

# Projet National MINnD

## 2014 - 2018

## Rapport de synthèse

MINnD\_TH00\_Synthèse2014-2018\_011\_2018  
Version du 03/12/2018

# Sommaire

<b>1. RÉSUMÉ/ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>3. APPORT DE MINND SUR LES PRATIQUES LIÉES AU BIM.....</b>	<b>8</b>
3.1. Recommandations de mise en place du BIM INFRA .....	8
3.2. Guide d'application du BIM INFRA .....	9
3.3. Revue de projet dans un environnement numérique (UC4) .....	10
3.4. Relevés numériques .....	11
3.5. Convergence/complémentarité des outils/méthodes BIM/SIG .....	11
<b>4. STRUCTURATION DES INFORMATIONS ET TRAVAUX DE PRÉNORMALISATION.....</b>	<b>13</b>
4.1. Extension des IFC aux domaines des infrastructures .....	13
4.2. Modélisation des informations pour les infrastructures souterraines (UC8) .....	15
4.3. Infrastructures et environnement (UC6) .....	17
4.4. Infrastructures routières sur leur cycle de vie complet (UC2) .....	19
4.5. Structuration des données BIM en phase exploitation et maintenance (UC7) .....	20
4.6. Modélisation des coûts (UC5) .....	22
4.7. Expérimentations sur les standards CityGML et InfraGML .....	23
<b>5. ENJEUX JURIDIQUES ET CONTRACTUALISATION AVEC LE BIM .....</b>	<b>24</b>
5.1. Contexte législatif, réglementaire et institutionnel .....	24
5.2. Conséquences dans les relations contractuelles.....	25
5.3. Responsabilité et assurance.....	25
5.4. Propriété intellectuelle et biens immatériels .....	26
<b>6. OBSERVATOIRE MINND .....</b>	<b>28</b>
6.1. Description de l'avancée du BIM, indicateurs, évolution des compétences .....	28
6.2. Séminaires MINND campus.....	29
<b>7. TRANSFERT ET VALORISATION.....</b>	<b>31</b>
7.1. EduBIM.....	31
7.2. Actions de valorisation .....	31
7.3. Livrables.....	32
<b>8. BILAN ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>33</b>

# I. RÉSUMÉ/ABSTRACT

<b>Résumé</b>	<p>MINnD signifie Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables.</p>
<p><b>Introduction</b></p>	<p>Ce projet national de recherche collaborative a été mis en œuvre entre 2014 et 2018. Il a contribué au développement du Building Information Modeling (BIM) pour les infrastructures. En effet, il a permis de progresser sur la structuration et l'utilisation des informations à échanger dans les projets, pendant leur cycle de vie complet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conception.</li> <li>• Construction.</li> <li>• Exploitation.</li> <li>• Maintenance.</li> </ul> <p>Le projet MINnD est consultable sur notre site web dédié : <a href="http://www.minnd.fr">www.minnd.fr</a></p>
<p><b>Apport de MINnD sur les pratiques liées au BIM</b></p>	<p>MINnD apporte des réponses concrètes dans la mise en œuvre du BIM pour les infrastructures. Le guide de mise en place du BIM et le guide d'application du BIM sont deux livrables autoporteurs qui en témoignent. Ils sont diffusés largement pour accompagner les décideurs et les parties prenantes des projets dans la mise en œuvre du BIM. MINnD fournit également des retours d'expériences et des préconisations sur des sujets d'ordre pratique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les relevés numériques.</li> <li>• La gestion des incohérences.</li> <li>• La convergence des outils BIM/SIG.</li> <li>• La revue de projet dans un environnement numérique.</li> </ul>
<p><b>Structuration des informations et travaux de prénormalisation (partie 4)</b></p>	<p>Le projet MINnD a fait de la France l'un des pays les plus impliqués dans les travaux de prénormalisation. Ce dernier apporte une contribution majeure dans tous les domaines de la norme IFC (Industry Foundation Classes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rail.</li> <li>• Road.</li> <li>• Bridge.</li> <li>• Tunnel.</li> <li>• Géotechnique.</li> </ul> <p>La problématique de la modélisation de coûts ou encore de l'interaction de l'infrastructure dans son environnement ont également été abordées. Notamment à partir de cas d'études concrets. La structuration des données BIM en phase d'exploitation/maintenance a également été traitée.</p>
<p><b>Contractualisation du BIM</b></p>	<p>Le déploiement du BIM répond à des objectifs aussi bien techniques qu'économiques. Il concerne l'ensemble des organisations et des métiers, y compris dans leurs relations contractuelles. L'impact potentiel de ces nouvelles relations a été analysé en traitant les aspects liés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• À l'assurabilité.</li> <li>• Aux responsabilités.</li> <li>• À la propriété de la donnée.</li> </ul>
<p><b>Observatoire</b></p>	<p>L'observatoire MINnD des évolutions des pratiques et des connaissances autour du BIM a fourni des pistes pour cerner les outils permettant d'évaluer la démarche d'adoption collective du BIM. Il a produit un état de l'art des indicateurs et une réflexion sur l'évolution nécessaire des compétences.</p>
<p><b>Transfert et valorisation</b></p>	<p>Des actions de transfert et de valorisation ont été menées pendant toute la durée du projet. MINnD est à l'origine du réseau EduBIM. Ce dernier est le lieu de rencontres et d'échanges dédié à l'enseignement de la maquette numérique et du BIM.</p>
<p><b>Perspective</b></p>	<p>MINnD a répondu à ses objectifs initiaux, et en a même dépassé certains. Projet de référence du secteur de la construction, il mobilise de façon croissante toute la filière française et a acquis une notoriété internationale.</p> <p>Certains sujets stratégiques, identifiés pendant le projet et nécessaires à la continuité numérique pour les infrastructures, n'ont pas été traités, ou partiellement. Une extension du projet sur la période 2019-2021 est donc proposée pour répondre au besoin et à cette demande en expansion.</p>

<b>Abstract</b>	<p>MINnD (Interoperable Information Modeling for Sustainable Infrastructure - <a href="http://www.minnd.fr">www.minnd.fr</a>), is a collaborative National Research Project, performed between 2014 and 2018, which contributed to the development of BIM (Building Information Modeling) for infrastructure, by progressing on structuring and using the information to be exchanged in the projects, during their complete lifecycle: design, construction, operation and maintenance.</p>
<b>Introduction</b>	
<b>MINnD's contribution on BIM practices</b>	<p>MINnD provides answers in the practical implementation of BIM for infrastructure. The BIM Implementation Plan and the BIM Execution Plan are two deliverables that are to be disseminated widely, guiding all the stakeholders, including owners, in the implementation of BIM. MINnD also provides feedback and guidelines on practical topics: project review in a digital environment, digital acquisition, inconsistency management or convergence of BIM/GIS tools.</p>
<b>Information structuring and pre-standardization work</b>	<p>MINnD project has made France one of the most involved countries in pre-standardization work. It provides a major contribution in all areas of the IFC standard (Industry Foundation Classes): Bridge, Road, Rail, Tunnel and Geotechnical. The problem of cost modelling or interaction of infrastructure in the surrounding environment was also addressed, particularly from case studies. The structuring of BIM data in the operation/maintenance phase was also discussed.</p>
<b>BIM contracting</b>	<p>The deployment of BIM meets both technical and economic objectives. It affects all organizations and businesses, including in their contractual relations. The potential impact of these new relationships has been analyzed by addressing aspects related to the responsibilities, insurability and ownership of the data.</p>
<b>BIM infra Observatory</b>	<p>The MINnD Observatory of the evolution of practices and knowledge around the BIM has provided tracks to identify tools for evaluating the approach of the collective adoption of BIM. It produced a state of the art of indicators and a reflection on the necessary evolution of skills.</p>
<b>Dissemination</b>	<p>Dissemination actions were carried out throughout all the duration of the project. The project is at the origin of the EduBIM network dedicated to the teaching of BIM.</p>
<b>Assessment and perspectives</b>	<p>MINnD has met its initial objectives and has even exceeded some. Reference project of the construction sector, it mobilizes in a growing way all the French sector and acquired an international notoriety.</p> <p>Some strategic topics, identified during the project and necessary for digital continuity for infrastructure, have not been addressed, or partially. An extension of the project over the period 2019–2021 is therefore proposed to meet the growing need and demand.</p>

## 2. INTRODUCTION

<p><b>Projet national MINnD</b></p> <p><b>Qualité de l'échange de l'information</b></p>	<p>MINnD est un projet de <b>recherche collaborative</b>, labellisé « Projet National » par le comité d'orientation du réseau RAGC (Recherche appliquée en génie civil) en 2013 et mis en œuvre entre 2014 et 2018.</p> <p>Le projet MINnD répond à un défi majeur auquel doit faire face le secteur des travaux publics : l'utilisation massive du numérique dans ses métiers pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La conception.</li> <li>• La construction.</li> <li>• L'exploitation des infrastructures.</li> </ul> <p>La diversité des acteurs publics et privés impliqués dans les projets impose une organisation du secteur. Cela permet d'assurer une qualité suffisante d'échange des informations. C'est un préalable à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'optimisation des projets.</li> <li>• L'amélioration de la compétitivité des entreprises.</li> <li>• L'accélération de la démarche de l'aménagement durable.</li> </ul> <p>Cette diversité d'acteurs s'est pleinement retrouvée dans MINnD.</p>
<p><b>Contribution de MINnD</b></p>	<p>MINnD a contribué à répondre à des objectifs partagés par un grand nombre d'acteurs du secteur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maîtriser et structurer les informations à échanger par tous les acteurs, sur le cycle complet de l'infrastructure (conception, construction, exploitation, maintenance).</li> <li>• Spécifier les outils à développer pour intégrer les processus et les méthodes de travail.</li> <li>• De manière plus générale, contribuer au développement du BIM pour la transition numérique et énergétique des infrastructures et de l'aménagement durable.</li> </ul>
<p><b>COMMUNIC à l'origine du projet MINnD</b></p>	<p>De 2008 à 2010, le projet ANR COMMUNIC a regroupé des constructeurs, concepteurs, centres techniques et laboratoires. Ces derniers ont développé une première réflexion sur les besoins, la valeur ajoutée recherchée, les méthodologies et les recommandations techniques autour de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La maquette numérique.</li> <li>• Les standards d'échange.</li> <li>• La modélisation des données.</li> </ul> <p>Le projet COMMUNIC constitue d'abord et avant tout, un état de l'art des réflexions du secteur sur la question de la modélisation. Il est à l'origine du projet national MINnD.</p>
<p><b>Partenaires MINnD au service d'une recherche collaborative</b></p>	<p>Le projet MINnD a été mené dans le cadre d'une recherche collaborative large, mobilisant <b>71 partenaires</b>, de toutes représentativités :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Industriels.</li> <li>• Ingénieries.</li> <li>• Maîtres d'ouvrages.</li> <li>• Exploitants d'infrastructure.</li> <li>• Éditeurs de logiciels.</li> <li>• Bureaux de contrôle.</li> <li>• Entreprises de travaux.</li> <li>• Organismes de recherches.</li> </ul>
<p><b>Activité des partenaires</b></p>	<p>L'activité de ces partenaires est liée à la conception, à la construction et à l'exploitation des infrastructures.</p> <p>Son mode de fonctionnement propre au dispositif des projets nationaux est unique, autonome et souple. Cela lui a permis d'atteindre la plupart des objectifs fixés.</p>

**Projet de 4 M€**

La mutualisation des ressources des partenaires a permis de mettre en œuvre un programme de recherche de près de 4 M€ sur 4 ans. Ce programme est financé principalement par les membres du projet. Le projet a bénéficié d'un soutien du ministère de la Transition écologique et solidaire (Direction de la recherche et de l'innovation et direction générale des infrastructures, des transports et de la mer).



