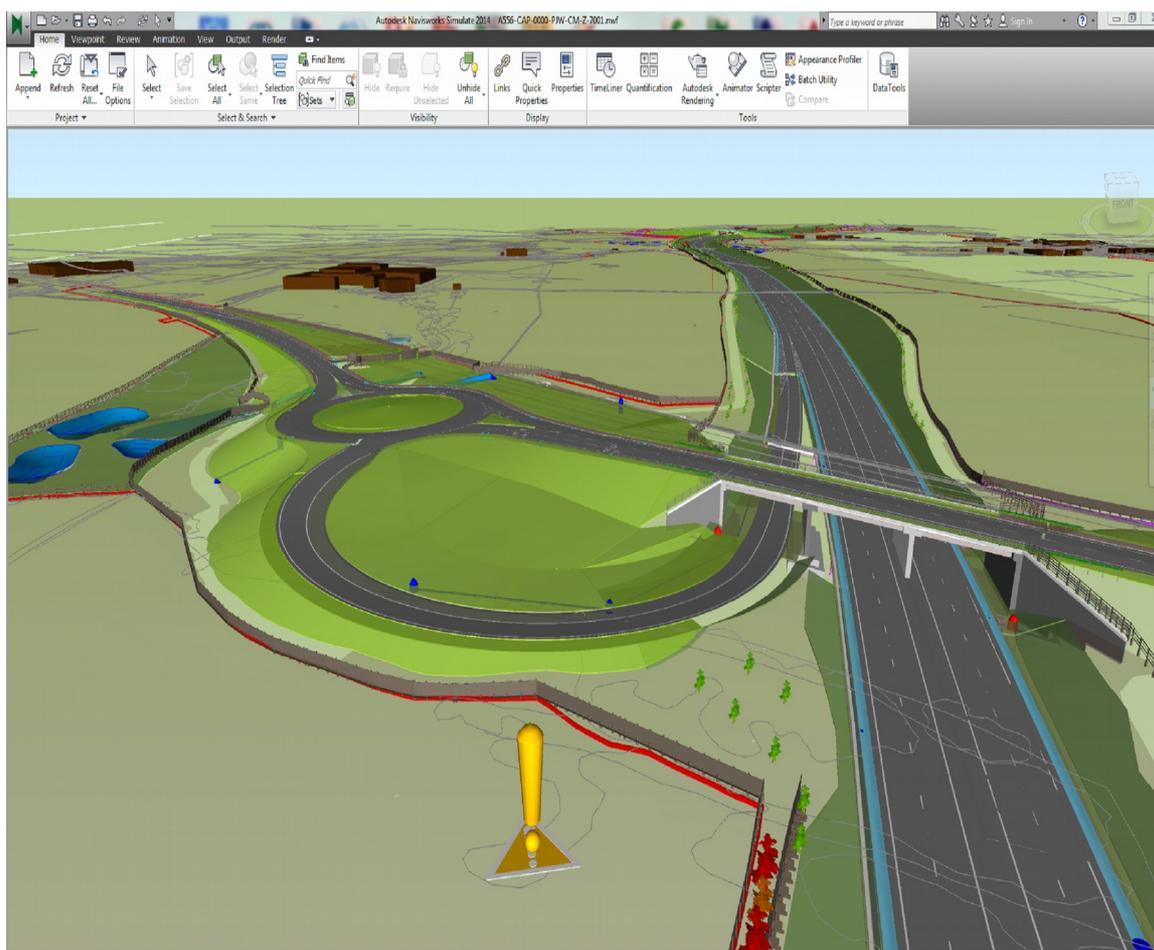


Rapport

Le BIM pour les infrastructures

Etat des lieux et problématique

septembre 2017



Le BIM pour les infrastructures

Etat des lieux et problématique

Historique des versions du document

| Version | Date | Commentaire |
|---------|----------|----------------------|
| v0 | Oct 2017 | Version initiale |
| v1 | Jan 2017 | Ajout d'une question |

Affaire suivie par

| |
|--|
| Julien JOOS/Jean-Charles LAON - DCAP – Unité DCAP/ACI |
| Tél. : Postes 5343 et 5370 / Fax : +33 (0)4 74 27 52 52 |
| Courriel : - julien.joos@cerema.fr, jean-charles.laon@cerema.fr |
| Avec la participation de : |
| Cerema Centre-Est 46, rue Saint-Théobald - BP 128 - 38081 L'ISLE D'ABEAU CEDEX |

