en place dans les entreprises se focalisant essentiellement sur l'aspect technocentré. Nous mettons ici en avant trois principaux défis.

D'un côté, il s'agit de garantir le passage d'une organisation séquentielle par « lots » à un processus concourant (Forgues *et al.* 2016). Ce premier défi n'implique pas seulement des enjeux organisationnels (Botton *et al.*, 2017 ; Cristia, 2020), mais il est important de prendre en compte également les enjeux juridiques et les changements de postulats à intégrer de la part des différents acteurs. Un tel changement organisationnel impliquant une transformation dans l'activité collective et le rapport entre les individus fait rapidement apparaître diffé-

rentes typologies de résistances (Soparnot, 2013) : une résistance psychologique (due à l'anxiété provoquée par une réforme), une résistance culturelle ou encore identitaire (remettant en cause la relation de l'individu avec son entreprise), une résistance politique (menaçant certains jeux de pouvoir au sein du groupe) ou encore d'autres résistances telles que collectives (par effet de groupe) ou cognitives (par crainte de devoir faire de nouvelles tâches et/ou de devoir réapprendre de nouvelles techniques et/ou méthodes).

En effet, la transition vers le BIM a impliqué une nouvelle organisation du travail : d'un processus séquentiel vers un processus concourant, dans lequel les différents acteurs du projet interviennent de manière simultanée autour d'un même objet (Bew et Underwood, 2010). Ils y encodent les informations en vue de pouvoir les partager avec les autres, en évitant les pertes d'informations et/ou les informations contradictoires (Baldauf *et al.*, 2020). C'est pourquoi il fallait rapidement apporter des solutions technologiques aux problèmes de transférabilité et de partage des données numériques (Celnik *et al.*, 2014), ce qui représente le second défi de l'implémentation du BIM dans le secteur « bâtiment ». Ces solutions ne se résument pas non plus à des résolutions purement techniques (Kassem et Succar, 2017), mais aussi à des négociations et des propositions co-construites permettant un partage efficace, compris et adopté par tous au sein du groupe. Aujourd'hui, nous parlons d'environnement de travail commun ou de normes ISO à suivre pour garantir au mieux cette transférabilité (Hochscheid *et al.*, 2022), mais sa mise en application demeure à ce jour une question très technocentrée sans réelle définition d'une vision commune et d'une organisation conséquente permettant l'exploitation et l'optimisation efficace et efficiente de l'information bâtiment partagée.

Le troisième défi, qui n'est pas des moindres, concerne la prise en compte du changement organisationnel qu'induit l'implémentation du BIM dans les activités collectives au sein des entreprises (Majrouhi *et al.*, 2018 ; Hochscheid, 2021), en interne mais aussi interfirmes. Ce changement nécessite en effet une compréhension approfondie des impacts du BIM sur les pratiques collectives actuelles impliquées dans le cycle de vie du projet. À ce jour, plusieurs manquements sont encore constatés lors de l'implémentation BIM dans des projets de bâtiments de grande ampleur, tels que le manque de perception des problèmes rencontrés dans les *workflows* BIM déjà mis en place, ou le manque de compréhension partagée, ou encore l'insuffisance d'optimisation du processus de travail (Jallow *et al.*, 2017). En effet, cette mutation, de la 3D-CAO (conception assistée par ordinateur) vers la 3D enrichie par de l'information partagée, dépasse largement celle de la transition vécue précédemment lors du passage de la 2D à la 3D dans le processus de conception et de représentation du projet (Ahmed *et al.*, 2017). La méthode classique de conception a été longtemps caractérisée par un processus dans lequel les concepteurs travaillaient de manière indépendante sur les éléments dont ils étaient responsables et qui étaient par la suite coordonnés par un chef de projet. Ainsi, des réunions de coordination ont été mises en place et définies comme étant des espaces dédiés aux résolutions des conflits constatés (Czmoch et Pekala, 2014). Depuis que le BIM a été mis en place dans le secteur de la construction et, plus particulièrement, celui du bâtiment, une forme intégrée de collaboration s'est alors imposée au processus de conception (Boton *et al.*, 2016). Les modalités de communication, l'organisation du travail et les stratégies de coordination se retrouvent alors directement perturbées par ces avancées technologiques. Or, comme vu précédemment, la question du partage de l'information participe au bouleversement des environnements de travail, qui se trouvent aujourd'hui bien plus surchargés qu'intégrés (Figure 1).

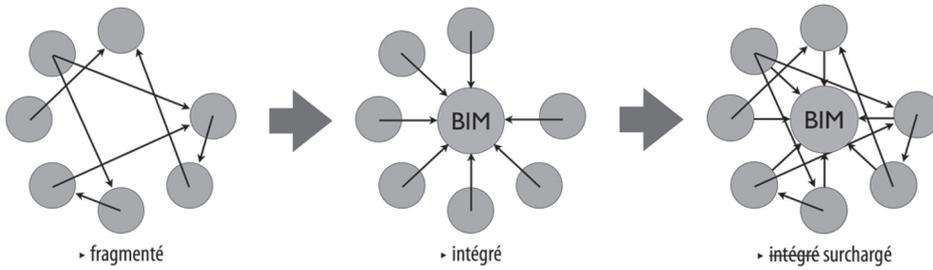


Figure 1. Transformation de l'environnement de travail dans une équipe de projet due à l'implémentation BIM.

Ainsi, face à ces environnements de travail transformés, la gestion du changement organisationnel lié à la mise en œuvre de nouvelles technologies BIM repose sur la capacité du groupe à co-comprendre et à appréhender sa situation actuelle et future, tout en mettant au centre de l'attention l'importance de cogérer l'information produite collaborativement en vue d'être partagée, mise à jour et optimisée tout au long du cycle de vie du bâtiment pour un passage effectif du BIM au HİM.