Les 71 partenaires du projet MINnD

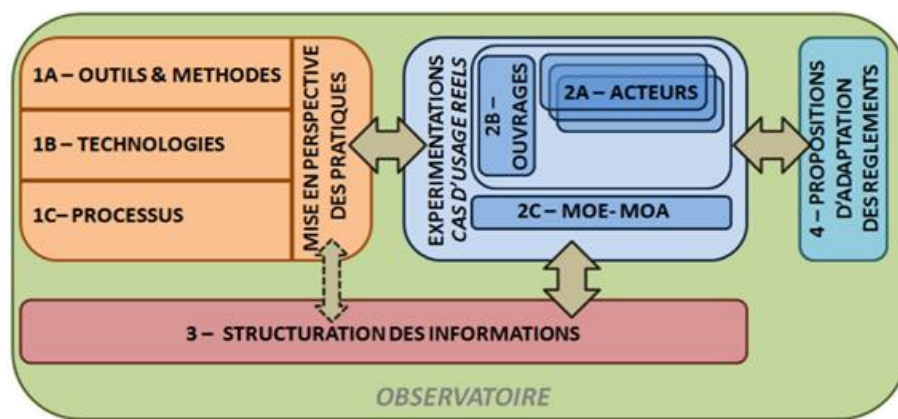
**Organisation de la recherche**

Le programme de recherche de MINnD était structuré autour de 4 thèmes principaux indiqués dans le tableau ci-dessous.

Thème	
1	Mise en perspective des pratiques : outils, technologies et processus
2	Expérimentations au sein de cas d'usage réels
3	Structuration des informations
4	Propositions d'adaptation des règlements

Ces 4 thèmes :

- Étaient étayés par une approche transversale, l'observatoire.
- Sont synthétisés dans ce document.



Organisation de la recherche

### Thèmes de recherche MINnD

Les travaux du thème 2 comportent les expérimentations d'outils, de méthodes et de simulations de processus. Ces derniers ont été menés en interaction très forte avec les thèmes 1 et 3. Ils sont donc décrits au fil des parties suivantes :

- Partie 2 sur l'apport de MINnD sur les pratiques liées au BIM.
- Partie 3 sur structuration des informations et travaux de prénormalisation.

### Cas d'usages

Afin d'impliquer concrètement les partenaires au plus tôt, le programme de recherche MINnD a été décliné en cas d'usages (Use Case – UC) théoriques. Ces travaux de ces derniers ont permis d'alimenter les thèmes ou réflexions plus générales du projet :

#### Cas d'usage

UC1	Cas d'usages normalisés appliqués aux infrastructures
UC2	Cycle de vie des chaussées
UC3	IFC Bridge
UC4	Revue de projet
UC5	Maîtrise des coûts par la modélisation
UC6	Infrastructures dans leur environnement
UC7	Vie de l'ouvrage
UC8	Infrastructures souterraines

### Groupes de travail

Chaque thème et cas d'usage a été traité par un groupe de travail réunissant un panel d'experts. Ces derniers ont synthétisé leurs travaux dans des livrables. Plus de 300 personnes ont été impliquées dans le projet. Il faut souligner, dans chaque groupe de travail, la diversité et la complémentarité des compétences des experts mobilisés.

### Livrables

Les travaux de MINnD ont abouti à la publication d'une trentaine de livrables accessibles publiquement sur le site web du projet :

Ces livrables font l'objet d'une harmonisation de leur forme et de leur présentation. Les derniers livrables sont publiés début 2019. Par l'aspect volontairement conceptuel et large de leur approche, beaucoup des livrables de MINnD peuvent utilement être étendus dans leur application à l'ensemble de la filière construction, au-delà de leur seul objectif initial des infrastructures et des travaux publics.

Les livrables du projet sont disponibles sur notre site web [www.minnd.fr/publications/livrables](http://www.minnd.fr/publications/livrables).

### 3. APPORT DE MINND SUR LES PRATIQUES LIÉES AU BIM

**Introduction**

Ce thème de recherche est dédié à des pratiques BIM concrètes ou en expérimentation sur des projets en cours. Ce dernier répond à des questions d’actualité pour :

- Aider les acteurs de la construction à s’approprier les nouvelles technologies.
- Mettre en place les processus nécessaires à établir la confiance entre les partenaires engagés dans une démarche sur un projet commun.

#### 3.1. Recommandations de mise en place du BIM INFRA

**Préambule**

Le guide **Recommandations de mise en place du BIM pour les infrastructures** est un livrable du projet national MINnD accessible publiquement. Son ambition est d’apporter de manière synthétique et vulgarisée des informations techniques. Ce guide s’adresse à tous ceux qui s’intéressent au BIM y compris les personnes ayant une connaissance théorique des concepts du BIM. Ce guide complète certains documents existants. Notamment le guide pour l’établissement d’une convention de projet en BIM - V1 de Mediaconstruct – buildingSMART France. Ce dernier a paru en avril 2016 et amendé par MINnD en juillet 2016.

**Séquençage de mise en œuvre du BIM**

Élaboration des documents

L’élaboration des documents de mise en œuvre d’un processus BIM suit une terminologie et un séquençage compatible avec le code des marchés publics :

Étape	Action
1.	Le maître d’ouvrage élabore sa Stratégie BIM propre.
2.	Puis il élabore, ou fait élaborer, dans le cadre d’un projet spécifique un cahier des Charges BIM (conception) pour consulter un maître d’œuvre.
3.	Le maître d’œuvre, en réponse au maître d’ouvrage élabore une convention BIM, du projet couvrant la phase de conception, répondant au cahier des charges (conception).
4.	Le maître d’ouvrage complète alors, autant que de besoin, le cahier des Charges BIM (réalisation) avant de consulter les entreprises.
5.	L’entreprise répond au cahier des charges (réalisation) par le plan de mise en œuvre BIM.

Schéma

Nous vous présentons dans le schéma ci-dessous la mise en œuvre du BIM.

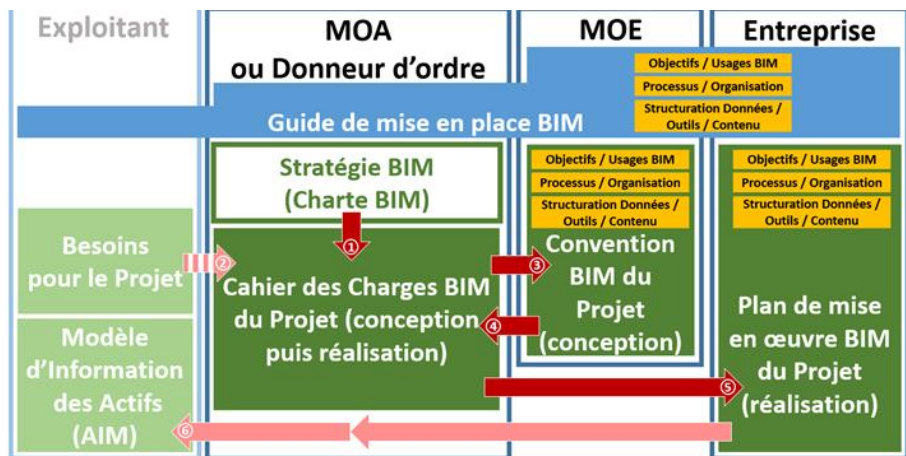


Schéma de mise en œuvre du BIM

Note : les numéros correspondent à l’ordre séquentiel d’élaboration des documents



<b>Objectif et portée</b>	Le présent guide assiste les parties prenantes à projet d'infrastructure dans la mise en œuvre d'une démarche BIM. Ce dernier précise les informations transitant entre décideurs et parties prenantes du projet pour mettre en place l'organisation et les ressources adéquates.
---------------------------	---

<b>Plan du guide</b>	Le plan adopté pour ce guide suit un plan de mise en œuvre structuré autour des points suivants, comme illustré dans le schéma précédent :
----------------------	--

Entête colonne	Entête colonne
Exposé des objectifs	L'exposé des objectifs que le projet adopte en considération des possibilités actuelles du BIM et des compétences des acteurs. Ces objectifs sont très pragmatiques en lien avec les usages issus des technologies numériques.
Organisation et processus	L'organisation des parties prenantes et les processus à mettre en œuvre pour conduire la démarche BIM et le travail collaboratif au service du projet.
Structuration des données et outils adoptés	Le détail de la structuration des données et les outils adoptés pour les gérer. Si des processus traditionnels s'appuyant sur les connaissances implicites partagées par les acteurs sont bien rodés par plusieurs décennies de pratique, leur numérisation suppose une structuration très explicite et normée, car les échanges reposent sur des étapes impliquant des logiciels rigoureux et formels.

## 3.2. Guide d'application du BIM INFRA

<b>Contexte</b>	<p>Pour tout projet de construction à réaliser en faisant appel au BIM :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le maître d'œuvre doit formuler une convention BIM.</li> <li>• Le constructeur doit établir un plan de mise en œuvre du BIM approprié.</li> </ul> <p>Cela permet de répondre aux besoins exprimés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le maître d'ouvrage de ce point de vue.</li> <li>• Les autres parties prenantes.</li> </ul> <p>La décision de réalisation d'un projet en BIM est loin d'être anodine. Cette dernière entraîne une évolution certaine des pratiques et une transformation profonde des modalités d'exécution d'un projet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sa programmation. • À sa livraison. • Et à son exploitation et maintenance.</li> </ul> <p>Cette question plus large fait l'objet du Guide de mise en place BIM (voir § 3.1) pour accompagner les acteurs dans la mise en œuvre du BIM.</p>
<b>Contenu</b>	Le guide d'application du BIM y fait largement référence et se concentre sur <b>l'élaboration pratique de la Convention BIM et du Plan de mise en œuvre BIM d'un projet.</b>
<b>Réponse de l'entreprise au cahier des charges BIM</b>	La contractualisation dans les marchés publics, d'une part entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, et d'autre part entre le maître d'ouvrage et l'entreprise de travaux est respectée. La Convention BIM est la réponse du maître d'œuvre au cahier des charges (conception) du maître d'ouvrage. De la même manière, le cahier des charges BIM (réalisation) tient lieu de CCTP spécifique des problématiques BIM, et le plan de mise en œuvre BIM est la réponse de l'entreprise au dit cahier des charges.
<b>Objectif du guide d'application du BIM</b>	Le Guide d'application du BIM INFRA est la réponse détaillée du maître d'œuvre et de l'entreprise au cahier des charges BIM du projet élaboré dès la remise de leur offre et éventuellement détaillé aux premiers jours de la mise en vigueur de leur