Références

N° d'affaire : C16IS0403

Maître d'ouvrage : Matthieu HOLLAND

Devis n° N° devis Sigma

| Rapport | Nom | Date | Visa |
|--------------|-------------------------------|------|------|
| Établi par | Julien JOOS/Jean-Charles LAON | | |
| Contrôlé par | | | |
| Validé par | | | |

Résumé de l'étude :

Note exploratoire faisant l'état des lieux des pratiques BIM pour les infrastructures en France et à l'international, en définissant les principes généraux et les avantages/inconvénients principaux.

Sommaire

| | |
|--|-----------|
| A. Page intercalaire..... | 5 |
| Introduction – Cadrage de la note..... | 6 |
| 1 -Qu'est-ce que le BIM ?..... | 6 |
| 1.1 -Généralités..... | 6 |
| 1.2 -Historique..... | 6 |
| 1.3 -Les niveaux de BIM..... | 7 |
| 1.4 -Intérêts du BIM en général..... | 7 |
| 2 -Le BIM adapté aux infrastructures..... | 8 |
| 2.1 -Les enjeux pour l'État..... | 8 |
| 2.1.1 -L'exemple du Royaume-Uni..... | 8 |
| 2.1.2 -L'exemple de la Norvège..... | 10 |
| 2.2 -Comment le mettre en œuvre ?..... | 11 |
| 2.2.1 -Organisation humaine..... | 12 |
| 2.2.2 -Besoins techniques..... | 12 |
| 2.2.3 -Démarches française pour structurer le BIM Infra..... | 13 |
| 2.2.4 -BIM Infra : Exemples de mise en place en Europe..... | 13 |
| 2.3 -Exemples de projets français appliquant le BIM..... | 18 |
| 3 -Conclusions..... | 20 |
| Références..... | 21 |

Introduction – Cadrage de la note

Cette note exploratoire a pour objet de faire l'état des lieux des pratiques BIM pour les infrastructures en France et à l'international, en en définissant les principes généraux et les avantages/inconvénients principaux. Elle a été réalisée « en chambre », sans interview interne ou externe et nécessitera probablement un élargissement vers d'autres interlocuteurs. Elle s'appuie sur une recherche bibliographique non exhaustive de documents disponibles sur internet.

1 - Qu'est-ce que le BIM ?

Le BIM vient de l'anglais « Building Information Modeling » et signifie « Modélisation des Informations du Bâtiment ». Celui-ci s'applique au départ à la construction de bâtiments mais peut s'étendre à d'autres projets d'infrastructures.

1.1 - Généralités

Le BIM est l'alliance de méthodes de travail plus collaboratives et d'une maquette numérique 3D se composant d'une multitude d'objets 3D (en bâtiment ces objets sont par exemple un mur, une fenêtre, une conduite, etc.) complétés par leurs données propres de conception (dimensions, matériaux, et toute autre information utile). Il s'appuie sur un partage de données rapide et simultané entre tous les acteurs d'un projet, ainsi que leur contrôle et leur capitalisation tout au long du cycle de vie d'un bâtiment ou d'une infrastructure, incluant entre autres leurs phases de conception, de construction et d'exploitation. Il nécessite une organisation du travail adaptée et des outils informatiques compatibles avec cette démarche (logiciels de conception, matériel adapté, formats d'échange de données particuliers, etc.).

1.2 - Historique

Historiquement le BIM est un concept développé pour la conception du bâtiment. Les premières réflexions à son propos apparaissent dans les années 1960 et il est défini en tant que conception architecturale basée sur la manipulation d'un modèle informatique réunissant représentations géométriques et bases de données relatives au projet. Dans les années 70 un premier logiciel de conception par bases de données est créé (BDS, pour Database Building System) et permet une conception de bâtiment à partir d'éléments individuels à ajouter tout en permettant la visualisation du projet et d'un ensemble de données sur ces éléments. En 1982, ArchiCAD est créé en Hongrie selon le même principe général et sera le premier logiciel BIM utilisable sur ordinateur personnel. C'est l'ancêtre de Revit utilisé actuellement en bâtiment. En 1995, une réflexion est engagée aux États-Unis pour faciliter les échanges de données entre les acteurs du projet et le format IFC est créé par l'organisation aujourd'hui nommée BuildingSmart International et devient la norme standard pour l'échange de données dans le domaine du bâtiment. En 2000, Revit est créé et la gestion du temps et des ressources apparaît dans le BIM, permettant la gestion des phases de construction. Depuis les années 2000, le BIM a continué à se développer et est utilisé dans la conception d'un nombre croissant de bâtiments, les outils informatiques permettant d'intégrer tous les éléments nécessaires à cette méthode de travail collaboratif. Il en est néanmoins seulement à ses débuts dans le domaine des infrastructures, de nombreux outils et méthodes restent à développer (logiciels compatibles, format IFC adapté aux spécificités des infrastructures, méthodes de travail à définir et/ou à améliorer, etc...).

