



N° 45
FÉVRIER
2021

Sommaire

- 1 | Introduction
- 2 | Définitions
- 3 | Quel apport du BIM pour les acteurs des infrastructures, et en premier lieu les maîtres d'ouvrages ?
- 4 | Les étapes dans la préparation d'une commande en BIM
- 5 | Organisation pratique du process BIM
- 6 | Les besoins de développement - quels enjeux pour demain dans le domaine des infrastructures de mobilité ?
- 7 | Bibliographie
- Annexe

Le BIM appliqué aux infrastructures : son développement et ses implications pour les acteurs des infrastructures

Le BIM (Building Information Modelling), cité le plus souvent en matière de construction du bâtiment, concerne de plus en plus la gestion des infrastructures.

S'il répond à de nombreux enjeux numériques et technologiques, il impacte tous les acteurs de construction (MOA, MOE, entreprises, sous-traitants, fournisseurs, gestionnaires de données, ...) et invite à une nouvelle méthode de travail de tous les intervenants, la préparation d'un ouvrage en BIM nécessitant un travail collaboratif et progressif.

Un des principaux apports du BIM pour le maître d'ouvrage est l'optimisation de son projet, de sa phase de conception jusqu'à sa mise en service, puis sa maintenance et son exploitation éventuelle. Son utilisation peut également aider le maître d'ouvrage dans sa communication lors de réunions publiques, et ce quel que soit son projet d'aménagement, par l'apport du numérique dans la présentation de maquettes du projet.

À plus long terme, le développement des technologies doit apporter au maître d'ouvrage une meilleure gestion de son patrimoine et une vision du cycle complet de l'ouvrage.

Le BIM est donc un enjeu de demain à l'aune du numérique : la commande publique devra l'encadrer dans la définition de ses besoins, le personnel devra monter en compétence (que ce soit chez les donneurs d'ordre, concepteurs et entrepreneurs) et l'appropriation des outils numériques sera essentielle.

1 Introduction

En développement depuis maintenant plusieurs années, notamment dans le bâtiment et l'industrie, le BIM commence à montrer tout son intérêt dans le domaine des infrastructures de mobilité, avec de premiers projets phares qui l'intègrent et un intérêt croissant de l'ensemble des acteurs du secteur, public comme privé. Pourtant, au-delà de ce simple intérêt exprimé, une certaine hétérogénéité se ressent dans le degré de compréhension et d'investissement du sujet par les différents types d'acteurs, publics comme privés.

De par sa position centrale dans cet écosystème et en application du pacte d'engagement des acteurs des infrastructures de mobilité, l'IDRRIM a souhaité s'emparer de ce sujet afin de permettre une expression commune des enjeux et des attentes liées au développement de cette technologie, dans un objectif de sensibilisation et de partage du sujet. Ce travail doit également permettre une bonne expression de l'ensemble des acteurs afin que les outils soient pleinement adaptés à leurs besoins. Enfin, dans le développement à venir de cette technologie, la capitalisation des projets réalisés sera une condition sine qua non de la démocratisation de ces pratiques.

2 Définitions

Connu sous son acronyme anglais BIM (pour Building Information Modelling/Model/Management), ce terme recouvre plusieurs notions qui illustrent la diversité de ce que cette technologie peut apporter aujourd'hui et pourrait apporter demain.

Trois enjeux technologiques peuvent se retrouver derrière ce terme :

- L'apport du numérique en démarche de gestion de projet – **travail collaboratif et itératif**.
- L'apport du numérique dans un processus de création, de collecte et d'utilisation des données de projet – **gestion et évolution d'une base de données**.
- L'apport de l'avatar numérique, représentation de l'ouvrage – **maquette numérique**.

Son développement vise plusieurs objectifs, le principal étant la fédération des acteurs d'un projet autour d'un même modèle numérique, dans le but de favoriser les gains de productivité par :

- Une meilleure interopérabilité des usages et des logiciels ;
- Une réalisation plus rapide et optimisée de l'ouvrage ;
- Un renforcement des phases amont du projet, notamment en conception ;
- Une réduction du risque d'erreurs liées à la communication entre les acteurs ;
- Un accès à une représentation dynamique de l'ouvrage tout au long de sa vie.