	<p>contrat. Ce guide décrit très précisément la structuration des données ainsi que les processus mis en place par chaque acteur pour partager et utiliser ces données dans le cadre de la conception et de la construction du projet. Il peut, le cas échéant, être établi un pré-Plan de mise en œuvre du BIM en phase d'appel d'offres qui est impactant pour la suite du projet.</p>
<p><b>Structure du guide d'application du BIM</b></p>	<p>Le Guide d'application du BIM INFRA est structuré autour des 4 chapitres suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objectifs métiers et usages du BIM.</li> <li>• Organisation et processus. Ce chapitre constitue le cœur du document. Il traite par exemple les droits d'accès aux données, les flux et suivis de décisions, les outils de conception/contribution &amp; plateformes collaboratives, les interfaçages avec les systèmes d'information, l'hébergement, les plateformes d'échanges ou encore la gestion des évolutions organisationnelles.</li> <li>• Structure des données et contenu des échanges.</li> <li>• Considérations administratives.</li> </ul>

### 3.3. Revue de projet dans un environnement numérique (UC4)

<p><b>Préambule</b></p>	<p>Dans la conduite des projets, les revues de projets sont des jalons privilégiés de la confrontation des points de vue des acteurs entre eux. Ce sont essentiellement pendant ces instances que se confirment la validité et la pertinence des solutions conceptuelles et de construction. C'est pourquoi une maquette BIM représentant visuellement la construction et donnant accès aux informations associées est un outil d'un grand potentiel. Il convient donc de l'examiner en détail.</p>
<p><b>État des lieux</b></p> <p><b>Revue de projet dans l'environnement du numérique selon le cycle de vie</b></p>	<p>États de l'art, réglementations bonnes et mauvaises pratiques issues de certains projets en cours ou finalisés ont été analysés sous différents angles. Il ressort de cette analyse préalable que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les situations sont infiniment diverses.</li> <li>• On est loin d'avoir trouvé à ce jour des solutions totalement généralisables, sûres et fiables.</li> </ul> <p>Le caractère nécessairement coopératif introduit par les modèles et maquettes de référence impose de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réviser les pratiques.</li> <li>• Trouver de nouvelles modalités de régulations contractuelles.</li> <li>• Bien organiser la participation de tous les acteurs y compris le maître d'ouvrage.</li> <li>• Bien préciser les objectifs recherchés lors de l'introduction d'une maquette numérique et d'un processus BIM (modélisation des informations de construction).</li> </ul> <p>Un schéma construit à partir d'un logiciel qui propose une représentation nommée « carte mentale » a permis de rendre compte des divers angles d'approche adoptés pour structurer la réflexion générale. Le travail a largement fait appel à des concepts qui ont fait leurs preuves dans l'industrie et qui relèvent de l'ingénierie des systèmes.</p> <p>Les points saillants de l'analyse montrent les avantages à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Initier la démarche le plus tôt possible dans un projet.</li> <li>• Veiller à la présence à tous les moments de tous les points de vue.</li> <li>• Mener des revues très régulièrement pour vérifier la satisfaction des exigences, selon un processus planifié, itératif et progressif.</li> </ul>

### Guide de la revue numérique de projet d'infrastructure

Le guide d'expérimentation de la revue de projet numérique de projet d'infrastructure, livrable autoporteur du projet national MINnD, est le fruit des réflexions menées par un groupe de travail dédié, à partir d'expérimentations et d'un travail de conceptualisations.

Ce sujet traite de tout le cycle de vie d'une infrastructure, de la programmation à la réception des ouvrages. Les aspects d'exploitation, de maintenance et de déconstruction doivent donc être étudiés et solutionnés durant la conception et la construction.

Le guide traite à la fois :

- De la revue de projet dans le management de projet.
- Du principe de fonctionnement de la revue.
- Du processus à mettre en œuvre.

## 3.4. Relevés numériques

### Connaissance de l'état initial des infrastructures

Un projet de construction réussi est un projet basé, entre autres, sur une bonne connaissance de l'état initial de l'environnement qui l'entoure et des structures existantes.

Les retours d'expériences sur les grands projets confirment que le décalage entre la représentation de l'existant sur les plans de conception et la réalité sur le terrain peut avoir des conséquences néfastes. Le constat est que les entreprises de travaux se trouvent souvent dans l'obligation de refaire un levé topographique et de reprendre une partie de la conception en phase d'études d'exécution pour la rendre compatible avec l'existant.

#### Apport de MINnD

MINnD apporte dans ce livrable une démarche d'aide à la compréhension de la demande du client par le prestataire et des conseils au client pour choisir une prestation adéquate. Il fournit un certain nombre d'informations ou de bonnes pratiques sur les technologies, l'acquisition de la donnée, son traitement, ou encore le lien avec la maquette BIM.

Cette action a vocation à être poursuivie dans un thème plus large, celui de la modélisation de l'existant, dans le cadre du projet MINnD Saison 2. (cf. § 8).

## 3.5. Convergence/complémentarité des outils/méthodes BIM/SIG

### Objectif

Une infrastructure, qu'elle soit urbaine, semi-urbaine ou interurbaine, est nécessairement ancrée dans un territoire, donc en lien direct avec de l'information géographique. Il faut par conséquent s'intéresser à la connexion entre le monde du géospatial et celui de l'infrastructure, pour être sûr de pouvoir la placer dans son environnement qu'il soit proche ou à l'échelle d'un territoire plus vaste.

MINnD a été l'un des pionniers dans la conduite de travaux vers une convergence des outils BIM et SIG (Systèmes d'Informations Géographiques), puisqu'il a permis de mener ces réflexions dès 2015, notamment en fédérant les acteurs concernés sur le plan national et sur le plan international. À ce titre, MINnD, via certains de ses partenaires, est actif au sein :

- de l'*Open Geospatial Consortium* (OGC), consortium international pour développer et promouvoir des standards ouverts dans les domaines de la géomatique et de l'information géographique
- et du Conseil National de l'Information géographique (CNIG).

Le fait que MINnD a été partenaire et contributeur de la Journée Interopérabilité et Innovation (J2I) « Convergence GIS-BIM » co-organisée par le forum Français de

#### **Workshops MINnD BIM/SIG**

l'OGC et la Commission de normalisation de l'Information géographique et spatiale de l'AFNOR le 7 novembre 2017 à l'Ifsttar a été très bien reçu dans les communautés concernées.

MINnD a par ailleurs organisé deux workshops dédiés à la convergence des outils BIM et SIG. À chacun de ces workshops, des éditeurs de logiciels se sont prêtés à l'exercice de présenter leurs réflexions et leurs avancées en la matière, notamment par des retours d'expériences et des démonstrations.

Les travaux de ce groupe de travail sont prolongés pendant MINnD Saison 2, afin de faire des préconisations en termes de représentation et d'affichage de données d'un système dans l'autre.

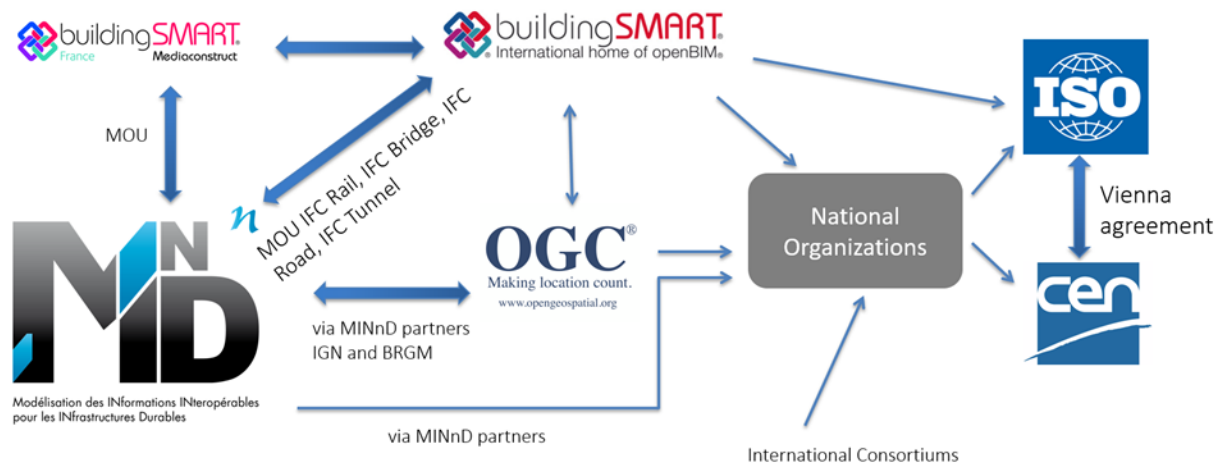
## 4. STRUCTURATION DES INFORMATIONS ET TRAVAUX DE PRÉNORMALISATION

<p><b>Interopérabilité grâce à la modélisation</b></p>	<p>Les travaux de MINnD ont conduit buildingSMART International à entreprendre l'extension aux infrastructures de la norme IFC (<i>Industry Foundation Classes</i>), norme ISO d'échange de données. Tout au long du projet MINnD se sont développées des actions visant à intégrer au périmètre des IFC les ouvrages d'art, les routes, le rail et finalement tout ce qui touche aux infrastructures. L'objectif est de pouvoir présenter à l'ISO (<i>International Organization for Standardization</i>) une norme IFC étendue aux infrastructures à l'horizon 2020-2021. La contribution de MINnD en matière de prénormatisation dépasse largement les objectifs fixés au démarrage du Projet National.</p> <p>La problématique de la modélisation de coûts ou encore de l'interaction de l'infrastructure dans son environnement ont également été abordées, notamment à partir de cas d'études concrets. La structuration des données BIM en phase d'exploitation/maintenance a également été traitée.</p>
--	---

### 4.1. Extension des IFC aux domaines des infrastructures

<p><b>Normaliser pour l'interopérabilité et la pérennité des informations</b></p>	<p>La continuité numérique entre les acteurs des projets d'infrastructures passe nécessairement par la normalisation des échanges, garantie de l'interopérabilité et de la pérennité des systèmes d'information délivrés grâce au BIM. Si l'interopérabilité passe par la modélisation des informations et des échanges, seules des normes internationales peuvent garantir <b>neutralité et pérennité</b>. L'open BIM permet au gestionnaire d'infrastructure de réceptionner un ouvrage numérique (le jumeau de l'ouvrage réel) avec l'assurance de pouvoir l'utiliser tout au long du cycle de vie sans être prisonnier d'un outil propriétaire donnée.</p> <p>Le Projet MINnD, dont la modélisation est le sujet premier, a donc trouvé son débouché naturel dans la normalisation. Un deuxième débouché à la modélisation est apparu, au contact des vendeurs de solutions logicielles : la mise à disposition de spécifications techniques primordiales pour l'évolution de ces différents outils.</p> <p>Les travaux de MINnD répondent donc à un double besoin :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un engagement sur la qualité de l'interopérabilité, autrement dit, sur les conditions de création de la confiance grâce à l'intégrité des données échangées pouvant passer par des procédures de certification de la qualité des échanges.</li> <li>• Un engagement à étendre le domaine des échanges, par l'accroissement de la qualité de la sémantique associée aux modèles numériques.</li> </ul>
<p><b>La norme IFC</b></p>	<p>Les IFC (<i>Industry Foundation Classes</i>) sont aujourd'hui définis dans la norme ISO 16739 reconnue et utilisée par un grand nombre d'acteurs du secteur de la construction des bâtiments. Il s'agit tout autant d'un modèle conceptuel de données orienté objet qu'un protocole d'échange des informations entre les acteurs des projets et interopérable avec les solutions logicielles.</p> <p>Les travaux sur ce standard s'attachent à prendre en compte les spécificités des infrastructures linéaires.</p>
<p><b>Contexte international</b></p>	<p>Plusieurs initiatives ont été engagées au niveau international dans le cadre de l'InfraRoom de buildingSMART International (bSI) pour étendre les IFC aux domaines des infrastructures : IFC Alignment, IFC Road, IFC Rail, IFC Bridge, IFC Tunnel.</p>