1.3 - Les niveaux de BIM

Le BIM s'articule autour de plusieurs niveaux d'organisation allant de 0 à 3 selon son utilisation lors du projet, allant d'utilisations très ponctuelles à l'intégration totale de l'ensemble des éléments et phases du projet au processus :

- **Niveau 0** : Conception en 2D sans gestion collective ni structuration des données imposée.
- **Niveau 1** : « BIM en isolation », il s'agit d'un mélange 2D et 3D avec des données structurées selon certaines normes (numérotation de plans, géolocalisation, présentation, etc.). Chaque acteur travaille sur ses propres parties du projet séparément.
- **Niveau 2** : Chaque acteur crée sa maquette 3D, dans un format compatible BIM tel qu'IFC, et celles-ci sont regroupées en une maquette générale. Une organisation du travail collaborative devient obligatoire tout comme une structuration normalisée des données.
- **Niveau 3** : Un modèle unique accessible à tous les acteurs durant toute la vie du projet ou de l'infrastructure est créé, permettant des évolutions permanentes et facilitant jusqu'à l'exploitation et la démolition. Ce niveau demande encore des développements même dans le domaine du bâtiment.

A ces niveaux d'organisation s'ajoutent des dimensions de BIM qui dépendent des thématiques traitées :

- **3D** BIM classique concentré autour d'un modèle objet 3D.
- **4D** Ajout de la notion de temps et de planification (travaux, logistique, facturation...)
- **5D** Ajout de la notion de coût (estimation actualisée en temps réel, simulations de coût selon les variantes choisies...)
- **6D** Ajout des notions de développement durable et environnement (analyses des émissions carbone...)
- **7D** Ajout de l'exploitation du projet (capitalisation et partage de données du projet pour la maintenance et l'exploitation)

Parfois on parle même de **8D** pour prendre en compte les notions de sécurité liées au projet. Un nombre presque infini de dimensions peut être ajouté au modèle de construction.



Illustration 1: Synchro Software

1.4 - Intérêts du BIM en général

L'adoption de processus BIM doit apporter, au prix d'importantes évolutions des méthodes de travail et matérielles détaillées dans les parties suivantes, de nombreux avantages :

- La capacité de contrôle manuel et automatique accrue et la détection automatique des conflits plus tôt dans le projet lors de l'intégration des différents éléments de maquette, et la possibilité de modifications plus rapides.
- Les coûts peuvent être mieux gérés et les écarts entre celui envisagé initialement et le coût final sont limités. Cela est rendu possible par la détection et une correction plus précoce des erreurs et des points de conflits entre portions du projet et la possibilité d'anticiper le déroulement des phases de construction. Le coût peut être calculé et adapté en temps réel selon le type de BIM choisi.
- Les délais annoncés sont plus précis grâce à un calendrier de travaux et une logistique optimisés (fixation possible de l'évolution de la construction au fil du temps et des matériaux nécessaires à chaque phase de projet pour optimiser la logistique).
- Les échanges accrus et permanents entre les différents acteurs du projet aux différentes étapes de celui-ci.
- La disponibilité permanente d'un modèle 3D pour les besoins de communication.
- La possibilité de réaliser certaines études de performances énergétiques et environnementales plus tôt dans les phases de conception.
- Une meilleure homogénéité et cohérence des livrables graphiques (par exemple la génération de plans 2D peut se faire à partir de la maquette 3D sans incohérences entre eux et avec charte identique).
- La capitalisation et l'enrichissement des données à chaque étape permettant de disposer de celles-ci à tout moment pour tous les acteurs concernés et de limiter les doublons lors des études. Ces données peuvent ensuite être remises au propriétaire pour faciliter l'entretien/exploitation.