Dans un contexte de transition numérique de la société qui réinterroge nos pratiques professionnelles, la technologie du BIM apparaît ainsi comme un levier potentiel et important de réduction des coûts d'un projet d'infrastructure, que ce soit dans sa conception ou dans sa gestion.

La norme ISO 19 650 publiée en décembre 2018¹ est la première norme relative au BIM. Elle décrit l'organisation et la numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM).

1 Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction :
- Partie 1, concepts et principes,
- Partie 2, phase de réalisation des actifs.

3 Quel apport du BIM pour les acteurs des infrastructures, et en premier lieu les maîtres d'ouvrages

Les premières réalisations de projets d'infrastructures en mode BIM ces dernières années permettent déjà de faire ressortir l'apport de cette technologie dans la conduite et la réalisation de projets d'infrastructures.

L'optimisation du projet

Un des principaux apports du BIM dans les projets de construction est l'optimisation technique et financière du projet. En effet, la construction du projet dans un format BIM (définition des objets et propriétés le constituant, construction d'une maquette numérique) entraîne un renforcement des phases amont du projet, notamment des phases de conception. De plus, ce format permet une définition beaucoup plus précise des différentes propriétés et fonctionnalités de l'ouvrage à construire, et l'association avec la visualisation par maquette numérique permet de réduire les erreurs d'interface et de détecter de manière anticipée les incohérences et clashes de la maquette.

Ces évolutions permises par le BIM entraînent deux conséquences majeures dans la gestion financière et technique du projet, illustrée par la figure 1 ci-dessous :

- Une plus grande capacité à impacter sur la maîtrise des coûts du projet ;
- Une réduction des coûts associés aux modifications du projet.

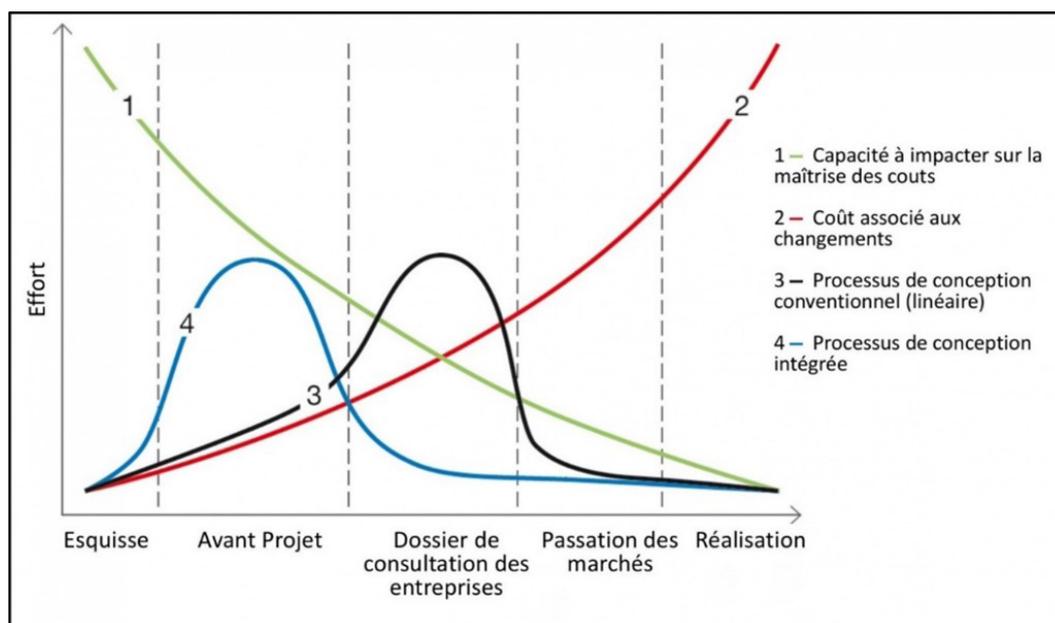


Figure 1 : Processus de conception d'un projet (Source : Figure inspirée de la courbe de Patrick MacLeamy)

L'ingénierie concourante et la centralisation des informations

D'après la norme ISO 19101, l'ingénierie concourante est la « *capacité d'un système ou d'une composante d'un système à permettre un partage des informations ainsi qu'un contrôle des processus coopératifs* ». L'ingénierie concourante (IC) est donc une logique de conduite de projet qui implique la participation de l'ensemble des acteurs du projet dès la phase de conception et de décision, avec l'objectif de réduire les délais.