- MINnD : la contribution française** La France apporte une contribution majeure au niveau international sur le développement des IFC Bridge, IFC Rail et des IFC Tunnel par l'intermédiaire du projet national de recherche MINnD qui a fourni des avancées significatives sur la base de quatre années de travaux.
  - Un représentant de MINnD qui assure la direction technique de ces développements.
- Collaboration MINnD-bSI** Plusieurs conventions de collaboration entre l'organisme de prénormalisation bSI et MINnD ont été formalisées pour participer aux projets internationaux IFC Bridge, IFC Road et IFC Rail. D'autres sont en discussion, notamment IFC Tunnel.
- Collaboration MINnD-bSF** MINnD a également construit une collaboration avec buildingSMART France (ex Mediaconstruct) qui est le chapitre français de bSI, de manière à :
  - Porter des actions en commun dans les différentes instances de prénormalisation – notamment buildingSMART International - en direction des différents groupes de l'ISO et du CEN.
  - Partager les efforts de communication, notamment événementielle pour en démultiplier la portée.



Positionnement de MINnD dans le processus de normalisation. MOU : Memorandum of understanding (protocole d'accord)

**Contribution de MINnD à l'extension des IFC pour les ponts (IFC Bridge)**

Les travaux de MINnD (groupe de travail UC3) pour les IFC Bridge sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ils se poursuivent au-delà de 2018, notamment pour implémenter les concepts proposés dans le *buildingSMART data dictionary* (bsDD : le dictionnaire des données de *buildingSMART International*).

Travaux de MINnD pour les IFC Bridge	
Analyse des classes IFC existantes pour les ponts.	
Analyse des classes IFC-Bridge manquantes.	
Définition des concepts manipulés (dictionnaire des données) pour décrire l'ouvrage et ses comportements et des besoins des utilisateurs finaux. Un dictionnaire de données a été constitué d'une liste classifiée d'objets et de leurs attributs qui décrivent les relations entre les objets, ainsi que leurs propriétés. Il permet ainsi de partager avec plus de facilité et d'échanger des informations sur les objets constituant un ouvrage d'art, mais aussi de pérenniser l'information le décrivant, afin d'assurer son exploitation et sa maintenance, voire sa déconstruction.	
Description des échanges et filtres nécessaires : IDM ( <i>Information Delivery Manuel</i> ) et MVD ( <i>Model View Definition</i> ).	
Fourniture de la méthodologie utilisée pour décrire les classes IFC requises.	
Méthodologie pour alimenter « en masse » le bsDD à partir d'une base descriptive des objets d'un domaine complet.	

**Contribution de MINnD à l'extension**

Certaines particularités sont propres au domaine ferroviaire : l'histoire, son organisation et ses technologies en font un domaine doté de son propre référentiel

### des IFC aux infrastructures ferroviaires (IFC Rail)

dans une organisation spatiale originale. C'est une architecture en réseau, découpée verticalement entre le génie civil, l'équipement ferroviaire et le matériel roulant. Faire collaborer les différents acteurs de chaque strate dans le cadre d'une normalisation commune est un enjeu en tant que tel dans ce projet. L'extension des IFC au domaine des infrastructures ferroviaires répond aux objectifs suivants :

#### Objectifs de l'extension des IFC au domaine des infrastructures ferroviaires

Étendre le schéma IFC actuel au domaine de la construction et de la maintenance des infrastructures ferroviaires, en créant un standard « IFC Rail Candidate ».

Participer et contribuer au développement du schéma commun IFC, afin de trouver les concepts communs aux extensions de schéma IFC proposées, telles que l'ouvrage d'art, la route, le rail et le tunnel.

S'appuyer sur un consensus international pour l'extension du schéma IFC proposée pour l'ingénierie ferroviaire.

Contribuer à l'adoption de l'extension du schéma IFC Rail, en permettant l'expérimentation et le déploiement dans les logiciels.

### Contribution MINnD à l'extension des IFC aux infrastructures routières (IFC Road)

Cette action a été initiée en 2017 et a vocation à être poursuivie dans le cadre du projet MINnD Saison 2. (cf. § 8).

L'objectif de cette action est de participer :

- Aux spécifications vers un modèle conceptuel de données pour les infrastructures routières.
- À la structuration du dictionnaire de données de buildingSMART International (*buildingSMART data dictionary* – bsDD).
- À la validation de la méthode de définition des besoins en échange d'informations.

Cette action rentre dans la continuité des développements présentés au § 4.4. Elle a été initiée en cours de l'année 2018 et a vocation à être poursuivie au-delà de 2018 dans le cadre du projet MINnD saison 2.

## 4.2. Modélisation des informations pour les infrastructures souterraines (UC8)

### Champ des infrastructures souterraines (UC8)

La modélisation des informations pour les infrastructures souterraines a été initiée en cours de projet grâce à l'impulsion du partenaire ANDRA. Cette action s'est intéressée à la description des infrastructures souterraines (tunnels, puits, rameaux) et de leur environnement. Elle a permis de proposer une prénormalisation d'un ensemble d'entités susceptibles de décrire les composants de tels projets (génie civil et équipements), mais aussi l'environnement au sens général (sol/sous-sol naturel et avoisinants) avec un focus sur la partie avant-projet et projet aboutissant à la formalisation des pièces de marché pour le choix des entreprises de construction. Ces domaines ont été traités par deux groupes de travail coordonnés :

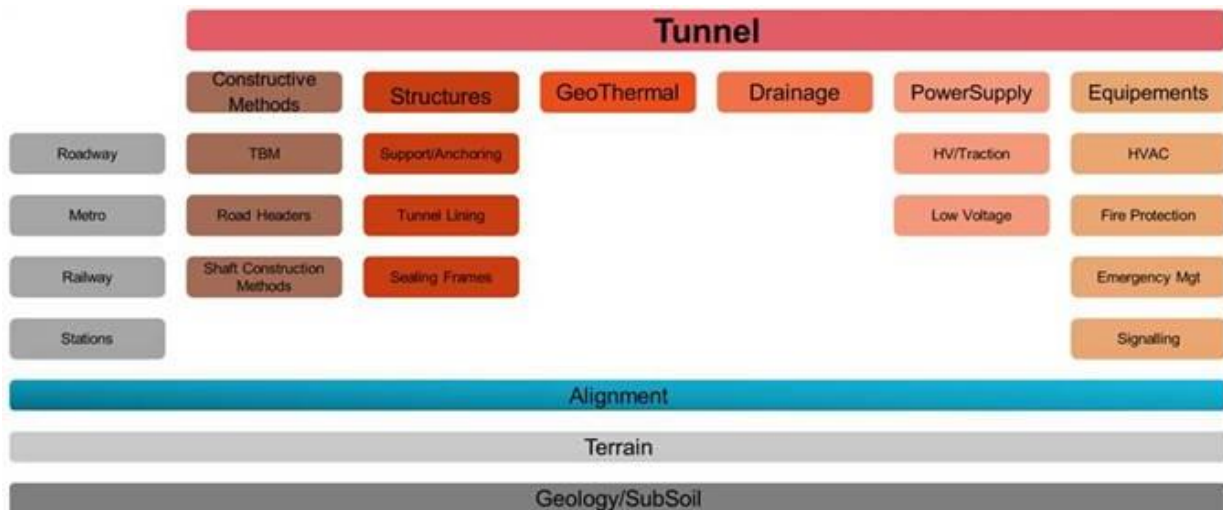
- Génie civil et équipements souterrains.
- Géotechnique et environnement.

### Génie civil et équipements souterrains

#### Décomposition en sous-systèmes fonctionnels

Le groupe de travail a d'abord défini, à défaut de référence existante, la décomposition d'une infrastructure souterraine équipée d'un transport guidé en un ensemble de 12 sous-systèmes fonctionnels regroupés en 2 catégories :

- Le génie civil (soutènement, revêtement, étanchéité, espaces des circulations, dispositions constructives).
- Les équipements (assainissement, géothermie, ventilation, énergie, défense incendie, secours-évacuation, EEG).



Copyright : MINnD August 2018

## Décomposition en sous-systèmes fonctionnels

## Description des sous-ensembles avec le formalisme IFC

Le cheminement suivi pour expliciter et consolider la description de ces sous-ensembles fonctionnels a consisté à dérouler les étapes suivantes :

1. Description des échanges entre concepteurs de chacun des sous-systèmes (production des IDMs).
2. Décomposition organique de chacun des sous-systèmes et analyse de leur cohérence, avec explicitation des échanges interphases au niveau des entités et caractérisation de leurs propriétés.
3. Production d'un dictionnaire de données pour la préparation du déversement dans le bsDD (au format bSI via un script développé pour MINnD).

## Spécification de nouvelles classes d'objets IFC

De nouvelles classes d'objets IFC ont été proposées.

Elles sont nécessaires pour assurer la production d'échanges en capacité de porter les entités et leurs caractéristiques.

## Les démarches pour un consensus international

Un plan d'action a été mis sur pied pour rencontrer les homologues internationaux de manière à obtenir un consensus international autour des préconisations de MINnD/UC8. L'adhésion des chemins de fer suisses (CFF/SBB), en ressources techniques comme en apport financier, semble acquise.

## Géotechnique et environnement

## Structuration

Le domaine « Géotechnique et environnement » a été structuré autour de neuf sujets : reconnaissances terrain ; modélisation géologique, hydrogéologique et géotechnique ; dimensionnement des infrastructures, choix des méthodes de construction ; détermination de la pollution du sol et gestion des terres excavées, impact sur les avoisinants ; gestions des risques. Les principales sources d'inspiration/expérience des participants incluent les projets de grands tunnels (type Lyon-Turin), de grands projets urbains (type Grand Paris) et d'infrastructure souterraines complexes (CIGEO), principalement équipés de rail par la suite, le tout aussi bien en France qu'à l'étranger.

Des *Information Delivery Manuals* (IDM) incluant une *process map* couplée à un glossaire ont été réalisés pour chacun des sujets. Ils ont permis d'identifier les échanges de données entre les différents acteurs.

## Standardisation des données pour les géosciences

Un effort tout particulier a été fait sur l'inscription des travaux dans les initiatives existantes pour la standardisation des données pour les géosciences, menées notamment au sein de l'Open Geospatial Consortium (OGC).





Des discussions sont en cours afin d'étendre le travail de l'UC8-GT à l'international et ainsi aboutir à une description standardisée des données géotechniques. Les échanges se font via *l'Integrated Digital Built Environment (IDBE)*, groupe joignant l'OGC et bSI.