3.2. Modèle théorique : ShareLab

Cette capacité du groupe à construire une compréhension partagée, une vision commune et une cogestion optimisée de l'information doit passer par des négociations continues (Gillberg et Vo, 2011) pour participer activement au développement de la stratégie de mise en œuvre de ces nouveaux outils et méthodes de travail. Elle permet également au groupe de s'adapter à sa nouvelle réalité. La RAC soutient ce changement dans tous ses aspects : technologique, socio-cognitif et organisationnel. C'est une approche interventionniste qui implique l'équipe de chercheurs ainsi que les participants du contexte étudié à collaborer dans la collecte, le traitement et l'analyse des données de recherche (Audoux et Gillet, 2015). Les résultats sont obtenus à partir de la co-construction de savoirs autour d'une même activité, par le chercheur et les autres acteurs, ce qui marque une distinction audacieuse avec la recherche scientifique classique (Foucart, 2018). Ici, l'action est au cœur du processus de recherche et vise la compréhension et la transformation des pratiques (Monceau, 2022 ; Bourassa *et al.*, 2007a). Cette approche est généralement utilisée dans le soutien éducatif, le développement du leadership, ou dans l'intégration de paramètres sociaux dans les projets d'urbanisme. L'originalité du travail présenté dans cet article vient de l'adaptation de cette approche RAC au secteur de la construction. Il représente le résultat d'une recherche qui a débuté en 2012 et qui se poursuit à ce jour. Cette adaptation se concrétise par la mise en œuvre d'une nouvelle méthode nommée ShareLab, dont l'objectif est : (1) de permettre aux membres d'un groupe une mise en commun de la compréhension qu'ils ont de leur activité et de la démarche BIM entreprise ; (2) de partager et/ou de transférer des habiletés, des savoir-faire et des barrières auxquelles ils ont été confrontés ; et (3) d'optimiser certains processus quand des défaillances sont détectées par les protagonistes (tant acteurs du projet que chercheurs). Cette méthode ShareLab, définie et développée au département BATir de l'École polytechnique de Bruxelles (Ben Rajeb *et al.*, 2015), s'inspire en premier lieu de la théorie d'activité proposée par Engeström *et al.* (1996, 2000, 2001) telle qu'explicitée plus haut. Divers outils méthodologiques ont aussi été adaptés et/ou créés pour le secteur de la construction, visant une approche participative et itérative afin d'assister le changement de l'implantation du BIM. Dans le

ShareLab, le chercheur joue ainsi le rôle d'un facilitateur ou modérateur qui met en place les bons outils méthodologiques adaptés au contexte et aux objectifs visés, tout en impliquant directement les acteurs dans l'activité étudiée. Contrairement aux pratiques habituelles de gestion de changement observées en entreprise, le modèle proposé ici repose sur la mise en place de plusieurs étapes pour arriver à co-construire, de manière effective, un savoir partagé et une intelligence collective pouvant faire face à ce changement et étant au service d'une collaboration augmentée.

À partir de diverses recherches orientées tant vers la gestion des activités collectives en conception (psychologie, ergonomie et sciences cognitives) que vers la gestion du changement (management, psychologie sociale, théories organisationnelles) (Ben Rajeb *et al.*, 2015), un cadre théorique a été défini (Figure 2). Concrètement, il s'agit de regrouper les collaborateurs, à différents niveaux et de différents départements, dans l'objectif de partager leurs points de vue (*common ground*) ensemble et avec l'assistance du chercheur. C'est au moyen de ce référentiel commun qu'évolue une réflexion commune (synchronisation cognitive) pour construire une vision partagée, doublée d'une stratégie à court et à long terme pour l'implémentation d'une démarche BIM au sein de leur entreprise, avant de s'attacher à distribuer simplement les tâches dédiées à chacun (synchronisation opératoire). Or la co-définition d'un référentiel commun n'est possible qu'après avoir défini des outils, des méthodes et des environnements de travail permettant le partage (*sharing*). Ce partage n'est permis que si un environnement de confiance (*trust*) est assuré. Pour garantir cette confiance, il est alors nécessaire d'organiser des situations de partage permettant au groupe d'éveiller une conscience mutuelle des rôles, des connaissances, des perceptions et des vécus dans lesquels chacun évolue (*awareness*). C'est par la gestion de ces différents concepts que se construit le modèle ShareLab pour assister et encourager l'intelligence collective dans un groupe subissant une situation de changement.

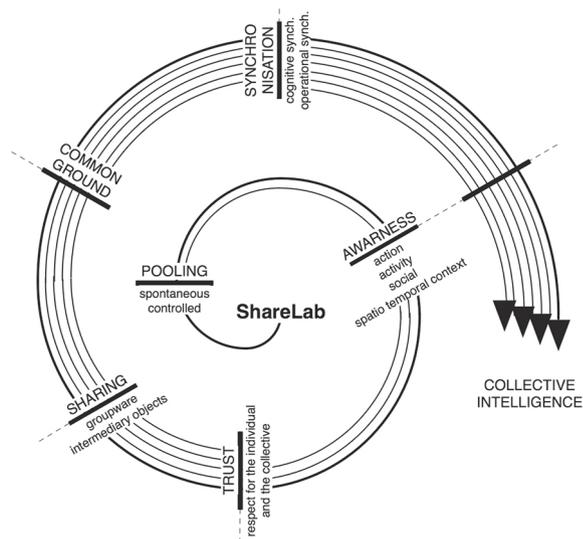


Figure 2. Modèle théorique du ShareLab (selon Ben Rajeb *et al.*, 2015).

3.3. Les étapes : de l'implémentation BIM à l'implémentation HİM

Ces étapes citées dans le modèle théorique sont explicitées sous la forme de quatre phases dans lesquelles l'intervention du chercheur est très importante au début, mais diminue de plus en plus au cours des phases afin de laisser place à des actions organisées, entreprises et gérées exclusivement par les praticiens concernés par l'activité (Figure 3). C'est pourquoi nous parlons ici d'un savoir négocié visant un « apprendre à apprendre » (Belmondo et Sargis, 2012). Cette démarche ShareLab ainsi définie tend à participer à la gestion du changement au sein d'une organisation par la compréhension commune de la problématique, d'une part, et des objectifs à atteindre, d'autre part. L'hypothèse posée ici étant qu'un processus de changement est plus efficace et moins déstabilisant s'il y a une conscientisation commune des enjeux et de la problématique, et que les objectifs sont construits de manière collaborative. Explicitons chacune des phases et activités qui composent notre démarche.

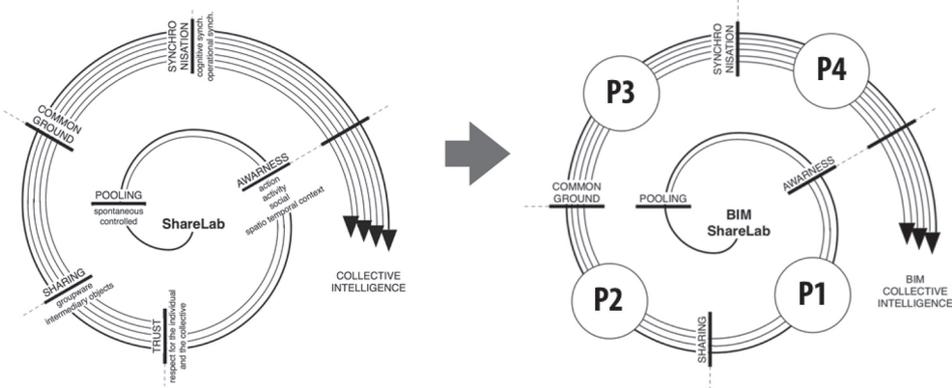


Figure 3. Le ShareLab adapté aux étapes d'implémentation.