En permettant une approche intégrée du projet et la centralisation des informations autour d'une base de données unique, le BIM implique donc une nouvelle organisation qui doit permettre d'anticiper l'organisation des différentes phases et d'optimiser la conduite du projet.

Le tableau ci-dessous présente les principales différences entre une approche linéaire (dite conventionnelle) et une approche intégrée (en format BIM) de la conduite d'un projet.

Tableau 1 : Différence entre approche conventionnelle et approche intégrée (BIM).

LES GRANDES DIFFÉRENCES ENTRE LES DEUX APPROCHES	
Approche linéaire (conventionnelle)	Approche intégrée (BIM)
Organisation séquentielle, morcelée, saucissonnée	Organisation globale, concomitante, simultanée
Optimisation du projet à l'échelle de la phase d'avancement	Optimisation du projet à l'échelle globale (conception, réalisation, gestion, usage et maintenance)
Organisation au fil de l'eau	Anticipation
Centrée autour d'une notion de phases cloisonnées les unes par rapport aux autres. Les relations avec les responsables en aval de la conception sont informelles et non légitimées.	Décloisonnement des phases / Porosité entre les phases. Les responsables en aval de la conception sont intégrés au processus de conception, l'expression de leurs contraintes est légitime.
Perte en ligne	Optimisation permanente

Source : Guide « La méthode PCI « Processus de Conception Intégrée » au service de l'expérimentation BBC pour tous de la métropole rennaise »

À partir d'une plateforme collaborative d'échanges, le BIM permet ainsi de visualiser en temps réel le projet et les données associées, et ainsi de réduire les erreurs d'interface entre les différents métiers intervenants sur le chantier.

La communication externe

Comme indiqué précédemment, la mise en place d'une base de données centralisée et partagée avec l'ensemble des acteurs permet la construction d'une représentation 3D dynamique et en temps réel de l'ouvrage à construire, appelée maquette numérique. Au-delà de son utilisation dans la conduite du projet pour l'identification des « *clashes* », les premiers retours d'expériences de projets réalisés en BIM montrent l'intérêt de cette maquette numérique dans les opérations de communication menées par le MOA sur son projet, et notamment lors des réunions publiques.

En effet, la capacité à proposer une représentation de l'ouvrage final dans son environnement de la manière plus précise possible, et à réaliser des animations de l'ouvrage sous différents points de vue, permet une meilleure appropriation du projet et de ses finalités par le grand public.



Figure 2 : Exemple de visuel issu d'un projet d'aménagement en BIM (Source : SERVICAD)

La gestion du cycle complet de l'ouvrage

En impliquant les phases de conception, de construction, d'exploitation-maintenance, et de fin de vie dès l'amont du projet, le BIM va permettre d'intégrer le cycle de vie complet de l'ouvrage dès sa phase de conception et ainsi d'anticiper et de mieux définir les budgets prévisionnels d'investissement et de fonctionnement. De plus, cette technologie va permettre au maître d'ouvrage de disposer d'une représentation actualisée et fidèle de son ouvrage, qu'il pourra faire évoluer tout au long de sa durée de vie, lui offrant ainsi la possibilité d'optimiser la gestion de son patrimoine.