2 - Le BIM adapté aux infrastructures

Dans le domaine des infrastructures, le BIM est encore très peu utilisé et reste à organiser, les méthodes de travail étant différentes et les éléments de conception moins adaptés à un traitement sous forme d'objets liés à des données (par exemple un axe en plan ou un profil en travers ne sont pas reconnus en tant qu'objets échangeables au format IFC, ceux-ci étant conçus comme surfaces et non comme objets 3D à part entière additionnables les uns aux autres).

2.1 - Les enjeux pour l'État

Aujourd'hui, la réglementation spécifique au BIM reste très limitée en France. Elle découle uniquement de l'article 22 de la directive européenne du 26 février 2014 relative aux marchés publics autorisant l'exigence de l'utilisation "*d'outils électroniques particuliers tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment*" dans les marchés publics de travaux. Il est possible d'exiger "*l'utilisation d'outils et de dispositifs qui ne sont pas communément disponibles, à condition d'offrir d'autres moyens d'accès*". Cette directive a été transposée en droit français par l'ordonnance du 23 juillet 2015 mais rien n'impose de marche à suivre particulière. L'ensemble des acteurs concernés est donc en recherche de normes et de guides afin de cadrer et uniformiser davantage ce processus dont les contours restent très variables.

Un premier enjeu pour l'État est donc de définir une politique claire et partagée concernant la mise en application de cette directive, auquel s'ajoutent les suivants :

- La limitation des dérives de coûts entre premières et dernières phases de projet et l'anticipation possible des coûts d'exploitation et entretien.
- Le BIM permet une meilleure capitalisation des données et des gains de temps en évitant de doubler les études, tout en facilitant échanges de données internes et communication externe.
- La disponibilité en permanence de plans des infrastructures réalisées utiles à l'entretien et aux travaux ultérieurs et modifiables tout au long de leur « vie ».
- La qualité des projets pourrait être améliorée, grâce à des contrôles permanents et des corrections possibles à tout moment. L'harmonisation des rendus, incluant leur format et leur présentation entre autres, contribuerait à ce gain.
- Le secteur privé s'en est déjà emparé et commence à l'appliquer à certaines de ses réalisations d'infrastructures (cf les exemples qui suivent), et cela même si l'ensemble du processus n'est pas encore totalement abouti et adapté à celles-ci. Ne pas acquérir la capacité à mettre en œuvre des processus BIM ou à s'y intégrer en temps qu'acteur parmi d'autres à n'importe quelle phase du projet pourrait à terme nous exclure de ces affaires amenées à être de plus en plus nombreuses.

Les enjeux décrits ci-dessus vont bien au-delà d'un simple fonctionnement en équipe projet.

Au niveau des services de l'État, tous les métiers impliqués dans les projets d'infrastructures sont concernés par tout ou partie des méthodes BIM : les concepteurs, la maîtrise d'ouvrage,

la maîtrise d'œuvre, les exploitants, les gestionnaires, les contrôleurs ou auditeurs ainsi que les différentes spécialités techniques participantes (ouvrages d'art, assainissement, terrassement, etc.). Des évolutions peuvent donc aussi s'avérer nécessaires dans les

pratiques de ces métiers dans le cadre de la mise en place complète du BIM.

À l'heure actuelle, l'État est déjà dans une démarche BIM de niveau 1 dans le domaine des infrastructures, les outils utilisés permettant déjà de répondre aux critères exigés.