### 4.3. Infrastructures et environnement (UC6)

<b>Échanges successifs entre les domaines de conception</b>	<p>Les méthodes de travail actuelles pour la conception des infrastructures ont recours à des échanges successifs entre les domaines de conception. Les fichiers de chaque corps de métier doivent souvent être transformés avant d'être compilés ou ressaisis du fait des incompatibilités entre les logiciels et les formats. Ces manipulations entraînent une perte de temps et une dégradation des informations contenues dans les fichiers d'origine, ce qui augmente le risque d'erreur.</p>
<b>Données environnements</b>	<p>Les études menées dans le cadre du groupe de travail MINND/UC6 ont permis d'analyser les flux d'échanges autour des données environnementales des projets, en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• D'identifier les points de blocage existants.</li> <li>• De déterminer quelles sont les évolutions de méthode de travail à mettre en œuvre pour fluidifier les échanges.</li> </ul>
<b>Cas d'études</b>	<p>Nous décrivons ci-dessous les trois cas d'études qui ont alimenté les travaux d'infrastructures et d'environnement.</p>
Étude acoustique	<p>Par rapport à la méthodologie et aux hypothèses d'une étude acoustique, le cycle de vie des données d'études de bruit pour un projet d'infrastructure linéaire a été riche d'enseignement.</p>
Mesures environnementales	<p>Ce cas d'étude a permis de traiter la problématique du suivi des mesures environnementales mises en œuvre pour réduire et compenser les impacts environnementaux des infrastructures linéaires, du point de vue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des échanges de données.</li> <li>• Du suivi de l'information, de la traçabilité des décisions et de leurs conséquences.</li> <li>• De l'implication des différents types d'acteurs dans la production et l'utilisation des données.</li> </ul>
Analyse critique des outils existants	<p>Enfin, une analyse critique des outils existants a été menée en se basant sur les cas d'écopont de part et d'autre d'autoroutes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un chiropteroeduc fictif sur une portion de la A63 en essayant de répondre à la question : où serait le meilleur endroit pour construire un chiropteroeduc pour préserver au mieux les espèces.</li> <li>• Un écopont sur une portion de la A64. Ici la question était d'étudier par simulation le meilleur aménagement d'un écopont, donc ses raccords avec l'espace environnant pour optimiser son usage.</li> </ul>



Modèle 3D de l'écopont prévu sur l'A64 © Setec



Écopont de l'A64 © TerrOïko (Lucie Gendron)

**Infrastructures  
et environnement :  
les apports de MINnD**

Les travaux de MINnD apportent, au travers de ces cas concrets, des éclaircissements sur l'utilisation du BIM comme un vecteur de consolidation des études environnementales (biodiversité dans le cas des exemples étudiés).

Les livrables UC6 permettent également de dégager des pistes en matière de standardisation des échanges et des procédures de contrôle de qualité des informations contenues dans le BIM. Ces livrables ont aussi un objectif de prospective qui vise à préparer l'intégration des nouvelles technologies, utilisables pour les études environnementales, dans les processus BIM. L'emploi de ces technologies, telles que la simulation numérique pour les espèces animales ou le recours aux outils de génétiques, est facilité par le BIM. L'efficacité des aménagements environnementaux doit s'évaluer sur des temps assez longs, de plusieurs dizaines d'années. Cela nécessite donc de concevoir des bases de données externalisées par rapport aux outils et de décrire les processus afin de pouvoir encore interpréter les données dans plusieurs dizaines d'années. Des préconisations en matière de schéma de données et d'historisation des données sont ainsi proposées.

## 4.4. Infrastructures routières sur leur cycle de vie complet (UC2)

<b>Infrastructure routière sur son cycle de vie</b>	<p>Le cas d'usage UC2 concerne le domaine des chaussées d'une infrastructure linéaire et son développement, tout au long du cycle de vie de l'infrastructure :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depuis la programmation, la conception, la construction.</li> <li>• Et jusqu'à l'exploitation, l'entretien, la rénovation et la maintenance.</li> </ul>
<b>État de l'art</b>	<p>La description de l'existant dans le domaine de la gestion des infrastructures routières est un préalable à la structuration des informations manipulées. Les aspects suivants ont été abordés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les acteurs de la gestion des routes sur leur cycle de vie.</li> <li>• Les processus par lesquels se font ces échanges.</li> <li>• Les informations échangées par ses acteurs.</li> <li>• Les outils d'échange actuels.</li> </ul> <p>Le cas d'usage UC2 dresse un point de la situation dans le contexte français d'abord, européen puis international. Bien entendu, il tire parti des projets et initiatives antérieures et en cours.</p>
<b>Structuration des données des chaussées</b>	<p>Une <b>structuration des données</b> des chaussées relatives à un projet routier dans le contexte d'un modèle BIM a été proposée. La démarche a consisté à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lister de manière exhaustive les données nécessaires à la réalisation d'un projet, en les affectant à des objets issus de la structure de la route.</li> <li>• Identifier les flux d'échanges par phase de projet.</li> </ul>
<b>Modèle de métadonnées</b>  <b>Gestion des exigences et des décisions</b>	<p>Cette démarche a permis d'aboutir à un modèle de métadonnées formalisé par une matrice. Ce modèle porte sur toutes les catégories de route (Autoroutes, RN, RD, voies urbaines), avec les référentiels et standards correspondants. Il couvre à la fois les ouvrages neufs et existants.</p> <p>Sont également proposées une représentation des points de vue, des informations échangées, et une modélisation des processus clés.</p> <p>Le travail a été complété par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La <b>gestion des exigences et des décisions</b>, sur tout le cycle de vie de la chaussée.</li> <li>• L'application des outils de PLM existants pour la représentation des processus clés.</li> </ul>

## 4.5. Structuration des données BIM en phase exploitation et maintenance (UC7)

### BIM et GMAO

#### Contexte

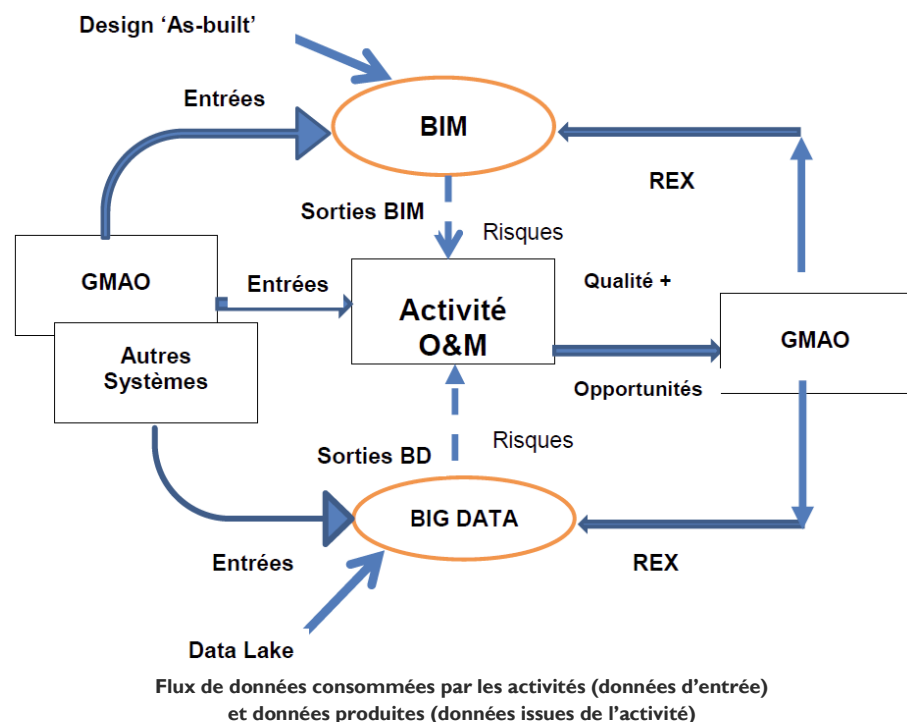
Le BIM était vu, encore il y a peu, comme un outil essentiel en phase de préétude, conception et construction. On peut y ajouter la phase de maintenance si le lien entre le BIM et la GMAO (Gestion de Maintenance assistée par ordinateur) de l'activité de maintenance peut être effectué. L'émergence du Big Data, accompagné par l'IoT (Internet of Things), ouvre la porte à l'acquisition et au traitement de plus de données/informations utiles pour les activités de l'exploitant. Ils viennent enrichir la GMAO et le BIM.

Le cas d'usage UC7 a permis de mettre en avant la façon dont les outils Big data et BIM représentent une solution à l'amélioration des activités pour l'exploitation et la maintenance, à travers des opportunités bien ciblées.

#### Description des processus

Le travail a consisté à mettre chaque activité au cœur de la réflexion et d'énumérer les informations, les sources et les ouvrages concernés par les processus aux différentes étapes de la vie des ouvrages. Pour chacune des activités, les données d'entrée ont été identifiées avec leur source ainsi que la façon dont les processus BIM et Big data les transforment en information de sortie avec leur destination. Les activités ont été décomposées selon les processus suivants :

- Viabilité – sécurité.
- Maintenance courante des Infrastructures
- Maintenance courante des Équipements.
- Gros entretien et renouvellements.



#### Analyse comparative pour les chaussées

Afin d'identifier les données à gérer dans la maquette numérique pour un exploitant, la réflexion a été restreinte à un cas d'étude « Chaussée », dans la continuité des travaux de l'UC2 (cf. § 4.4). Le croisement des résultats avec le référentiel construit a permis de faire ressortir les manques à combler pour satisfaire le besoin d'un exploitant : il s'agit des objets qui permettraient de tracer tous les actions et événements qui affectent directement le référentiel « chaussée ».

### Opportunité du BIM et du Big Data

La solution imaginée s'inspire des fonctions de « change management » qui proviennent du PLM (*Product LifeCycle Management*). Les objets suivants sont proposés :

- Évènements : tout évènement qui pourrait impacter la chaussée à proprement dit : faïençage, accident, animaux sur la chaussée.
- Interventions : pour réagir aux évènements, l'intervention humaine est nécessaire : intervention sur accidents, travaux, GER.
- Balisages : pour certaines interventions, telles que celles liées aux accidents, un balisage de la route est nécessaire.

De manière plus générale, les opportunités liées à la mise en œuvre du BIM et du Big Data en phase d'exploitation & maintenance sont nombreuses.

Pour le Big Data, les opportunités identifiées permettent d'analyser des informations riches, construites à partir de plusieurs sources (même externes), avec l'objectif de mieux optimiser la planification des interventions des agents, de mieux prévoir les évènements à venir et d'anticiper par la même occasion leurs contraintes.

Quant au BIM, sa mise en œuvre permet de placer un référentiel central à toutes les informations gérées pour les éléments du patrimoine, au service des outils GMAO qui eux restent l'outil de travail quotidien d'un exploitant mainteneur. Le couplage de ces outils permettrait une meilleure exécution et programmation des opérations de maintenance, une identification des conflits, et un meilleur suivi des évènements, de leur géolocalisation et de gérer leur historisation.

Pour profiter de ces opportunités, Big data et BIM, il est donc nécessaire de :

- Déployer une maquette BIM avec des passerelles bilatérales avec la GMAO. Certaines informations sont donc hébergées dans la maquette BIM.
- Accompagner la mise en œuvre du Big data avec de nouveaux moyens de captation de données (IoT), typiquement instrumentation des talus, tunnels et grands ponts.