- **Phase 1 - Diagnostic** (« du *comprendre* au *co-comprendre* »). Cette phase préliminaire est nécessaire pour que le chercheur puisse comprendre le contexte. *Via* un comité réduit, constitué de collaborateurs et de chercheurs, la question de la recherche et la méthodologie sont co-construites. Les résultats de ce diagnostic sont ensuite exposés lors de l'Atelier 1 ShareLab (ci-dessous) à l'ensemble des collaborateurs qui ont la possibilité de les questionner, de les discuter et de les commenter. Ces premières réflexions partagées donnent lieu à une première prise de conscience et, donc, à la construction d'un *awareness* au sein du groupe. À l'issue de ces réflexions partagées, la question de la recherche est négociée, et la méthodologie reformulée conjointement entre le chercheur et le comité représentant les praticiens.
- **Phase 2 - Atelier 1 ShareLab** (« *co-comprendre* »). Cette phase consiste à rassembler, en une demi-journée, différents profils représentant l'entreprise dans une sorte de laboratoire de partage. L'objectif ici est de créer un terrain commun entre les intervenants au moyen d'une démarche de recherche-action collaborative, coordonnée et animée par le chercheur (telle que décrite plus haut). Lors de cet Atelier 1, il est nécessaire de garantir un environnement de confiance (*trust*) encourageant le partage (*sharing*) entre les différents profils, indépendamment de tout effet de hiérarchie et jeu de pouvoir.

- **Phase 3 - Atelier 2 ShareLab** (« du *co-comprendre* au *co-définir les actions* »). Cette phase consiste à rassembler, une seconde fois en une demi-journée, les collaborateurs à différents niveaux avec l'objectif de co-définir une vision commune et des objectifs partagés à l'issue d'une implémentation BIM au sein de l'activité. Tout comme l'Atelier 1, la première partie de l'Atelier 2 consiste à présenter et à discuter des résultats mis en avant dans la phase précédente (Atelier 1). Ensuite, au travers d'une démarche de recherche-action collaborative, un nouvel espace d'échanges est ainsi ouvert. Sous la direction d'un BIM manager interne, un travail en sous-groupes est entamé qui est à fournir puis à soumettre à discussion à l'ensemble du groupe. C'est à travers cet exercice qu'un réel référentiel commun (*common ground*) se co-construit. Il servira de base à la définition d'une stratégie d'implémentation BIM dédiée.
- **Phase 4 - Ateliers parallèles mini-ShareLab** (« du *co-définir* au *co-agir et co-articuler* »). Une fois que les résultats issus du dernier ShareLab sont traités puis exposés au comité, un ensemble d'actions à entreprendre est conjointement fixé pour introduire une stratégie BIM interne dédiée. La liste de ces actions est ensuite soumise à l'ensemble des collaborateurs, leur demandant s'ils souhaitent diriger et/ou participer à la concrétisation de ces actions sous forme d'ateliers mini-ShareLab. La participation volontaire à ces ateliers est une condition *sine qua non* pour garantir le changement effectif et l'implémentation efficace du BIM au sein de l'entreprise. C'est au travers de ces ateliers parallèles codirigés et menés par le comité et les collaborateurs que se crée la synchronisation, tant opératoire que cognitive, entre les partenaires. Une co-articulation entre l'ensemble des actions est ainsi assurée.

Les trois dernières phases du ShareLab, en plus d'intégrer une approche incrémentale, abordent le contexte avec une vision qui se veut concourante et socialisante, puisqu'elles tendent à faire partager divers points de vue dans la visée de co-construire du sens et de cogérer ensemble le changement dû à l'implémentation du BIM. Il s'avère donc important, pour la réussite du projet :

- d'impliquer tous les niveaux hiérarchiques, ainsi que l'ensemble des départements et des protagonistes concernés par ce changement ;
- de respecter la parole et le point de vue de chacun, et de définir clairement en amont la visée d'une démarche participative au sein de l'entreprise. Il ne s'agit pas d'une recherche dont l'objectif serait de déboucher directement sur des savoirs pratiques pour l'action ou encore de répondre aux attentes effectives de la haute direction, mais il est question en premier lieu de « restituer un nouvel éclairage qui pourrait transformer les horizons : c'est dans la réception-transformation de ce nouvel éclairage que se produit le changement » (Doucet et Dumais, 2015, p. 82) ;
- de mettre à la disposition des acteurs des outils assurant la participation effective des co-chercheurs/collaborateurs à toutes les étapes de la recherche.

3.4. Outils méthodologiques

Pour animer les différents ateliers ShareLab, plusieurs outils méthodologiques sont empruntés aux sciences humaines, au *design thinking* ou encore aux méthodes centrées « *user experience* ». Ces outils sont ensuite adaptés aux contextes d'intervention qui sont dépendants de l'espace, du temps et des profils d'acteurs concernés par la démarche. Notre approche se veut incrémentale, puisque nous nous appuyons sur des actions déjà mises en œuvre au sein d'une

activité afin d'habituer petit à petit les différents protagonistes à ces outils et au vocabulaire qui y est associé. Cette approche nous semble nécessaire pour garantir la réussite du ShareLab et accompagner le processus de changement. Nous avons ainsi décomposé ces outils en trois types illustrés par deux exemples à chaque fois.

1. Outils méthodologiques pour la co-construction de référentiels communs et de conscience mutuelle

- **Serious Game : JeBIM** (Ben Rajeb et Leclercq, 2019) dont les objectifs :
 - pour les acteurs : créer une expérience commune entre l'ensemble des apprenants afin d'illustrer les concepts théoriques et de prendre conscience des enjeux collaboratifs du BIM,
 - pour les chercheurs : recueillir des retours d'expérience, à partir des discussions provoquées à l'issue du jeu, sur les pratiques actuelles en agence ou sur les perceptions qu'ont les apprenants du BIM ;
- **Méthode boule de neige : BIMSynchro** (Rahhal *et al.*, 2020) dont les objectifs :
 - pour les acteurs : aider à la maturation progressive des réflexions autour d'une problématique particulière pour mettre en avant des axes prioritaires ou pour permettre la synchronisation cognitive entre les différents collaborateurs,
 - pour les chercheurs : récolter des savoir-faire mis en place dans les pratiques qui manquent actuellement de maturité et ne savent toujours pas résoudre les problèmes d'hétérogénéité et d'incohérence des données.