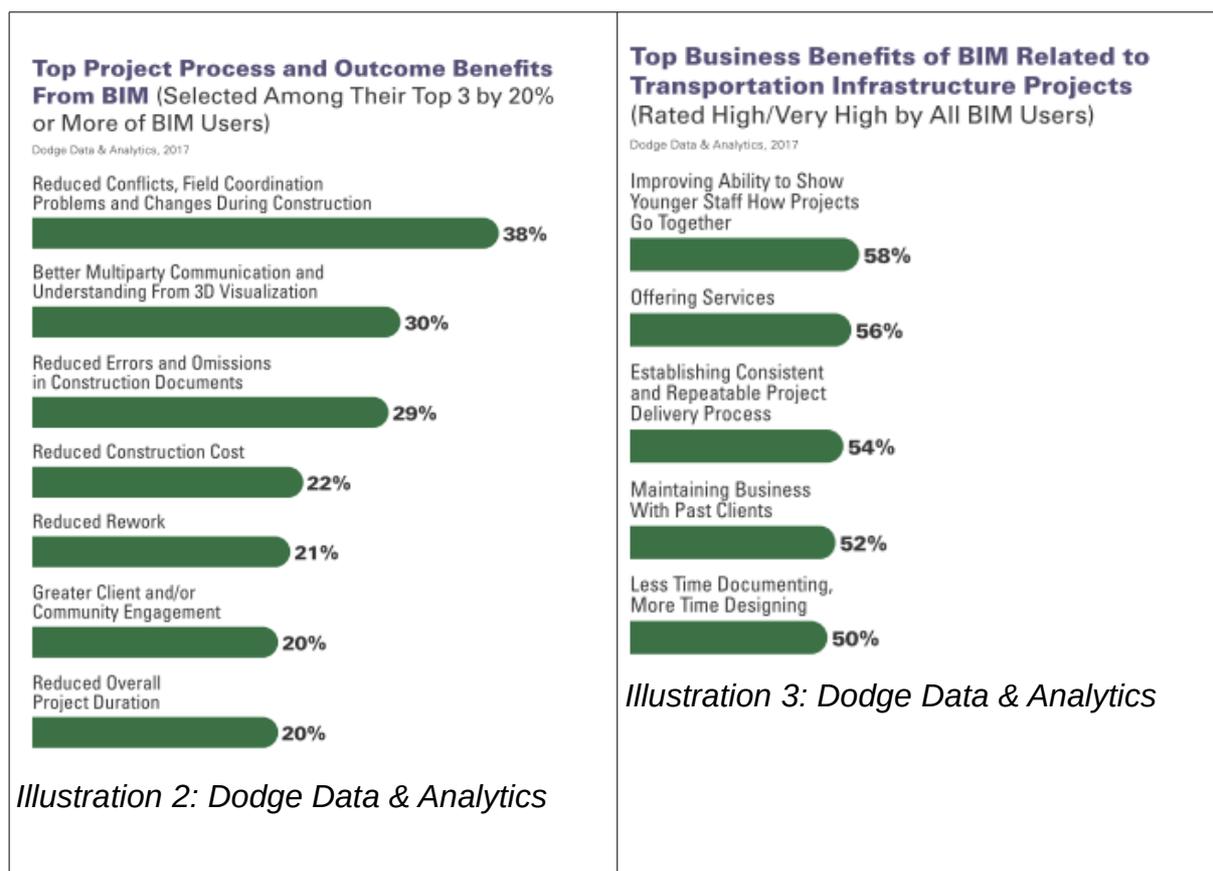
2.1.1 - L'exemple du Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, par exemple, l'État s'est engagé volontairement dans une démarche BIM pour les projets en publiant plusieurs directives :

- en mai 2011, le gouvernement britannique a décidé, par la directive « *Government Construction Strategy* » (GCS2011) que tous les projets de bâtiments et d'infrastructures devront être établis en respectant le BIM de niveau 2.
- au printemps 2016 la démarche BIM a été étendue à tous les types de projets, avec pour objectif la réduction des coûts sur l'ensemble des projets d'investissements de 20 %.

Le bureau Dodge Data & Analytics a réalisé une étude d'évaluation des projets d'infrastructure BIM aux USA et auprès de quelques pays de l'UE (France, Allemagne, Royaume-Uni). L'étude est basée sur une enquête d'opinion adressée à l'ensemble des différents intervenants internes aux projets (ingénieurs, techniciens etc). Le questionnaire a également été diffusé plus largement afin de recueillir les avis d'opérateurs extérieurs.