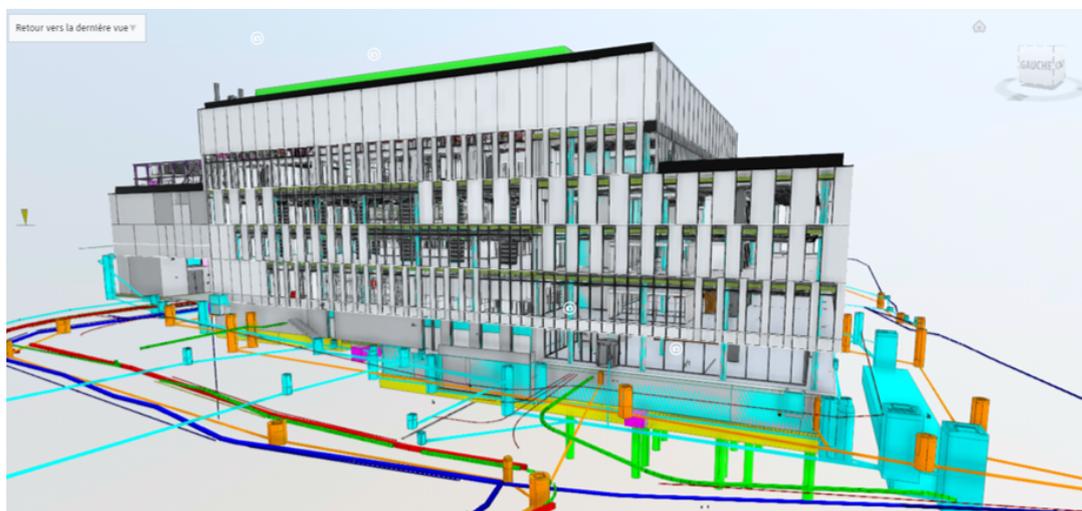


Figure 3 : Exemple de maquette numérique en BIM (Source : TECTA)

4 Les étapes dans la préparation d'une commande en BIM

La réalisation d'un projet en format BIM a des répercussions sur la passation de commande du projet, avec la formalisation de différents documents visant à expliciter et définir les objectifs et usages du BIM, l'organisation du projet, le fonctionnement entre les différents acteurs et la structuration des données attendues.

Le schéma ci-dessous précise, pour chacun des acteurs impliqués dans le projet, les documents à préparer et les interactions entre eux.

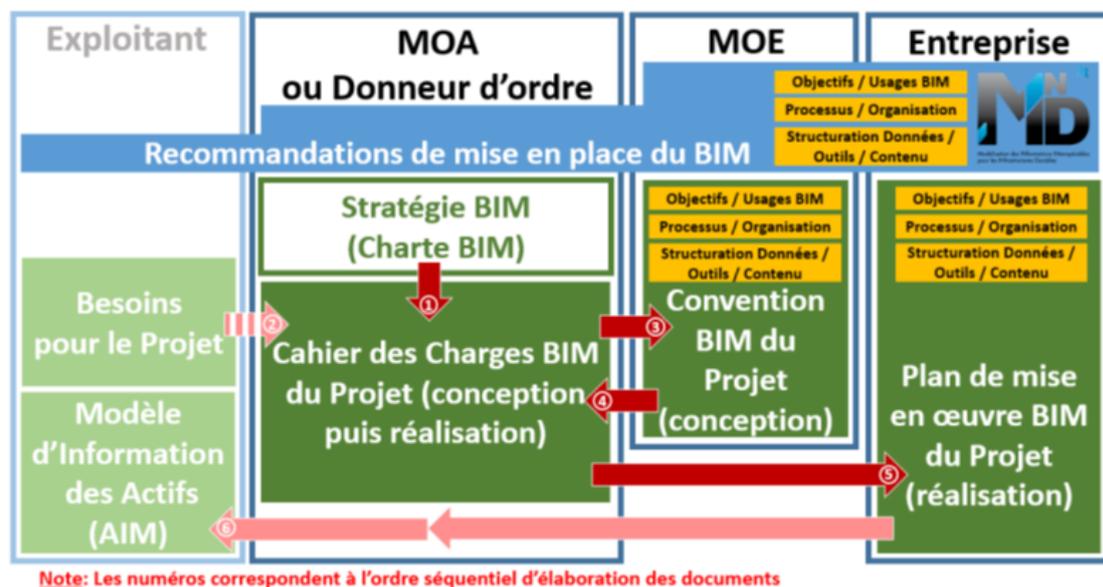


Figure 4 : Schéma de mise en oeuvre du BIM sur un projet (Source : Projet MINnD)

Le maître d'ouvrage

■ Stratégie BIM

Tout projet de construction commence par sa programmation par le maître d'ouvrage. Celui doit donc adopter une stratégie BIM en fonction de sa politique interne, lui permettant de capitaliser ses expériences et ses connaissances en matière de BIM, et d'améliorer la gestion de ses ouvrages pendant tout leur cycle de vie. La définition de cette stratégie BIM par le maître d'ouvrage est d'autant plus importante qu'elle précise à l'ensemble des intervenants ses ambitions, ses attentes et son plan de déploiement du BIM.

Elle impactera donc l'ensemble des documents d'organisation d'un projet de construction.