2. Outils méthodologiques de diagnostic et d'auto/co-analyse

- **Matrice de maturité** (Tahrani *et al.*, 2017) dont les objectifs :
 - pour les acteurs : (1) construire un langage partagé, grâce à une compréhension commune des enjeux du BIM à travers les critères définis par la grille de maturité, et (2) aider les collaborateurs à discuter ensemble de la situation actuelle à laquelle ils sont confrontés et à construire ensuite une visée commune avec des objectifs d'action clairement définis,
 - pour les chercheurs : cartographier ensemble (haute direction, employés et chercheurs) la maturité BIM de l'entreprise et du secteur de la construction en général, à la suite de la confrontation de ces différents points de vue et témoignages des collaborateurs ;
- **L'auto-confrontation croisée sur la base d'un workflow co-construit avec le chercheur** (Forgues *et al.*, 2016) dont les objectifs *via* la schématisation de leurs *workflow(s)* et *dataflow(s)* :
 - pour les acteurs : (1) prendre conscience de leur propre activité (prise de recul) en la formalisant, et (2) confronter cette formalisation à celle des autres en détectant les possibles contradictions et en prenant conscience des similitudes et des décalages de points de vue,
 - pour les chercheurs : diminuer les risques de surinterprétation ou d'éloignement des actions réelles entamées par les différents acteurs pour leurs analyses.

3. Outils méthodologiques de diagnostic et d'auto/co-analyse

- **La carte heuristique** (Naville *et al.*, 2016) dont les objectifs :
 - pour les acteurs : mettre en avant les compétences internes et faire ressortir les difficultés et les frustrations rencontrées dans le processus d'implémentation,

- pour les chercheurs : apporter des réponses sur le « pourquoi ? », « avec quoi ? », « avec qui ? » et, *via* ce savoir négocié, participer à la mise en place d'un guide valorisant les savoirs et savoir-faire acquis lors de la recherche ;
- **La synthèse** : c'est un outil systématique à la fin de chaque boucle permettant aux acteurs de privilégier une prise de conscience mutuelle relative aux enjeux du changement dus à l'implémentation du BIM, à la démarche à construire pour l'intégration des processus BIM dans les activités (à court terme) et dans leurs firmes (à plus long terme) et aux différents apprentissages acquis à l'issue du ShareLab, et permettant aux chercheurs de discuter, de compléter et/ou de remettre en cause les résultats obtenus et le modèle appliqué.

3.5. Contextes d'application

La gestion du changement, *via* la RAC appliquée à l'enseignement de la conception et mise en œuvre dans les pratiques du secteur de la construction, vise deux objectifs principaux, utiles à la recherche et à la stratégie de la formation en BIM et à l'implémentation du HİM en entreprise :

1. un objectif de capitalisation de la connaissance collective pour la gestion de l'information. Traiter et capitaliser la connaissance collective devient un enjeu majeur tant pour la recherche que pour les (futurs) praticiens à l'heure du *Building Big Data*. En effet, la nécessité de gérer un volume croissant de données impose la mise en place d'une approche pertinente pour apporter du sens aux données qui affluent entre les acteurs de la construction, mais aussi pour gérer leurs propres connaissances et identifier les meilleures pratiques à mettre en place pour une gestion adéquate de l'implémentation HİM ;
2. un objectif de valorisation de la collaboration entre les équipes de travail qui s'avère indispensable à la performance de l'entreprise. La collaboration augmentée devient ainsi une méthodologie favorisant la réussite d'un projet et encourageant des pratiques propices au gain d'efficacité des acteurs et donc à la performance de l'entreprise : *via* l'autoformation, les partages de bonnes pratiques collaboratives et l'amélioration des connaissances et de leur appropriation adéquate au sein d'une activité.

Dans ce sens, nous avons opté, depuis 2012, pour une formation où la gestion de la collaboration augmentée est au centre des objectifs pédagogiques visés, réunissant des profils variés d'apprenants : étudiants en master atelier d'architecture dans le cadre de leur cursus, ou professionnels du secteur dans le cadre d'une certification BIM en tant que modeleurs, coordinateurs, sous-traitants, maîtres d'ouvrage, etc. Ces formations peuvent prendre la forme d'une intervention longitudinale (étalée sur trois mois) ou de plusieurs interventions ponctuelles (allant de deux demi-journées à trois jours complets). Il est vrai que, pour des applications dans des pratiques de conception et de construction dans un contexte de recherche-action, nos interventions se focalisent principalement sur la gestion du changement. Mais, s'inscrivant aussi dans une recherche collaborative, notre objectif est de tenter de comprendre l'écart qui peut exister entre la théorie et l'évolution des pratiques. C'est pourquoi, en se basant sur le modèle ShareLab, nous avons opté pour une approche par immersion, impliquant tant les chercheurs que les acteurs de la conception dans différentes phases de la recherche. Cette approche nous permet, d'un côté, d'accéder aux informations utiles à la compréhension de situations complexes d'activités collectives et, de l'autre, d'aider à proposer une démarche plus intégrative qui prend en compte la spécificité de chaque pratique étudiée. Dans la

démarche adoptée ici, les praticiens sont engagés de manière récurrente dans les activités du projet de recherche. En effet, la définition de la problématique résulte d'échanges avec les acteurs du terrain vis-à-vis d'une préoccupation pratique, mais aussi de la pertinence de la littérature académique pour éclairer cette pratique. La construction de la connaissance repose sur des itérations confrontant les connaissances théoriques du chercheur aux expériences des praticiens (Avenier et Gialdini, 2009). Ces itérations sont d'ailleurs permises par les différents ateliers ShareLab, en plus des entretiens et des observations *in situ* de ces pratiques. Dans la lignée d'Avenier et Gialdini (2009), « le but d'une telle implication systématique des praticiens est d'augmenter les chances que les connaissances académiques élaborées soient pertinentes pour la pratique ». Des applications ont ainsi été menées dans différents types de moyennes/grandes entreprises pluridisciplinaires et multisites, du côté de la maîtrise d'ouvrage mais aussi de la maîtrise d'œuvre, avec la participation de professionnels de la conception et de la construction de bâtiments. Il est important de souligner qu'une étude de la littérature suffisamment rigoureuse est régulièrement réalisée afin d'identifier clairement l'écart théorique à combler et l'apport d'une telle question dans la problématique générale de la recherche.

4. Retours d'expérience et discussions

Via la méthodologie présentée ci-dessus, nous cherchons à souligner l'attention qu'il est nécessaire de porter à la gestion de la collaboration augmentée et les défis engendrés par la mise en application du ShareLab pour un environnement HİM. À travers nos retours d'expérience, plusieurs points sont à soulever, dont :

- les difficultés rencontrées à dépasser certains dysfonctionnements ;
- l'importance de favoriser un contexte d'échanges et à définir les limites de l'intervention de chacun ;
- l'importance d'instrumenter la prise de conscience, parce qu'elle n'est pas acquise par le groupe ;
- l'apport d'une réciprocité de l'apprentissage ;
- la préparation au passage d'une collaboration augmentée vers une collaboration intégrée pour un savoir co-construit...