Les illustrations suivantes sont extraites du rapport d'exploitation de l'enquête :



Project Stage at Which BIM Provides the Greatest Value (According to Engineers and Contractors)

| | US | UK | France | Germany |
|--|-----|-----|--------|---------|
| Before Design Begins | | | | |
| Preplanning (US)/Brief (UK, France, Germany) | 7% | 0% | 4% | 2% |
| Pre-design (US)/Concept (UK, France, Germany) | 15% | 22% | 10% | 19% |
| During Design | | | | |
| Design Development (US)/Developed Design (UK, France, Germany) | 36% | 49% | 49% | 44% |
| Construction Documentation (US Only) | 11% | | | |
| Bidding/Construction/Installation | | | | |
| Bid Letting (US) | 1% | | | |
| Production (UK, France, Germany) | | 13% | 20% | 22% |
| Construction (US)/Installation (UK, France, Germany) | 28% | 7% | 3% | 13% |
| Post-Construction | | | | |
| Project Closeout (US)/As Constructed (UK, France, Germany) | 0% | 7% | 12% | 0% |
| Maintenance (US)/Use (UK, France, Germany) | 0% | 2% | 1% | 0% |

Illustration 4: Dodge Data & Analytics

2.1.2 - L'exemple de la Norvège

Vianova, un bureau d'étude norvégien qui est impliqué dans la mise en œuvre des projets BIM, a réalisé une étude d'évaluation de 6 projets routiers et ferroviaires réalisés en Norvège sur la période 2009-2014 afin d'apprécier les effets du BIM. En effet, certains de ces projets respectaient le *Handbook 138* (guide norvégien pour la mise en application du BIM) alors que d'autres étaient construits en 2D selon les anciennes méthodes.

On peut estimer que cette étude n'est pas très objective puisque Vianova est un partenaire local de la mise en œuvre du BIM et que le nombre de projets non BIM est peu significatif, mais elle a le mérite de donner des indications chiffrées qui permettent de dégager les enjeux principaux de passage au BIM.

Les 6 projets sont les suivants :

- Projet 1. RV 150, E03; Ring 3 Ulven-Sinsen (méthode traditionnelle)
- Projet 2. RV 150, E22; Ring 3 Ulven-Sinsen (BIM)
- Projet 3. E6 – Nordre, Trondheim (BIM)
- Projet 4. FV 456, Vågsbygdveien, Kristiansand (BIM)
- Projet 5. Dovrebanen-E6 Skaberud-Kolomoen, 4-lane E6 (méthode traditionnelle)
- Projet 6. Dovrebanen-E6 et doublement de la voie ferrée Strandlykkja et Kleverud/Labbdalen (BIM)

Vianova s'est évertué à répertorier le nombre de modifications introduites dans le projet en les classant par catégories :

1. Erreurs et omissions en matière de conception ;
2. Erreurs et omissions dans le dessin de définition du projet (excepté les problèmes de données liées au terrain, intégrés dans le point 7) ;
3. Événements imprévisibles (accidents, conditions météo, autres)
4. Erreurs et omissions lors du projet détaillé
5. Manquements dans les autorisations administratives (procédures)
6. Changements dans les solutions techniques
7. Changements importants + 15 % au-delà des estimations de la maîtrise d'ouvrage
8. Modifications volontaires de la planification du projet
9. Modifications involontaires de la planification du projet

10. Redéfinition et extension du projet initial

Le bilan de l'évaluation est repris dans les tableaux ci-après :

| Projets | BIM | Coût global initial en millions de NOK | Surcoûts en millions de NOK | Nombre de modifications |
|---------|-----|--|-----------------------------|-------------------------|
| 1 | non | 301 | 57 (+ 18,9%) | 682 |
| 2 | oui | 532 | 52 (+ 9,8%) | 491 |
| 3 | oui | Pas d'infos | Pas d'infos | Pas d'infos |
| 4 | oui | 43,7 | 1,8 (+ 4,2%) | 86 |
| 5 | non | 470 | 85 (+18,1%) | 385 |
| 6 | oui | 1800 | 149,5 (+8,3%) | 178 |

| Projets | BIM | Événements imprévisibles | Erreurs dans la conception du projet | Erreurs de modélisation / digitalisation | Autres erreurs |
|---------|-----|--------------------------|--------------------------------------|--|----------------|
| 1 | non | 52 % | 44 % | 2 % | 2 % |
| 2 | oui | - | - | 18 % | 82% |
| 3 | oui | Pas d'infos | Pas d'infos | Pas d'infos | Pas d'infos |
| 4 | oui | 33 % | 44 % | 19 % | 4 % |
| 5 | non | 5 % | 23 % | 6 % | 66 % |
| 6 | oui | 3 % | 28 % | 26 % | 43 % |

Les tableaux montrent que les projets BIM génèrent moins de modifications et des surcoûts plus faibles. Cela signifie des projets plus vite réalisés avec des coûts de construction inférieurs.