Etablie dès le début de la programmation d'une opération, la stratégie BIM permet au maître d'ouvrage de définir ses attentes pour l'opération à venir, en tenant compte :

- De sa stratégie ;
- Des particularités de l'opération ;
- Des besoins de l'exploitant de l'ouvrage ;
- De ses compétences ;
- Des compétences des éventuels fournisseurs.

Cette stratégie BIM, exprimée dans une « *charte BIM* », est établie à titre informative et n'a pas de valeur contractuelle.

La stratégie BIM du maître d'ouvrage doit également être réfléchi en fonction de sa stratégie numérique, notamment en vue de l'utilisation des données du projet (base de données, maquette numérique, ...), qui peuvent nécessiter une capacité de stockage et un débit numérique important en vue de leur exploitation.

■ Cahier des charges BIM du projet (conception puis réalisation)

Le cahier des charges BIM du projet détermine les cas d'usage de la maquette numérique. Il préfigure de :

- L'organisation du projet ;
- Les différents processus ;
- Les formats de données ;
- L'Environnement Commun de Données .

Ce cahier des charges BIM s'inscrit en complément des documents habituels, pour lesquels il vient couvrir la dimension numérique du contrat.

Par ce document, le maître d'ouvrage s'interroge sur le périmètre d'utilisation du BIM pour ses services, pour l'exploitant (si différent du MOA) et pour les différents intervenants. Dans son état initial, ce cahier des charges sert de CCTG numérique lors de la consultation de la maîtrise d'œuvre.

Celui-ci est ensuite amené à évoluer par la suite entre les phases de conception et de réalisation (cf. Convention BIM du projet).

Dans un projet utilisant une démarche BIM, il importe au maître d'ouvrage d'identifier clairement, éventuellement pour chaque phase du projet, les fonctions d'intégration des données et de coordination numérique qui devront être assumées par le BIM Manager.

Il est conseillé de réserver les aspects juridiques et légaux dans le CCAG ou équivalent, afin de réserver aux documents spécifiques BIM leurs caractères technique et opérationnel, tout en gardant à l'esprit que la démarche BIM est globale au projet.

Le maître d'ouvrage peut utilement faire appel à une Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) spécialisée dans le BIM pour l'accompagner sur toute la durée du processus. L'AMO pourra ainsi apporter au maître d'ouvrage sa compétence et son expertise, notamment dans les phases structurantes du projet que sont la définition de ses besoins et la préparation de sa commande.

Le maître d'oeuvre

■ Convention BIM du Projet

Lors de sa réponse à la consultation, le maître d'oeuvre élabore un projet de convention BIM du projet, au sein duquel il précise ses engagements, concernant :

- Les organisations ;
- Les processus ;
- Les ressources ;
- La structuration des données ;
- Les acteurs et leurs degrés d'implication dans le BIM.

Une fois le marché signé, le maître d'oeuvre élabore une convention BIM du projet qui précise ses engagements précédents.

Si le maître d'ouvrage confie la mission de surveiller et coordonner les travaux au maître d'oeuvre, celui-ci élabore une nouvelle version de la convention, qualifiée alors de convention BIM du projet – réalisation.

La Convention BIM du projet est un instrument contractuel entre le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre. Dans le cadre de ses missions, ce dernier sera alors amené à modifier et compléter les documents contractuels, et en particulier le cahier des charges BIM du projet, seul document pouvant servir de base à la consultation des entreprises. Ce document devient alors le document contractuel traitant du BIM pour tous les contrats de réalisation.

Les entreprises

■ Plan de mise en œuvre du BIM du projet par l'entreprise

Le plan de mise en œuvre du BIM est la réponse détaillée des entreprises au cahier des charges BIM du projet. Cette réponse est élaborée dès la remise de l'offre et éventuellement détaillée aux premiers jours de l'entrée en vigueur du contrat.

Ce plan décrit très précisément la structuration des données et les processus mis en place par chaque acteur pour partager et utiliser ces données dans le cadre de la construction du projet.

Le projet de recherche national MINnD saison 1 a dédié un thème n°4 consacré aux aspects juridiques et contractuels du BIM en publiant notamment 3 documents en septembre 2020 intitulés respectivement :

- Responsabilités et assurances ;
- Point sur la réglementation applicable au BIM / Explication des droits de propriété ;
- Aspects juridiques et contractuels.