Dans le cadre de cet article, nous nous attarderons uniquement sur trois des six points cités ici.

4.1. Difficultés à dépasser certains dysfonctionnements

Si le BIM est présenté comme la plateforme d'échange privilégiée pour accompagner la gestion collaborative des jumeaux numériques et de leurs données tout au long de la durée de vie du bâtiment, les dysfonctionnements perdurent. Les normes ne sont pas assez partagées, les protocoles d'échange restent localisés et propres à chaque acteur, voire à chaque projet, les volumes d'informations s'avèrent surabondants, contradictoires et peu consolidés. Ramenant la complexité des phases en aval (celle de construction et d'exploitation) à celle en amont de la conception, les rôles traditionnels des acteurs se recouvrent, s'entrecroisent et se mêlent. Le maquettiste devient modelleur, le modelleur devient architecte de synthèse, le chef de projet devient numérique... Des phrases telles que « Ceci n'est pas ma tâche » ou « C'est à lui

d'intégrer/de gérer cette donnée » sont souvent ressorties dans divers contextes d'étude. Même si les tendances actuelles ne parlent plus de base de données mais d'environnement de données commun (CDE) ou même de gestion centralisée de la métadonnée, des modèles et des fichiers en tout genre flottent dans des *clouds* interconnectés mais souvent inaccessibles pour la plupart, et pas que pour des questions techniques, technologiques ou d'interopérabilité, mais par manque d'alignement lors de l'articulation de ces données, dont souvent les structures, les sémantiques, les granulométries et les formats diffèrent. Parler du HİM plutôt que du BIM nous semble donc important pour marquer ce changement de paradigme qui met en avant les enjeux de la collaboration et ce que ça implique comme changements dans les activités collectives, mais aussi dans la manière de co-produire de la connaissance ; pas seulement ceux des praticiens mais aussi pour les chercheurs. Un cadre théorique ShareLab basé sur une posture pragmatiste impliquant une recherche participative a permis de souligner d'autant plus l'importance de construire des points de vue partagés (*common ground*) entre les acteurs, de décrire une vision et une stratégie partagées (synchronisation cognitive) avant de seulement articuler les tâches de chacun (synchronisation opératoire) dans le contexte technique discuté ci-dessus. La démarche proposée se base, bien sûr, sur la notion de partage (*sharing*), mais aussi de conscience mutuelle des rôles, des connaissances et des objectifs de chacun (*awareness*), œuvrant à l'établissement d'un environnement de confiance (*trust*). Ainsi, la gestion du changement s'opère collectivement : elle s'initie en favorisant un contexte d'échange, en instrumentant la prise de conscience mutuelle, en co-construisant des apprentissages mutuels au sein des organisations. Elle propose de dépasser le concept de **collaboration augmentée** – c'est-à-dire instrumentée numériquement – pour atteindre celui de **collaboration intégrée**, complétant la gestion de données par celle de l'activité collective à travers des ateliers d'échanges. Ces ateliers participent ainsi à la transition « du travail collectif au collectif de travail », mais aussi « de l'apprendre à apprendre vers l'apprendre à comprendre », que ce soit dans le cadre de formations avancées ou celui de pratiques dans le secteur de la construction. Il s'agit en effet de développer une capacité de changement dynamique tout en gardant en tête l'importance de la question éthique vis-à-vis d'une connaissance/savoir négocié(e), mais aussi vis-à-vis de la production de connaissance rigoureuse et objectivable.

4.2. Instrumenter la prise de conscience

La prise de conscience est la première étape pour permettre une prise de recul et une remise en cause vis-à-vis d'une activité collective. Elle permet de comprendre le contexte dans son ensemble, tel un système interconnecté. En ce sens, la théorie de l'activité nous est utile, car elle nous permet de rapidement et collectivement identifier les différentes formes de contradictions auxquelles les collaborateurs font face lors de l'implémentation du BIM. C'est pourquoi plusieurs outils méthodologiques, théoriques et analytiques sont mis à la disposition des apprenants, mais aussi des collaborateurs praticiens, tels que les grilles de maturité BIM, le schéma de suivi du *workflow*, etc. Le choix de ces outils a été défini de manière à aborder l'activité, tant qualitativement que quantitativement, favorisant à chaque étape du ShareLab la mise à distance continue et l'interprétation conjointe des résultats mis en avant lors des restitutions. Les enjeux de la prise de conscience sont aussi importants dans un cadre professionnel que dans un cadre pédagogique, où la plupart des apprenants n'ont pas encore pris le temps de se construire une idée de ce qu'implique l'implémentation du BIM dans leur activité. Dans le cadre d'une application professionnelle du ShareLab, un ensemble de critères ont été prédéfinis par le chercheur à partir d'un état de l'art rigoureux ayant identifié les

concepts fédérateurs du BIM. Ces critères sont ensuite discutés avec le comité BIM de manière à rapprocher la pratique réelle de l'activité au travers de son vécu, mais aussi de son vécu. Cette étape les encourage à prendre conscience des problématiques quotidiennes auxquelles ils font face, et les aide à entamer une réflexion sur la hiérarchie des actions à entreprendre pour une meilleure gestion du changement. Cette médiation, offerte par les différents outils méthodologiques adaptés au secteur de la construction, permet donc la prise de recul, le déracinement de points de vue et la mutation des sens par l'exposition des écarts entre les points de vue : haute direction *vs* collaborateurs, chef de projet *vs* dessinateurs, collaborateurs travaillant dans un contexte A *vs* autres collaborateurs travaillant dans un contexte B. Nos recherches ont d'ailleurs permis de montrer que ces divers écarts dépendaient :

- du nombre de départements concernés par l'implantation, et de l'importance de chacun d'eux vis-à-vis de l'entreprise ;
- du contexte d'intégration (maturité du client et ses demandes, maturité des autres protagonistes du projet, envergure du projet, etc.) ;
- du type de contrat (consortium, imposition ou non du BIM par le client, niveau de détail de la demande et des attentes, etc.) ;
- du degré d'implication des personnes (senior, direction, formation, capacité à utiliser de nouveaux outils, etc.) : plus les responsabilités d'un acteur au sein de l'entreprise augmentent (haute hiérarchie) et moins il a conscience des enjeux du BIM et des réels besoins en ressources humaines, financières, matérielles, temporelles et informationnelles.