2.2 - Comment le mettre en œuvre ?

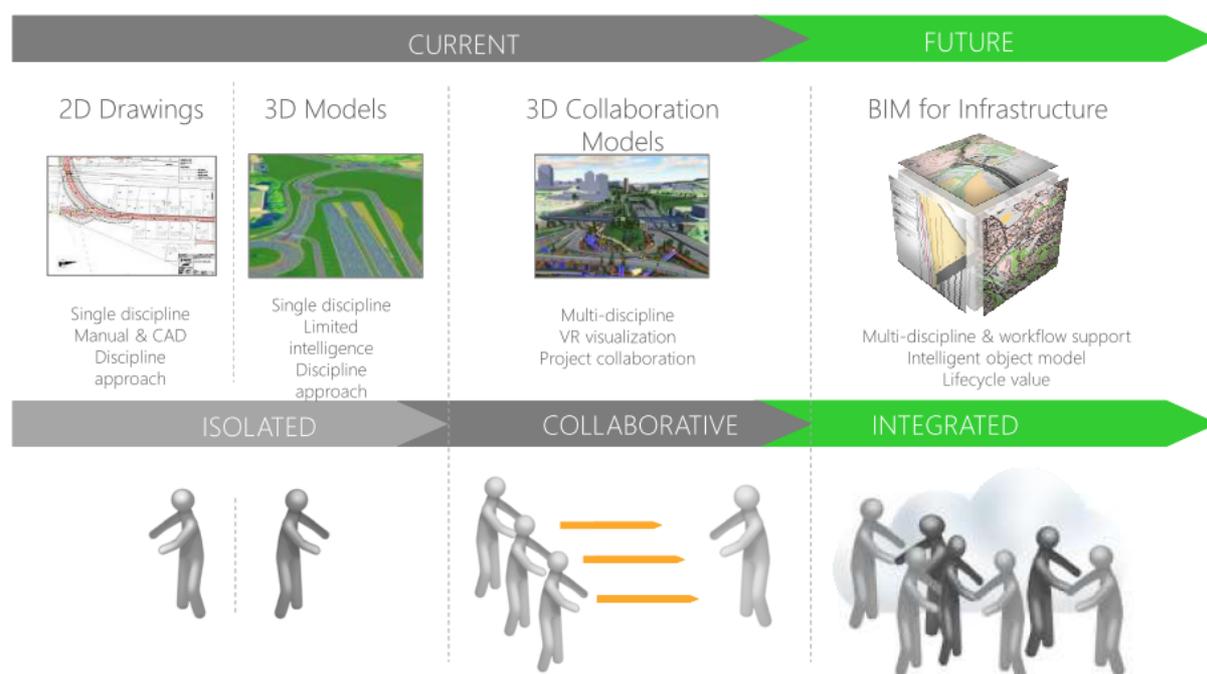


Illustration 5: Sources : Vianova System

Le schéma ci-dessus résume bien les transformations impliquées par la démarche BIM à la fois dans nos méthodes de travail (du travail isolé vers des méthodes collaboratives intégrées) et dans la qualité des rendus (du dessin 2D vers un projet 3D composite accessible à toute l'équipe projet).

Si la démarche semble bien engagée dans le privé, la question de savoir comment se positionnent les maîtrises d'ouvrage publiques qui n'ont pas forcément les mêmes outils ni les mêmes moyens, reste posée.

En effet, un vrai travail collaboratif entre la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre, les différentes sociétés privées qui interviennent dans un projet d'infrastructure demande l'utilisation d'outils logiciels communicants partagés ou directement compatibles, la possibilité d'accéder aux bases publiques lorsqu'elles existent, et des espaces de partage en ligne collaboratifs.