5 Organisation pratique du process BIM

Les différents acteurs de la construction de l'ouvrage sont intégrés au fur et à mesure de l'évolution du projet à partir d'une plate-forme collaborative d'échanges qui héberge et gère les flux des données.

La maquette numérique et ses composantes (graphiques 3D, techniques, etc.) restent le cœur du process BIM.

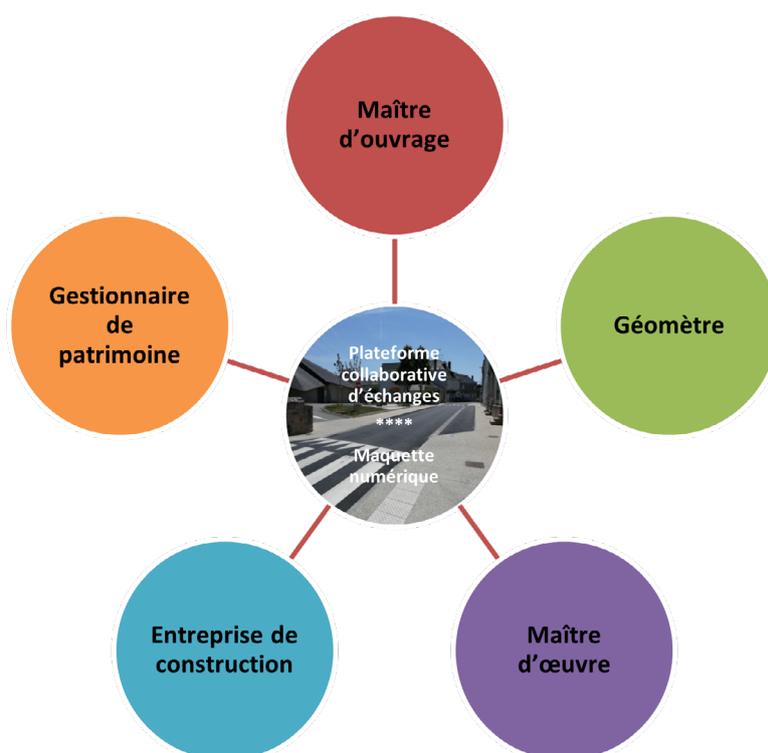


Figure 5 : Organisation d'une plateforme collaborative d'échanges en BIM

À chaque étape du process BIM, la maquette numérique s'enrichit au gré de l'avancement du projet et des données de chaque intervenant :



Figure 6 : Evolution de la maquette numérique dans les différentes étapes du projet

Le gestionnaire de patrimoine récupère au final la maquette numérique « *tel que construit* », lui permettant ainsi de gérer l'entretien et la maintenance de l'ouvrage.

6 Les besoins de développement - quels enjeux pour demain dans le domaine des infrastructures de mobilité ?

Face à une technologie émergente et qui s'adapte petit à petit au secteur particulier des infrastructures de mobilité, il apparaît nécessaire que les acteurs de ce secteur puissent exprimer clairement leurs besoins et leurs attentes.

En effet, le développement de cette technologie pose aujourd'hui de nombreux enjeux, dont la réponse ne pourra venir que dans le cadre d'un travail conjoint entre l'ensemble des parties prenantes.

Commande publique

L'utilisation du BIM dans un projet d'infrastructures doit être nécessairement inscrite dans la commande du maître d'ouvrage. Elle demande une définition très claire des besoins pour construire un outil numérique adapté au projet. L'adaptation des outils de la commande publique et la sensibilisation des donneurs d'ordre participera de l'intégration du BIM dans les pratiques.

En s'appuyant sur un modèle homogène et partagé, l'utilisation du BIM demande la formalisation initiale de conventions régissant la méthode de partage et de gestion des données, et les niveaux de rendu attendus. Ces documents, contractuels ou non, revêtent une importance cruciale dès lors qu'ils impacteront toute la durée de vie de l'ouvrage, y compris son exploitation.

Formation et organisation des compétences

L'intégration du BIM demande une évolution des compétences et des outils des équipes, induisant une incidence forte sur les parcours de formations actuels. De plus, les méthodes de travail collaboratives amènent, à court terme, la création de nouvelles fonctions telles que le BIM Manager.

Afin de permettre un plein développement de cette technologie dans les pratiques, il sera donc nécessaire d'adapter les outils de formation et de développer les compétences adéquates.