## 4.6. Modélisation des coûts (UC5)

### Coût global de l'infrastructure dans ses différentes phases

L'objectif fixé par ce cas d'usage est d'appréhender comment la Maquette numérique va pouvoir modéliser et gérer le coût global d'une infrastructure dans les différentes phases d'un projet :

- Estimations, études de prix.
- Suivi des coûts durant les phases de construction.
- Suivi des coûts pendant la phase d'exploitation et de maintenance.

### Modélisation des coûts en phase conception

Une liste des éléments pouvant rentrer en compte dans le coût a été établie. Ils sont généralement intégrés dans une base d'article ou catalogue de prix. Cette base permet d'englober/hierarchiser les prix et de faire le lien avec la maquette numérique (notion de liaison avec le code article). Plusieurs questions en découlent, auxquelles MINnD n'a pas encore répondu :

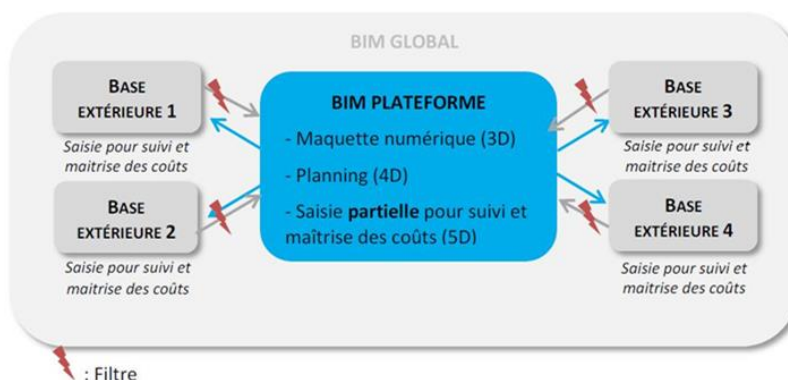
- Ce catalogue de prix doit-il être normalisé ?
- Ce catalogue de prix doit-il être intégré dans la maquette numérique ou externalisé ?
- Évolution possible du catalogue de prix en fonction de la phase de conception (ESQ/APS/APD/PROJET).

### Modélisation des coûts en phase construction

Les réflexions sur la phase de construction ont permis de mettre en évidence le suivi budgétaire d'un projet et aussi comment les échanges peuvent être numérisés. La mise en place d'un BIM « plateforme » autour duquel sont connectées des bases de données semble la plus adaptée :

#### BIM « plateforme »

Nous vous présentons ci-dessous un BIM « plateforme » autour duquel sont connectées des bases de données.



BIM « plateforme »

### Trame commune pour l'ensemble des acteurs

Le contrôle budgétaire nécessite la mise en place avant ou au tout début de l'exécution des travaux d'une trame connue par l'ensemble des acteurs qui interviennent dans le contrôle budgétaire. Cette trame permet aux acteurs (fournisseurs d'informations pour le contrôle budgétaire) de connaître le type d'information à transmettre, la fréquence souhaitée, les modalités (outils utilisés, circuits de transmission avec validation, etc). La trame est constituée des éléments suivants :

- Définition du découpage géographique ou fonctionnel du projet.
- Organisation des processus de saisies et de validations.
- Base de données des coûts.
- Planning.

### Modélisation des coûts en phase exploitation et maintenance

Les réflexions sur cette phase ont permis de mettre en évidence les remontées d'informations financières en phase d'exploitation et de maintenance qui peuvent être

<b>LOP (Level of Price)</b>	<p>structurées avec l'aide d'une organisation BIM. L'objectif de l'exploitant est de s'assurer que la démarche pilotée par les concepteurs/constructeurs intègre dès l'amont ses besoins en termes de formats/attributs de données et en termes d'architecture.</p> <p>Le livrable MINnD propose une analyse de manière pragmatique des architectures proposées pour la plateforme BIM en ce qui concerne l'application gestion du Patrimoine, propose des pistes de réflexion sur l'évolution de la maquette numérique et identifie les principaux challenges qu'il faut relever pour conserver les bénéfices de la maquette numérique dans la longue échelle de temps des infrastructures.</p> <p>Les réflexions menées dans ce groupe de travail ont conduit à faire émerger la notion de « Niveau de prix » (LOP, level of price), par analogie avec celles de LOD (level of definition, level of development) ou de LOIN (level of information needs). En effet, la nature du besoin et de la précision de l'information économique sur le projet évolue plus ou moins en parallèle avec l'avancement du processus de conception, puis d'exploitation, voire d'exploitation.</p>
-----------------------------	---

## 4.7. Expérimentations sur les standards CityGML et InfraGML

<b>Démarche</b>	À l'heure actuelle, CityGML est le seul standard pouvant importer un modèle 3D avec le bâti, la géométrie et le trafic des routes et voies ferrées. Une étude sur l'interopérabilité de ce standard avec des outils d'ingénierie a été réalisée.
<b>Cas d'étude</b>	<p>L'interopérabilité du CityGML avec l'outil acoustique CadnaA et son utilisation dans des processus utilisant d'autres formats de données ont été étudiées. L'avantage du standard est de pouvoir avancer la phase de traitement des données (phase initiale et projet), éviter les reprises de données et permettre l'échange de ces données en CityGML avec les différents acteurs. Les données CityGML peuvent aussi servir à d'autres maquettes numériques afin de modéliser l'environnement.</p> <p>Cette étude a permis de montrer que le standard CityGML avec l'ADE Noise est utilisable dans les études acoustiques. Dans ce cas la maquette servirait à la simulation et à la visualisation des études acoustiques, mais aussi à modéliser l'environnement d'autres études. Ainsi les données sont réutilisables et nécessitent un seul traitement.</p>
<b>Propositions de modification pour les standards CityGML et InfraGML</b>	Les standards CityGML et InfraGML sont très prometteurs. Des modifications ont été proposées dans le cadre du projet. Dans la version 3.0 de CityGML, prévue pour 2018, l'ADE Noise et l'ADE Dynamizer sont dans le modèle conceptuel de données de CityGML. Ainsi les outils permettent plus facilement d'importer ces extensions, car elles sont dans le corps du schéma CityGML.
<b>Limite des outils actuels</b>	Les objectifs du cas d'usage étaient de mutualiser le traitement des données et de faciliter la visualisation des sortants. Les standards répondent à ces objectifs. Concernant l'objectif d'assurer la pérennité des données avec des standards ouverts, l'étude a montré qu'il n'est pas possible d'utiliser tout au long du workflow des standards ouverts il faut passer par de nombreuses conversions.

## 5. ENJEUX JURIDIQUES ET CONTRACTUALISATION AVEC LE BIM

<b>Préambule</b>	<p>La mise en place d'une stratégie BIM, dont les objectifs sont aussi bien techniques, qu'économiques, a pour effet de modifier en profondeur les relations entre les différentes parties prenantes d'un projet, et donc impacte leurs relations contractuelles. En effet, le BIM est consubstantiel du collaboratif, notion peu juridique et peu usitée en droit. La mise en place de contrats organisant les relations entre acteurs et leur permettant de travailler avec le BIM en confiance nécessite que soient perçus de tous les notions et enjeux juridiques, nouveaux ou non, qu'introduit l'usage du BIM sur un projet. En particulier, les aspects liés aux responsabilités, à l'assurabilité, à la propriété de la donnée, exacerbés par la rapidité et la facilité des échanges électroniques, doivent être pris en compte de façon explicite afin d'éviter la confusion entre l'objectif de collaboration et les intérêts et responsabilités de chacun. Comme souvent lors d'un changement profond des façons de travailler, des questions habituellement éludées au profit des habitudes sont remises en exergue, et peuvent faire l'objet de questionnements nouveaux alors même qu'il n'y a pas de véritable changement sur ce sujet précis : il importe de distinguer ce qui a véritablement changé de ce qui demeure.</p> <p>C'est l'objet du livrable « Aspects juridiques et contractuels » de MINnD.</p>
<b>Glossaire</b>	<p>Un glossaire a été rédigé de manière collégiale pour préciser le sens des mots qui sont employés dans les contrats. Un nombre important, mais limité de termes a fait l'objet d'un effort de définition en vue de leur compréhension par tous, « BI-Meurs » et « non BIMeurs ». Il a notamment été veillé à sa compatibilité avec les travaux de normalisation en cours au niveau du CEN. En vue de sa diffusion plus large et de son appropriation par le plus grand nombre, ce glossaire a été transféré à Mediaconstruct-BSF.</p>

### 5.1. Contexte législatif, réglementaire et institutionnel

<b>Bases de l'organisation contractuelle d'un projet</b>	<p>Les premières bases de l'organisation contractuelle d'un projet, tout particulièrement en marchés publics, figurent dans les textes législatifs et réglementaires. Un examen approfondi des derniers textes publiés (dont certains au cours du projet), a permis de déterminer en quoi il encadrerait, ou non, la mise en place d'une démarche BIM.</p>
<b>Directive européenne et transcription dans la loi française</b>	<p>Le point de départ figure dans la <a href="#">Directive européenne 2014/24 du 26 février 2014</a> relative à la <b>passation des marchés publics</b> et dans sa transcription dans la loi française (souvent presque mot pour mot). Ces textes laissent à chaque État la <b>possibilité</b> de demander l'utilisation du BIM, sous réserve de fournir aux candidats l'accès libre aux outils ou à leurs équivalents jusqu'à ce que ceux-ci soient devenus « communément disponibles ». Par ailleurs, il est spécifié qu'à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2018, tous les échanges doivent être faits par voie électronique.</p>
<b>Choix du maître d'ouvrage</b>	<p>La France a choisi de ne pas rendre le BIM obligatoire dans les marchés publics, laissant ce choix à chaque maître d'ouvrage. Une étude comparative faite en 2016 sur plusieurs pays européens a montré que ce choix, basé sur le volontariat, et la motivation des parties étaient pertinents.</p>
<b>Directive Inspire</b>	<p>On peut enfin citer la directive européenne Inspire, relative à la divulgation de l'information géographique, qui impacte les projets utilisant le BIM, notamment d'infrastructure, dans la mesure où ces projets sont intégrés dans un environnement décrit par les outils de l'information géographique.</p>



**Appui des services de l'État**

Dans un pays encore marqué par la centralisation, l'État a un rôle majeur à jouer pour accompagner la transition numérique de la filière en général, et l'adoption du BIM en particulier. La transition vers le BIM, à la fois technologie numérique et spécificité de la filière Construction, relève des compétences de plusieurs ministères, compétences dont le périmètre a lui-même évolué au fil des mandatures sous lesquelles le projet s'est déroulé.

## 5.2. Conséquences dans les relations contractuelles

**Conséquences dans les relations contractuelles**

L'analyse des conséquences sur les relations contractuelles s'est d'abord appuyée sur une analyse des enjeux, les notions et concepts sous-jacents au BIM relevant tout autant de considérations sur le modèle de l'objet à construire que sur le processus d'élaboration du dit modèle.