4.3. Réciprocité de l'apprentissage pour un savoir co-construit : d'un « apprendre » vers un « co-comprendre »

La formation et le développement des compétences des employés représentent un coût conséquent pour les entreprises. S'ils sont importants dans le contexte de l'adoption du BIM, ils sont souvent réduits à des problématiques techniques, technologiques et de gestion de données (Celnik et Lefavre, 2020). Les questions relatives au management d'équipe, à la gestion du changement et/ou à la transmission du savoir et savoir-faire acquis sont mises au second plan. Il est vrai que nous percevons, lors de cette dernière décennie, une réelle prise de conscience, tant dans les formations que dans les pratiques, vis-à-vis de l'importance de la collaboration et de sa bonne gestion lors d'une implémentation BIM. Il n'en reste pas moins que rares sont ceux qui comprennent ce que sont les enjeux de la collaboration, ce qu'ils impliquent dans le processus BIM et dans la manière de partager la bonne information, au bon moment, avec la bonne personne. D'un autre côté, les entreprises qui investissent dans des programmes de formation ou dans le recrutement de jeunes diplômés s'attendent aussi à ce que celle ou celui qui a acquis cette nouvelle compétence sache la transmettre. Mais il est difficile de garantir la transmission d'une connaissance lorsque elle-même demeure instable, devant le manque de maturité du secteur ou devant les limites techniques, telles que l'interopérabilité ou l'uniformisation des standards ou encore la gestion d'environnements partagés. Pour optimiser les pratiques de l'entreprise et dans l'optique d'une démarche de numérisation globale, il est important que les dirigeants d'entreprises développent une stratégie globale de passage au numérique de manière profitable à toutes les équipes en les impliquant. Par exemple, les raisons motivant tel ou tel choix doivent faire l'objet d'une communication claire, pour promouvoir une bonne intelligence au sein de l'entreprise et optimiser les ressources. Apprendre n'est plus suffisant. Il s'agit d'abord d'en construire la compréhension

commune qu'il est possible de partager avec d'autres. Or, le passage vers des méthodes de travail nouvelles et en transition (dont le numérique) peut gêner certains acteurs. Cette situation présume que les entreprises qui passent au numérique font un effort particulier pour que s'installent entre tous les acteurs une compréhension, un terrain d'entente et un état d'esprit communs. Par exemple, chaque manager a développé sa propre vision du *Building Information Management* ; un alignement et une compréhension mutuelle des processus s'avèrent nécessaires et doivent être spécifiés selon les types de projets. Chaque fois qu'un dialogue a été entamé et mené à terme lors des ShareLabs, de nouvelles actions ont été proposées impliquant les différentes typologies d'acteurs concernés par le processus BIM et indépendamment de toute hiérarchie. « Il ne s'agit pas de nous apprendre ce qu'on doit savoir, mais de nous apprendre à comment constituer, à partir de ce qui est fait par ailleurs, notre propre savoir et savoir-faire. » Plusieurs pragmatistes (tels que Gherardi, 2006, et Gillberg et Vo, 2011) mettent en avant l'importance de considérer la réciprocité et l'apprentissage comme étant interconnectés avec le processus continu d'acquisition de la connaissance, tous deux devant reposer sur des valeurs démocratiques comme la participation. Ces auteurs préconisent d'ailleurs « un apprentissage organisationnel libre de tout mécanisme de pouvoir, comme si un tel transfert de connaissance ne dépendait pas en grande partie de l'exercice du pouvoir afin de mettre en œuvre la nouvelle connaissance » (Gillberg et Vo, 2011, p. 418). C'est spécifiquement là que réside l'intérêt du ShareLab. « Quand on a débarqué ici et qu'on a répondu aux questions ensemble, on était un peu perdus par rapport à tout plein de termes qui ne sont pas fréquents (...), on a tenté d'y répondre mais surtout, on s'est un peu repositionné (...). C'est vrai que ça amène du coup à se poser plein de questions et à remettre une image plus vraie sur ce qu'est le BIM et sur ce que ça implique. » « On croit en fait que, parce que ça utilise un logiciel, c'est quelque chose de tout droit, rectiligne, et que ça va aller et, en fait... non, il s'agit de savoir comment on va travailler ensemble à partir de maintenant. » Plus de 90 % des interviewés ont confirmé que le ShareLab a participé, de manière concrète, à établir un langage et une définition partagés du BIM entre les différents participants alors qu'ils n'avaient pas tous le même niveau d'initiation. Ce partage de définitions participe à un co-apprentissage au sein d'un groupe. Il permet aussi aux collaborateurs de développer leur propre compréhension du contexte dans lequel ils évoluent ensemble et de faciliter la création d'une vision commune (Bourassa *et al.*, 2007b). C'est ce qui constitue une avancée, en termes de dialogue et d'échange de connaissances, apportée par les ShareLabs et garantissant un changement réel et consenti au sein du groupe. « Sans l'apprentissage réciproque, les cadres dirigeants ne peuvent pas connaître les besoins et exigences professionnels des différentes professions d'une organisation pluri-professionnelle » (Gillberg et Vo, 2011, p. 418). Il est aussi important de noter que cette réciprocité ne concerne pas simplement la haute direction vis-à-vis de ses collaborateurs au sein des pratiques, ou l'enseignant vis-à-vis de ses apprenants dans des contextes d'apprentissage, mais implique aussi les chercheurs du domaine vis-à-vis de ceux qui le pratiquent. Et c'est là qu'on retrouve le réel intérêt d'une démarche de RAC appliquée au secteur de la construction sous la forme de ShareLab, permettant une co-construction de sens à partir d'une compréhension plus approfondie et partagée du BIM, de ces enjeux et du contexte dans lequel il est implémenté. Il s'agit en effet de dépasser une vision réductrice centrée sur la pratique et/ou une vision idéalisée centrée sur la théorie. Pour ce faire, il a été nécessaire, que ce soit dans le cadre d'une formation ou dans le cadre d'une pratique, d'intégrer la dimension éthique. Il ne s'agit pas en effet de mettre en place une connaissance à orientation scientifique, mais de, conjointement, comprendre l'activité en cours de changement avant de chercher à soutenir les acteurs par une action. Il ne s'agit pas

non plus d'avoir un objectif d'application d'un savoir pour une action en surplomb, mais de définir des schèmes et les modèles d'un accompagnement plus partenarial du changement individuel et collectif. Cela requiert encore plus de vigilance en termes de protocole, de récolte, de traitement et d'analyse des données. Selon B. Albero (2013, p. 96), ça implique « un changement profond des méthodes habituelles et engage un travail spécifique d'analyse et de formalisation qui prend en compte aussi bien les dimensions épistémiques de l'élaboration des connaissances que la régulation sociale et éthique du rapport auprès et entre les acteurs sur le terrain. Explicitée et analysée, cette régulation se transforme en retour en instrument de réflexion sur la connaissance produite et ses formes de modélisation ». C'est pourquoi expliciter clairement les visées de la recherche et de l'action est essentiel pour pouvoir les articuler et mettre en relation ces nouveaux savoirs négociés, leurs incidences sur les acteurs et la conduite du changement.