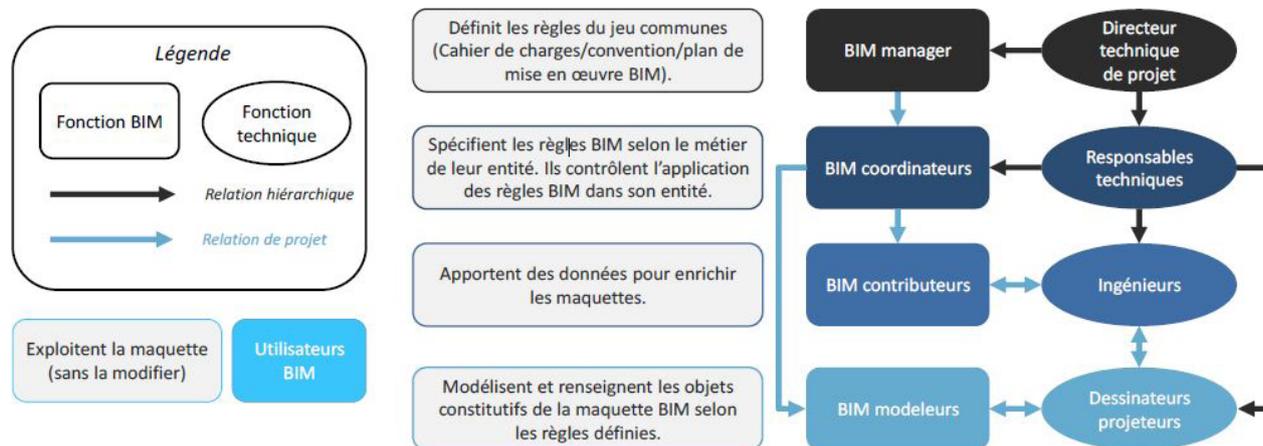


Figure 7 : Liens entre rôles BIM et rôles techniques/projet (Source : Projet MINnD)

Adaptation des formats et outils numériques

La spécificité des infrastructures de mobilité, objet linéaire et non fini dans l'espace, doit être pris en compte dans la conception des logiciels de modélisation numérique, comme dans les formats d'échange de donnée. Cette conception ne pourra se réaliser qu'avec une étroite collaboration entre les différents acteurs, condition d'une bonne rencontre entre l'expression de la demande et de l'offre. Celle-ci permettra d'offrir aux acteurs des infrastructures, et en premier les gestionnaires de ces infrastructures, les outils numériques adaptés à leurs besoins.

À ce titre, la définition d'IFC (Industry Foundation Class) propre aux infrastructures apparaît comme un prérequis indispensable pour donner aux acteurs un format d'échange neutre et interopérable.

Gestion du patrimoine

Si le BIM se développe aujourd'hui majoritairement pour des projets de construction neuve, cette technologie devra trouver sa place dans une logique de gestion patrimoniale, eu égard aux priorités données à l'entretien de l'existant. En renforçant la connaissance du maître d'ouvrage sur l'évolution en temps réel de son patrimoine, cette technologie pourra être un outil d'optimisation des politiques de gestion patrimoniale, notamment dans la préparation des interventions et l'estimation de la dégradation des infrastructures.

Un des enjeux majeurs sur ce domaine sera l'interconnexion entre les outils SIG (Système d'Information Géographique) majoritairement utilisés par les gestionnaires d'infrastructures et les données des projets réalisés en BIM.

La convergence et la complémentarité du BIM et du SIG assure ainsi la continuité du territoire :