**Partir des enjeux**

La mise en place d'une stratégie BIM impacte l'ensemble des organisations et des métiers. Les objectifs peuvent être classés en trois grandes catégories : les objectifs techniques et opérationnels, les objectifs juridiques et contractuels et les objectifs juridiques et économiques. Il en découle que :

- L'information doit être structurée et échangeable.
- Un environnement de travail collaboratif doit être mis en place. Il nécessite des processus partagés et adoptés par tous les acteurs. Ces processus sont régis par des conventions et des normes.
- Les outils et les plateformes logicielles doivent être conformes aux objectifs explicités ci-avant et interopérables.



**Différents types de contrats**

MINND s'est dès lors attaché à analyser les conséquences de la mise en place de démarches BIM sur les relations contractuelles. L'analyse a été déclinée selon les différents types de contrats : marché de maîtrise d'œuvre et marché de travaux, marchés globaux, marché de partenariat, contrats de concessions, sous-traitance.

**S'appuyer sur des documents explicites**

Dès le lancement du marché, le maître d'ouvrage doit définir ses « besoins numériques » notamment le périmètre d'utilisation des données et les cas d'usage de la maquette numérique. Les documents à élaborer sont les suivants :

<b>Convention BIM</b>	La convention BIM définit les objectifs BIM à atteindre par les acteurs du projet (en termes de communication, synthèse technique, séquences de construction, DOE numérique, etc.). Les exigences techniques sont à formaliser dans le « cahier des charges BIM ». En cas de marché public, le maître d'ouvrage doit respecter les principes de la commande publique, dont le principe de neutralité des spécifications techniques.
<b>Guide de mise en œuvre du BIM</b>	Le guide de mise en œuvre du BIM définit l'organisation progressive mise en place ou à mettre en place par les acteurs, et détaillant les usages BIM, les responsabilités, les outils collaboratifs, les formats et la structure des données échangées, les livrables et leurs échéances... qui constitue la réponse de l'entreprise au maître d'ouvrage.

Ces documents ne sont pas des contrats à part, mais doivent être intégrés à l'ensemble des pièces du (des) marché(s).

## 5.3. Responsabilité et assurance

<b>Responsabilité</b>	Soumise ou non à l'obligation d'assurance, la réalisation d'un ouvrage transfère à chacun des acteurs un certain nombre de responsabilités. Dès les premiers instants de l'utilisation du BIM, la question s'est donc posée de savoir si de nouvelles responsabilités devaient être envisagées, et si des assurances pouvaient ou devaient être mises en place pour y faire face.
<b>Outil au service de la conception et de la réalisation d'un ouvrage</b>	L'utilisation d'un nouvel outil est nécessairement source de nouveaux risques, mais limités à cette utilisation. La position du groupe de travail est donc claire : le BIM est un outil au service de la conception et de la réalisation, utilisé par chacun des acteurs traditionnels au même titre que d'autres outils, et ne crée pas, dans le cas général, de responsabilité particulière. Il n'y a pas d'impact sur le cœur de la mission des constructeurs qui est de concevoir ou de réaliser un ouvrage. Les obligations pesant sur un intervenant à l'acte de construire (conception, exécution) restent identiques, quels que soit les moyens qu'il utilise pour y parvenir. Le cas du BIM Manager mérite cependant d'être examiné en détail.
<b>Certains types de risques à considérer</b>	En revanche, certains risques liés à l'utilisation du BIM sont à considérer, tels que le risque de perte ou de dégradation de fichiers, de mauvaise répartition des tâches, de non-détection de clash ou de déni d'accès aux plateformes : ces risques ne sont ni totalement nouveaux ni spécifiques du BIM. Ils relèvent de la responsabilité civile (contractuelle ou non contractuelle).
<b>Impact assurantiel nul</b>	L'impact assurantiel est donc en général nul : l'assurance de responsabilité d'un constructeur a vocation à couvrir sa responsabilité dans l'exercice de son activité déclarée (maître d'œuvre, BET fluides, architecte, entreprise de gros œuvre, maçon, électricien, entreprises de VRD, etc.). Le recours au BIM est pour le constructeur une simple évolution dans sa méthode de travail qui remplace progressivement l'utilisation du papier pour y substituer des fichiers numériques. L'assurance d'une activité comprend tout ce que le constructeur entreprend dans le cadre de cette activité. L'utilisation du BIM entre dans ce cadre et ne peut pas être considérée, en tant qu'outil, comme une activité à déclarer.
<b>BIM manager : un nouveau métier ?</b>	<p>La notion de BIM manager, son rôle et le contenu de ses missions sont un des sujets les plus sensibles, les plus discutés avec l'apparition du BIM.</p> <p>Pour nombres d'acteurs, le BIM manager n'est pas un nouveau métier, mais uniquement le développement de compétences <i>ad hoc</i> de certaines professions (architecte, maître d'œuvre, contractant général, entreprise de gros œuvre, concepteur-réalisateur). L'idée sous-jacente pour ces acteurs est d'attribuer à un intervenant au marché la mission d'élaborer le processus BIM et de veiller à son application.</p> <p>Cependant, la pratique tend à démontrer que de nouveaux acteurs apparaissent en particulier des professionnels de la gestion de données. Toute la question se situe dès lors bien au niveau du contenu de la mission de BIM management et de ce qui est attendu de lui par le maître d'ouvrage.</p>

## 5.4. Propriété intellectuelle et biens immatériels

<b>Droits de la propriété intellectuelle (PI) et biens immatériels</b>	Ce sujet est révélateur des aspects en général non traités (ou faiblement) dans la pratique traditionnelle des contrats de construction. Seul l'architecte se voit reconnaître des droits explicites sur l'ouvrage construit et les documents ou maquettes produits à cet effet. Les questions de PI ont été abordées sous trois de leurs aspects : le droit d'auteur, le brevet d'invention et le droit des bases de données.
--	--

**À qui appartient la maquette numérique**

Le numérique induit des évolutions au niveau de la propriété intellectuelle parce qu'il rend possible la réunion de données hétérogènes, créées par des contributeurs différents, sur un support unique. Cette capacité intégrative du numérique permet de créer un objet nouveau, la maquette numérique, susceptible de recevoir plusieurs qualifications juridiques et de faire l'objet de différents modes de protection. Qui est l'auteur ? Pour répondre à cette question, il a fallu tenter de déterminer dans quel type d'œuvre elle se situait : œuvre composite, collective, ou de collaboration ? À chacun de ces types correspond un régime juridique propre.

La gestion contractuelle des droits d'auteur est donc nécessaire pour une exploitation licite des plans par l'entreprise de construction. En conséquence, le maître d'ouvrage n'est pas fondé à se prévaloir de l'acquisition de la propriété des supports matériels (plans, maquettes, ouvrage bâti, équipements, etc.) pour s'opposer à l'exercice des droits de l'auteur sur son œuvre.

On peut cependant souligner que beaucoup de ces questions se posent, ou devraient se poser, dans un processus traditionnel reposant sur l'échange de plans et documents.

**Le BIM, une invention ?**

Les droits européens et français ne protègent ni les œuvres de l'esprit, ni les logiciels, ni les bases de données par le biais d'un brevet d'invention.

**Le BIM base de données ?**

Oui, avec certitude. Pour répondre aux enjeux économiques représentés par la collecte, la numérisation et l'exploitation des données, le législateur européen a créé un droit indépendant pour protéger l'investissement du producteur d'une base de données : de manière générale, le producteur peut contrôler les conditions d'utilisation de la base de données qu'il a créée ou mise en œuvre.

Le maître d'ouvrage doit, dès les premiers temps du projet, préciser les usages des données et de la base de données, et mettre en place ou faire mettre en place les licences correspondantes.

## 6. OBSERVATOIRE MINND

### 6.1. Description de l'avancée du BIM, indicateurs, évolution des compétences

<b>Observatoire MINnD</b>	<p>L'observatoire de l'évolution des pratiques et des connaissances autour de la maquette numérique a pour objectif d'étudier les méthodes et les outils permettant d'évaluer les démarches d'adoption du BIM, de mesurer ce qui a été fait et d'évaluer le chemin restant à parcourir, aussi bien intra-entreprise que dans la filière.</p> <p>Le groupe de travail observatoire a dans un premier temps (2014-2016) étudié les contours et les missions d'une structure « observatoire » pour la profession (livrable tranche 1), en procédant à un benchmark de différentes formes de structures d'observation et d'études. Lors de la seconde période (2016-2018), l'observatoire a produit trois livrables décrits ci-après.</p>
<b>Description globale de l'avancée du BIM</b>	<p>Une « cartographie » ou description globale de l'avancée du BIM, des outils et des méthodes, en fonction du type d'ouvrage ou de bâtiment, est proposée. Cet état des lieux est une première ébauche qui propose « un état des techniques, des méthodes et des pratiques » très concrets, ouvrage par ouvrage.</p>
<b>État de l'art des indicateurs</b>	<p>L'observatoire MINnD propose un état de l'art des indicateurs, outils d'évaluation et d'aide à la décision permettant d'évaluer la démarche et la performance d'utilisation, de piloter et d'améliorer la mise en œuvre. Les recommandations de réglementations existantes, les résultats de travaux préparatoires de normalisation et les travaux de recherche académique sont utilisés.</p>
<b>Publicly Available Specification</b>	<p>Le PAS 1192 (<i>Publicly Available Specification</i>) définit le niveau de maturité de niveau 2 pour le BIM pour les appels d'offres publics britanniques. Quatre niveaux de maturité sont identifiés. Cet indicateur est assez sommaire et se focalise sur la technologie et son utilisation, et pas sur la modélisation.</p>
<b>BIM Maturity wedge</b>	<p>Le Technical Committees 442 du comité européen de normalisation, en charge du BIM, définit la progression des niveaux de Maturité BIM (<i>BIM Maturity wedge</i>). Dans le schéma en forme de coin, produit par SYHUSBYGG (organisme norvégien), on retrouve l'axe horizontal du PAS et les Niveaux de maturité : s'y ajoutent quatre indicateurs et une évaluation possibles pour chacun d'eux, ce qui permet d'avoir des niveaux de maturité différents selon les indicateurs.</p>
<b>Contributions académiques</b>	<p>Enfin, sans aller jusqu'à un état de l'art, des contributions académiques ont été étudiées, notamment les apports majeurs du courant de recherche autour de Bilal Succar (Succar 2010 ; Succar et al, 2012).</p>

### Évolution des compétences

Un troisième livrable de l'observatoire pose la question de l'évolution des compétences dans les cas de rupture technologique, problème central dans l'adoption d'une démarche BIM, aussi bien pour chaque entreprise que pour toute la filière. Ce livrable est un préalable à une recherche approfondie avec des experts universitaires. Il propose plusieurs constats menant à la réflexion collective :

- La rupture technologique exige des compétences nouvelles et ceci de façon urgente à partir du moment où le besoin est identifié.
- Ces compétences nouvelles n'existent nulle part (en tout cas en quantité suffisante), il faut donc les inventer.
- Les opérationnels, dans les entreprises, sont sur le front de la création de ces compétences nouvelles, ils sont très sollicités, y compris comme interlocuteurs pour les éditeurs de logiciels ou les formateurs.
- Les formateurs sont eux-mêmes assez démunis et ne peuvent pas être co-générateurs de ces compétences nouvelles, sauf s'ils sont engagés dans des projets de recherche.
- Les opérationnels ont donc un rôle central dans la traduction d'une rupture technologique dans leur filière, il faut partir de leur expertise pour traiter des compétences.