Cette connaissance acquise par les chercheurs est reprise, remise à l'épreuve, discutée, affinée et renégociée dans les divers contextes d'intervention *via* la RAC. Cette « contribution réflexive », à la fois dynamique et collective, « de la production de connaissances et de sa formalisation en savoirs » a été mise en évidence par divers chercheurs critiquant une représentation linéaire et accumulative du savoir (Albero, 2013). La position que nous prenons ici se veut modeste, en tendant simplement à « aider à comprendre et à co-comprendre l'activité », à travers des méthodes et des démarches suffisamment rigoureuses selon les principes de la recherche scientifique, pour pouvoir agir. La principale difficulté de cette action entre besoin de gestion du changement et recherche sur la gestion du changement réside dans l'équilibre constant entre une vision stratégique, et donc organisationnelle du HİM au sein de l'entreprise, et une vision tactique centrée sur le projet, sa modélisation et la gestion de l'information partagée *via* le BIM.

Références

- Addams J. (2009), *On Education*, New Brunswick, Transaction Publishers.
- Ahmed A., Paul Kawalek J. et Kassem M. (2017), A Conceptual Model for Investigating BIM Adoption by Organisations, *Proceedings of the Joint Conference on computing in Construction (JC3)*, LC3 2017, volume I, July 4-7, Heraklion, Greece, 447-455.
- Albero B. (2013), L'analyse de l'activité en sciences de l'éducation : entre aspirations scientifiques et exigences pragmatiques, *Travail et apprentissage*, 12, 94-117.
- Albert M.N., Avenier M.J. (2011), Légitimation de savoirs élaborés dans une épistémologie constructiviste à partir de l'expérience de praticiens, *Recherches qualitatives*, ARQ (Association pour la Recherche Qualitative), Vol. 30 (n° 2), 22-47.
- Audoux C., Gillet A. (2015), Recherches participatives, collaboratives, recherches-actions : mais de quoi parle-t-on ?, Les chercheurs ignorants (dir.), *Les Recherches-actions collaboratives. Une révolution de la connaissance*, Paris, Presses de l'EHESP, p. 44-50.
- Avenier M.J., Gialdini L. (2009), A methodological Framework for capturing practitioners' knowledge, *The annual meeting of the EURAM*, May 2009, Liverpool.
- Baldauf J.P., Formoso C.T., Tzortzopoulos P., Miron L.I., Soliman-Junior J. (2020), Using Building Information Modelling to Manage Client Requirements in Social Housing Projects, *Sustainability*, 12 (7), 2804.

- Banihashemi S., Chileshe N., Hosseini M.R., Namzadi M.O., Rameezdeen R. (2016), Barriers to BIM adoption. Perceptions from Australian small and medium-sized enterprises (SMEs), *40th AUBEA 2016 : radical innovation in the built environment*, 271-280.
- Barszczab A., Dariusz W. (2017), Analysis of the adoption rate of Building Information Modeling [BIM] and its Return on Investment [ROI], *Procedia Engineering*, 172, 1227-1234.
- Ben Rajeb S., Senciuc A. & Pluchinotta I. (2015), ShareLab, Support for Collective Intelligence. 1 deadline, 11 designers, 1 project, *IARIA conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications*, 27-33.
- Ben Rajeb S., Leclercq P. (2019), BIM'ShareLab. A Framework for Advanced BIM Training, *Lecture notes in computer science*, 11792 LNCS, 133-141, doi:10.1007/978-3-030-30949, 7-15.
- Benson L., Harkavy I. et Pucket J. (2007), Dewey's Dream. Universities and Democracy in an Age of Education Reform, in Harkavy & Pucket (dir.), *Civil Society, Public Schools, and Democratic Citizenship*, Philadelphia, Temple University Press.
- Belmondo C., Sargis C. (2012), Apprendre à apprendre : une perspective intégrative de l'émergence des routines d'apprentissage, *Systèmes d'information & management*, 17, 71-110, <https://doi.org/10.3917/sim.123.0071>.
- Bew M., Underwood J. (2010), Delivering BIM to the UK Market, *Handbook of research on building information modeling and construction informatics. Concepts and technologies*, IGI Global, 30-64.
- Boissieu A. de (2020), Super-utilisateurs ou super-spécialistes ? Cartographie des catalyseurs de la transformation numérique en agence d'architecture, *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, 9 (10), doi: 10.4000/craup.5551.<http://journals.openedition.org/craup/5551>.
- Boton C., Rivest L., Forgues D., Jupp J. (2016), Comparing PLM and BIM from the product structure standpoint, *IFIP International Conference on Product Lifecycle Management*, Springer, 443-453.
- Boton C., Forgues D. & Halin G. (2017), Les enjeux liés à l'intégration de l'approche BIM de modélisation des données du bâtiment à l'enseignement universitaire. Cas d'une école d'ingénierie, *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire. International Journal of Technologies in Higher Education*, 14 (2).
- Bourassa M., Bélair L., Chevalier J. (2007 a), Les outils de la recherche participative, *Éducation et Francophonie*, ISSN 0849-1089.
- Bourassa M., Philion R., Chevalier J. (2007b), L'analyse de construits : une co-construction de groupe, *Éducation et Francophonie*, 35 (2), 78-116.
- Celnik O., Lefaivre D. (2020), Définir et enseigner un BIM utile et désirable. Quelles stratégies et postures vis-à-vis du numérique, *Conférence EduBIM 2020, Journées de l'Enseignement de la Maquette Numérique et du BIM en France*, ISA BTP, Anglet.
- Celnik O., Lebègue E., Nagy G. (2014), *BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction*, Paris, Eyrolles, Centre scientifique et technique du bâtiment.
- Cristia E. (2020), *Projet architectural et maquette numérique BIM. Enquête ethnographique au sein d'un grand projet de construction*, PhD Thesis. HESAM Université.
- Czmoch I., Pekala A. (2014), Traditional Design versus BIM Based Design, *Procedia Engineering*, 91, 210-215.