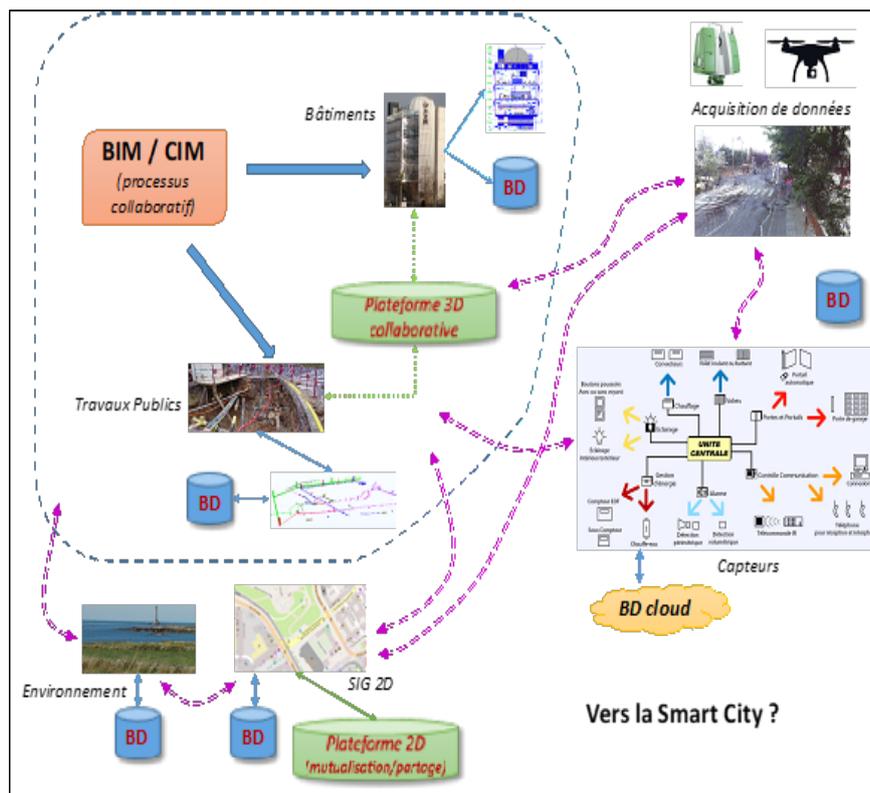


Figure 8 : Schéma de présentation du BIM / CIM

Bibliographie - pour aller plus loin

Projet National « *Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables (MINnD)* » : <https://www.minnd.fr/>

Norme ISO 19650 : « *Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 1: Concepts et principes* » (2018) :

Guide « *Recommandations de mise en place du BIM pour les infrastructures* », MINnD (2019).

Guide « *Guide d'application du BIM Infra* », MINnD (2019).

Guide « *Comment rédiger une convention BIM* » - BuildingSmart, MINnD (2019)

Guide « *Responsabilités et assurances* », MINnD (2020)

Guide « *Point sur la réglementation applicable au BIM / Explication des droits de propriété* », MINnD (2020)

Guide « *Aspects juridiques et contractuels* », MINnD (2020)

Cerema et BIM IN MOTION - Outil d'aide à la rédaction d'une convention BIM type : <https://plan-bim-2022.fr/wp-content/uploads/2020/04/PTNB-Convention-BIM-Type-Vdef.zip>

Annexe - Précision sur le périmètre actuel du BIM et sur le développement des références IFC et des normes BIM

Le format IFC (Industry Foundation Classes) est un format de fichier orienté objet destiné à assurer l'interopérabilité entre les différents logiciels de maquette numérique. Il s'agit d'un format libre et gratuit qui se veut être le garant d'un « *OpenBIM* ».

Le BIM étant initialement destiné au domaine du bâtiment, ce sont principalement ces entités qui figurent dans les IFC actuellement en usage. Ce n'est que récemment que le domaine des infrastructures a été rajouté au domaine initial.

Les infrastructures ont été structurées en six sous domaines, qui présentent des états de définition différents :

- Les ponts ;
- Les routes ;
- Le rail ;
- Les tunnels ;
- Les ports ;
- Les aéroports.

Les domaines les plus avancés sont actuellement ceux des ponts et des rails. Les IFC relatives aux ponts sont par exemple en phase de validation finale avant publication définitive. Ceci veut dire que les entités spécifiques aux ponts seront alors présentes dans le modèle numérique de l'ouvrage, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Le maître d'ouvrage qui vise l'utilisation du BIM dans le cadre de son projet doit donc le faire en connaissance de cause. C'est à dire que les entités qui figureront dans sa maquette numérique seront plus ou moins spécifiques au domaine, en fonction de l'état d'avancement de la norme et de sa mise en œuvre dans le logiciel qu'il envisage d'utiliser.

La présente note d'information a été rédigée par un groupe de travail spécifique rattaché au comité opérationnel Ingénierie de l'IDRRIM.

Avertissement : La présente note est destinée à une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com

 [@IDRRIM](https://twitter.com/IDRRIM)

Association loi 1901