## 6.2. Séminaires MINnD campus

### Séminaires MINnD campus

Des séminaires « MINnD campus » sur des thèmes en lien le BIM ont été organisés tout au long du projet, en élargissant le propos pour contribuer à une culture large sur les thèmes du numérique et sur les questions, pas forcément strictement numériques, qu'il pose. Ils ont bénéficié des apports d'universitaires, et de spécialistes de domaines industriels variés ou d'autres secteurs. Ils ont été des lieux de réflexion, d'interaction et d'échanges à partir de conférences d'experts :

- Soit sur un thème précis du BIM.
- Soit sur un sujet plus large nourri de travaux universitaires.
- Soit sur un sujet connexe de manière à se confronter à un retour d'expérience d'un secteur d'activité autre que celui de la construction.

Ces séminaires, ouverts à toute la communauté du BIM (donc y compris hors MINnD), ont été générateurs d'idées et ont permis d'alimenter la réflexion au sein du projet.

### 21 séminaires

Pendant 4 ans, 21 séances de séminaire ont eu lieu, réunissant à chaque fois entre 25 et 40 personnes pour un débat d'une heure suivant une heure de conférence introductive. Parmi les sujets traités, citons :

N°	Intitulé du séminaire	Conférenciers
1	Systèmes d'information et conception	Lionel Roucoules (ENSAM) et Christophe Castaing (Egis)
2	Droit et maquette numérique	Danièle Boursier (CERSA) et Christophe Merienne (Egis)
4	La conception collaborative	Flore Barcellini (CNAM)
5	Construire des ontologies : l'exemple de la médecine et les bons principes qui en découlent	Jean Charlet (AP-HP et INSERM)
8	BoostAeroSpace/hub aéronautique européen BoostAeroSpace	Pierre Faure (AFNET)
9	Préservation numérique et transmission des connaissances dans le temps : enjeux et approches	Bruno Bachimont (INA, UTC Compiègne)
10	La question des niveaux pour la modélisation : entre détail, développement et abstraction	Charles-Edouard TOLMER (EGIS)

N°	Intitulé du séminaire	Conférenciers
15	Le design thinking, fondamentaux de la méthode et expérience d'un industriel : Thalès	Didier Boulet, Design Center Director Thales Université

Un descriptif de chaque séminaire est disponible sur le site internet du projet : <https://www.minnd.fr/seminaires/>.

## 7. TRANSFERT ET VALORISATION

### 7.1. EduBIM

<b>Enseignement du BIM</b>	L'introduction du BIM dans l'enseignement modifie l'enseignement des différentes disciplines du génie civil, du génie urbain et de l'architecture. Ces nouveaux processus nécessitent un apprentissage des étudiants qui incorpore l'usage des nouvelles technologies même si les principes fondamentaux de la physique et de la construction ne sont pas modifiés. MINnD a donc pris l'initiative de lancer les rencontres d'enseignants EduBIM et continue à y contribuer. Cette communauté de recherche, pour réussir, doit être organisée sur des critères académiques et, de ce fait, a maintenant pris son indépendance vis-à-vis de MINnD.																		
<b>Lieu de rencontre et d'échanges</b>	<p>Le réseau EduBIM est un lieu de rencontres et d'échanges dédié à l'enseignement de la maquette numérique et du BIM, entre différents acteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les enseignants du secteur de la construction : dans les écoles d'ingénieurs, d'architectes, les universités ou le secondaire.</li> <li>• Les professionnels : entreprises de travaux, sociétés d'ingénierie, maîtres d'ouvrages, industriels, éditeurs de logiciels BIM.</li> </ul> <p>Quatre rencontres EduBIM ont été organisées. L'édition 2019 est programmée les 15 et 16 mai 2019 à ENS Cachan.</p> <table border="1" data-bbox="523 987 1350 1229"> <thead> <tr> <th>Édition EduBIM</th> <th>Date</th> <th>Lieu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EduBIM 2015</td> <td>16 et 17 juin 2015</td> <td>ESITC Caen</td> </tr> <tr> <td>EduBIM 2016</td> <td>16 et 17 juin 2016</td> <td>ESTP Cachan</td> </tr> <tr> <td>EduBIM 2017</td> <td>5 au 7 juillet 2017</td> <td>CESI Nanterre</td> </tr> <tr> <td>EduBIM 2018</td> <td>15 et 16 mai 2018</td> <td>Polytech Université Clermont-Ferrand</td> </tr> <tr> <td>EduBIM 2019</td> <td>15 et 16 mai 2019</td> <td>ENS Cachan, Univ Paris-Saclay</td> </tr> </tbody> </table> <p>Les comptes-rendus et supports de présentations sont disponibles sur le site internet du projet : <a href="https://www.minnd.fr/edubim/">https://www.minnd.fr/edubim/</a></p>	Édition EduBIM	Date	Lieu	EduBIM 2015	16 et 17 juin 2015	ESITC Caen	EduBIM 2016	16 et 17 juin 2016	ESTP Cachan	EduBIM 2017	5 au 7 juillet 2017	CESI Nanterre	EduBIM 2018	15 et 16 mai 2018	Polytech Université Clermont-Ferrand	EduBIM 2019	15 et 16 mai 2019	ENS Cachan, Univ Paris-Saclay
Édition EduBIM	Date	Lieu																	
EduBIM 2015	16 et 17 juin 2015	ESITC Caen																	
EduBIM 2016	16 et 17 juin 2016	ESTP Cachan																	
EduBIM 2017	5 au 7 juillet 2017	CESI Nanterre																	
EduBIM 2018	15 et 16 mai 2018	Polytech Université Clermont-Ferrand																	
EduBIM 2019	15 et 16 mai 2019	ENS Cachan, Univ Paris-Saclay																	
<b>Workshop de recherche</b>	EduBIM a montré sa capacité d'organisation et continue à être la référence en matière de rencontres des enseignants du BIM et a été capable de lancer après 2 ans d'existence, un workshop de recherche avec sélection des papiers par les pairs, auquel les partenaires industriels de MINnD ont largement contribué en proposant des articles. Ces Workshops ont donné lieu à la publication de deux ouvrages :																		



### 7.2. Actions de valorisation

<b>Démarche</b>	Dans le cadre du projet MINnD, nous réalisons une démarche de valorisation du travail effectué.
<b>Détail des actions</b>	<p>Le travail de valorisation a consisté en :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'organisation de séminaires « MINnD campus » ouverts à toute la communauté concernée et intéressée par le BIM.</li> <li>• L'organisation d'assemblées générales annuelles ouvertes.</li> <li>• La présentation du programme ou de ses avancées dans des conférences nationales et internationales.</li> <li>• La présentation des avancées du projet dans des revues spécialisées. À titre d'exemple, citons la revue « Travaux » (revue technique des entreprises de travaux publics) n° 917 (spécial BIM) et n° 934 (spécial BIM 2).</li> <li>• La construction et la maintenance d'un site internet (<a href="http://www.minnd.fr">www.minnd.fr</a>) contenant en particulier un volet actualités.</li> <li>• La mise à disposition des livrables MINnD, voir : § 0.</li> <li>• La valorisation académique à travers les deux ouvrages chez Eyrolles précité et à travers un numéro spécial de la revue internationale IJ3DIM (groupe IGI).</li> </ul>



« Travaux » : revue technique des entreprises de travaux publics

### 7.3. Livrables

<b>Livrables MINnD</b>	Très tôt dans le projet, les partenaires ont pris la décision d'ouvrir gratuitement et librement l'accès à leurs résultats, pour favoriser l'engagement du plus grand nombre dans le processus d'adoption du BIM et contribuer à une dynamique homogène de filière.
<b>Livrables consultables sur notre site web</b>	Les livrables du projet sont disponibles sur notre site web <a href="http://www.minnd.fr/publications/livrables">www.minnd.fr/publications/livrables</a> .



## 8. BILAN ET PERSPECTIVES

### Bilan

#### Un projet reconnu

Après 4 années de recherche, le projet national MINnD est reconnu comme un projet structurant, garant d'une vision public/privé partagée, à la fois aux niveaux national et international. Cette reconnaissance s'appuie non seulement sur la qualité de ses productions, mais également sur ses relations étroites avec buildingSMART, avec l'OGC (*Open Géospatial Consortium*) et le CNIG (Conseil National de l'Information Géographique), avec les organismes de certification (ISO/CEN/AFNOR), avec les universités et les écoles d'ingénieurs, mais aussi avec d'autres initiatives de grande actualité comme BoostConstruction initiée par les résultats de l'AFNET dans les secteurs de l'aéronautique ou de l'automobile.

#### Des objectifs atteints

MINnD a répondu à la plupart de ses objectifs initiaux et a levé les verrous associés. En particulier, l'objectif de faire monter en compétence l'ensemble du secteur de la construction français en termes de BIM a été largement atteint. Le nombre des partenaires adhérents et participant activement aux groupes de travail, et la poursuite des adhésions tout au long du projet, sont représentatifs du dynamisme engendré par cet élan.

#### Des ajustements nécessaires

Le programme de recherche initial, très ambitieux, a dû être ajusté pour répondre à l'évolution des enjeux et focaliser ses ressources sur les sujets stratégiques. Certaines actions ont été remplacées par de nouvelles.

### Perspectives

#### Les sujets stratégiques restants à traiter

Les réflexions menées en 2018 dans un groupe de travail dédié ont permis d'identifier des sujets stratégiques qui n'ont pas encore été traités dans le cadre du PN MINnD – ou partiellement – et qui semblent nécessaires au développement du BIM pour les infrastructures.

Citons à titre d'exemple :

- La modélisation de l'existant.
- Les modalités de réception en BIM.
- La gestion du patrimoine et des actifs.
- La gestion des incertitudes et des tolérances.
- La poursuite du développement des IFC infra.

#### Le contexte international

Les travaux liés à l'interopérabilité et à la normalisation des informations sont par essence collaboratifs et internationaux. Le projet national MINnD, à travers la qualité des livrables qu'il produit, a montré qu'il offre un cadre de recherche collaborative pertinent pour progresser sur ces sujets. Il est reconnu comme un contributeur important dans les instances internationales. Cette reconnaissance, et la poursuite de ces travaux exigent de conserver une certaine stabilité et de s'adapter à un calendrier international.

#### Ne pas rompre la dynamique

Le nombre de partenaires de MINnD n'a cessé d'augmenter depuis le démarrage du projet, le sujet « openBIM collaboratif » étant devenu un enjeu majeur. Le panel des partenaires est actuellement très représentatif de toutes les sensibilités du métier.

#### Le montage du projet MINnD saison 2



Dans ce contexte, bien que la communauté doive se préparer à un « après MINnD » (un projet de recherche n'a pas vocation à devenir une structure pérenne), l'extension du projet au-delà de 2018 s'avère pertinente. MINnD a donc créé un groupe de travail pour bâtir un programme de recherche 2019-2021 complémentaire qui est soumis :

- À une évaluation par le comité d'orientation du réseau RAGC (Recherche appliquée en génie civil). À l'avis de l'assemblée générale de MINnD.
- Sous réserve d'une validation collective et consensuelle, le projet MINnD Saison 2 pourrait démarrer début 2019.