- Dautremont C., Martin V., Jancart S. (2020), Multidisciplinarité en conception architecturale. Retour sur deux décennies en agence, *Séminaire de Conception architecturale numérique*.
- Desgagné S. (2007), Le défi de coproduction de «savoir» en recherche collaborative, analyse d'une démarche de reconstruction et d'analyse de récits de pratique enseignante, in M. Anadòn et L. Savoie-Zajc (dir.), *La Recherche participative. Multiples regards*, Québec, PUQ, 89-121.
- Dewey J. (2005), *The Quest for certainty. A study of the relation of knowledge and action*, New York, Minton, Balch & Company.
- Doucet M., Dumais L. (2015), La recherche-action collaborative, une activité dialogique pour produire des connaissances, in Les chercheurs ignorants (dir.), *Les Recherches-actions collaboratives. Une révolution de la connaissance*, Rennes, Presses de l'EHESP, 75-84, <https://doi.org/10.3917/ehesp.lesch.2015.01.0075>.
- Dubost J., Lévy A. (2003), Recherche-action et intervention, in Barus-Michel J., Enriquez E. et Lévy A. (dir.) *Vocabulaire de psychosociologie*. Références et positions, Paris, Éres, 391-416.
- Engeström Y. (2001), Expansive learning at work : toward an activity theoretical reconceptualization, *Journal of Education and Work*, 14 (1),133-156.
- Engeström Y. (2000), From individual action to collective activity and back. Developmental Work Research as an interventionist methodology, *Workplace studies*, Cambridge, Cambridge University Press, 150-168.
- Engeström Y., Virkkunen J., Helle M., Pihlaja J., Poikela R. (1996), The Change Laboratory As A Tool For Transforming Work, *Lifelong Learning in Europe*, 1 (2), 10-17.
- Forgues E.C., Carignan V., Forgues D., Ben Rajeb S. (2016), A framework for improving collaboration patterns in BIM projects, *Lecture notes in computer science*, 9929, 34-42, doi:10.1007/978-3-319-46771-9_5.
- Foucart J. (2018), Régimes de scientificité et recherches participatives et/ou collaboratives, *Pensée plurielle*, 48 (2), 23-36.doi: 10.3917/pp.048.0023. <https://www.cairn.info/revue-pensee-plurielle-2018-2-page-23.htm>.
- Gherardi S. (2006), *Organizational Knowledge. The Texture of Workplace Learning*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Gillberg C., Vo L.C. (2011), Approche pragmatiste de la connaissance et de l'apprentissage dans les organisations, *Management & Avenir*, 3 (3), 410-427, <https://doi.org/10.3917/mav.043.0410>.
- Hochscheid E., Botton C. et Rivest L. (2022), Les environnements communs de données (CDE). Définitions, historique et classification , *SCAN'22*, SHS Web of Conferences, <https://doi.org/10.1051/shsconf/202214701002>.
- Hochscheid E. (2021), *Diffusion, adoption et implémentation du BIM dans les agences d'architecture en France*, Thèse en architecture et aménagement de l'espace, Université de Lorraine.
- Holzer D. (2016), *The BIM Manager's Handbook. Guidance for Professionals in Architecture, Engineering, and Construction*, John Wiley & Sons.
- Hore A., McAuley B., West R. (2017), *Global BIM Study. Lessons for Ireland's BIM Programme*, Dublin, Construction IT Alliance Limited.
- Jallow A.K., Demian P., Anumba C.J., Baldwin A.N. (2017), An enterprise architecture framework for electronic requirements information management. *International Journal of Information Management*, 37 (5), 455-472.
- Kassem M., Succar B. (2017), Macro BIM adoption. Comparative market analysis, *Automation in Construction*, 81, 286-299.

- Majrouhi J.S., Javad, Mehdizadehtavasani M., Khorramabadi A., Ranjbardar A. (2018), Barriers Analysis to Effective Implementation of BIM in the Construction Industry, *35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2018) and the International AEC/FM Hackathon, by IAARC*, 56-63.
- Minnich E.K. (2005), *Transforming knowledge*, Philadelphia, Temple University Press (2nd edition).
- Monceau G. (2022), Recherche-action, recherche collaborative, recherche avec, in Brigitte Alberio (dir.), *Enquêter dans les métiers de l'humain. Traité de méthodologie de la recherche en sciences de l'éducation et de la formation*, Éditions Raison et Passions, 240-249, <https://www.cairn.info/enqueter-dans-les-metiers-de-l-humain--9782917645680-page-240.htm>.
- Naville C., Leclercq P., Ben Rajeb S. (2016), The Support for the Integration of BIM Through Collaborative Action Research, *COLLA : International Conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications*, 16, 14-22.
- Poinet P. (2020), *Enhancing Collaborative Practices in Architecture, Engineering and Construction through Multi-Scalar Modelling Methodologies*, Aarhus School of Architecture, Researchgate-online (Issue April). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25478.73280>.
- Poirier E., Frénette S., Carignan V., Paris H., Forgues D. (2018), *Accroître la performance de la filière québécoise de la construction par le virage numérique. Étude sur le déploiement des outils et des pratiques de la modélisation des données du bâtiment au Québec*, Rapport technique, BIM Québec. Espace ETS publications, Québec.
- Rahhal A., Ben Rajeb S., Leclercq P. (2020), Educational approach for a BIM collaboration, *2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence Proceedings*, CSCI, Las Vegas, 879-884.
- Santos R., Costa A. et Grilo A. (2017), Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015, *Automation in Construction*, vol. 80, 118-136.
- Soparnot R. (2013), Les effets des stratégies de changement organisationnel sur la résistance des individus, *Recherches en sciences de gestion*, 4 (97), 23-43, doi: 10.3917/resg.097.0023. <https://www.cairn.info/revue-recherches-en-sciences-de-gestion-2013-4-page-23.htm>.
- Stiti K., Ben Rajeb S. (2022), 2Ws + 1H systematic review to (re)draw actors and challenges of participation(s) : focus on cultural heritage, *Architecture 2* (2), 307-333. https://www.researchgate.net/publication/363685113_Participatory_Collection_and_Dissemination_of_Architectural_and_Urban_Heritage_Information_Ptrimonia_Platform.
- Tahrani S., Forgues D., Ben Rajeb S. (2017), Change management in an architecture agency. The Application of “Sharelab” for BIM implementation, Conference proceedings, *Canadian Society for Civil Engineering*, 6, 329-338.
- Van de Ven A.H. (1992), Suggestions for Studying Strategy Process. A Research Note , *Strategic Management Journal*, 13 : 169-191.
- Velmuradova M. (2004), *Épistémologies et méthodologies de la recherche en sciences de gestion*, USTV, fhal-01582285f.
- Virkkunen J., Vilela R., Querol M., Lopes M. (2014), The Change Laboratory as a tool for collaborative transforming work activities: an interview with Jaakko Virkkunen, *Saúde e Sociedade*, 23 (1), 336-344.