2.2.1 - Organisation humaine

En ce qui concerne l'organisation, il est nécessaire dans un premier temps de cadrer en détails le niveau d'application du BIM attendu et de répondre à de nombreuses questions permettant de mieux cerner les parties du projet concernées, les modalités de contrôle qualité et d'échange de données, le niveau de BIM souhaité et le rôle de chacun dans l'équipe BIM à constituer. Cette équipe s'articule autour de petites équipes thématiques constituées de producteurs BIM (assainissement, signalisation, etc.) qui produisent leur donnée dans le cadre des contraintes techniques exposées plus loin. Ces producteurs BIM ont un référent coordinateur BIM qui contrôle la qualité des productions par rapport aux besoins du processus et assure la liaison avec le BIM management qui a défini le cahier des charges de ses attentes liées au BIM. Un BIM manager sélectionné parmi les coordinateurs dirige la démarche et s'assure de l'atteinte des objectifs fixés. La répartition exacte des tâches reste néanmoins variable tout comme le niveau de BIM et doit être explicitée dans un

document. Le BIM demande donc une organisation particulière et une attribution de rôles à définir préalablement entre les acteurs du projet, mais il est également essentiel de s'assurer de la capacité des intervenants à assurer leur part du processus et donc de leur niveau de formation à cette démarche et à ses aspects techniques.

L'organisation détaillée précédemment est valable plutôt pour de grands projets mais reste néanmoins adaptable dans des versions allégées pour tous les autres projets : c'est la taille des équipes qui change mais pas la façon de travailler. Quelle que soit l'importance du projet l'utilisation de la méthode BIM apporte à priori les mêmes avantages pré-cités (partie 1.4).

2.2.2 - Besoins techniques

A cette organisation d'équipe à définir à chaque projet s'ajoute la nécessité de travailler avec des fichiers à la structuration de données normalisée fixée dès le départ identique pour tous les intervenants afin de permettre l'échange et la compilation des diverses productions dans la maquette 3D complète. Cette structuration doit s'appuyer sur un format unique et une charte graphique unique ainsi que des règles de nommage. Pour le moment le seul format d'échange normalisé adapté au BIM est l'IFC, mais il n'est pas encore totalement adapté pour les infrastructures. Les logiciels compatibles BIM de conception d'infrastructures actuels s'appuient sur un mélange d'IFC et d'autres formats limités aux échanges entre certains logiciels (IMX, landXML, etc.) permettant de découper les projets d'infrastructures en objets 3D mais occasionnant des pertes de données (axe en plan, profils en long et en travers, etc.). Il est donc nécessaire d'imposer des formats et logiciels particuliers à tous pour le bon déroulement du processus.

Un logiciel permettant de réaliser l'agrégation de toutes les maquettes thématiques dans la maquette complète est également nécessaire (par exemple NavisWorks de Autodesk). Il peut détecter les conflits entre éléments issus des diverses équipes thématiques et adresser des alertes en cas de besoin aux personnes concernées. L'ensemble des logiciels BIM demandant d'importantes ressources de puissance, il est nécessaire de disposer des machines adaptées.

Afin de mettre en place un processus BIM, il est aussi important, en l'état actuel des logiciels disponibles, de permettre l'accès à des clouds permettant les échanges et le travail collaboratif avec des intervenants de toutes origines, aussi bien publique que privée. Une réflexion devrait être menée afin de permettre cet accès ainsi que sur les questions liées à l'organisationnel et à la démarche qualité (propriété des données? Autorisations d'accès? Processus de validation, Qui gère les données? Comment sont-elles stockées et partagées? Comment sont répartis les coûts d'investissements techniques, etc.).

2.2.3 - Démarches françaises pour structurer le BIM Infra

En France, des démarches sont actuellement en cours afin de mieux définir le cadre des opérations BIM et de faire évoluer certains aspects techniques rendant plus difficile son utilisation pour les infrastructures. La principale d'entre elles est le projet national MINnD (Modélisation des INformations INteropérables pour les Infrastructures Durables), coordonné par l'IREX (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil) et soutenu par le ministère de la transition écologique, qui regroupe la plupart des acteurs publics et privés liés aux infrastructures et leur propose de participer à des recherches permettant entre autre de dégager une structuration et des standards d'échanges de données. Ce

projet s'articule autour de plusieurs éléments que sont un observatoire qui capitalise et diffuse les pratiques actuelles, un volet de réalisation de préconisations méthodologiques et d'évaluation, des expérimentations, la création de formes d'IFC adaptées au domaine des infrastructures (par exemple IFCbridge, le CEREMA étant cité parmi les partenaires), et enfin des propositions d'adaptations réglementaires. L'ensemble des informations sur ce projet est disponible en ligne sur leur site <http://www.minnd.fr/>.

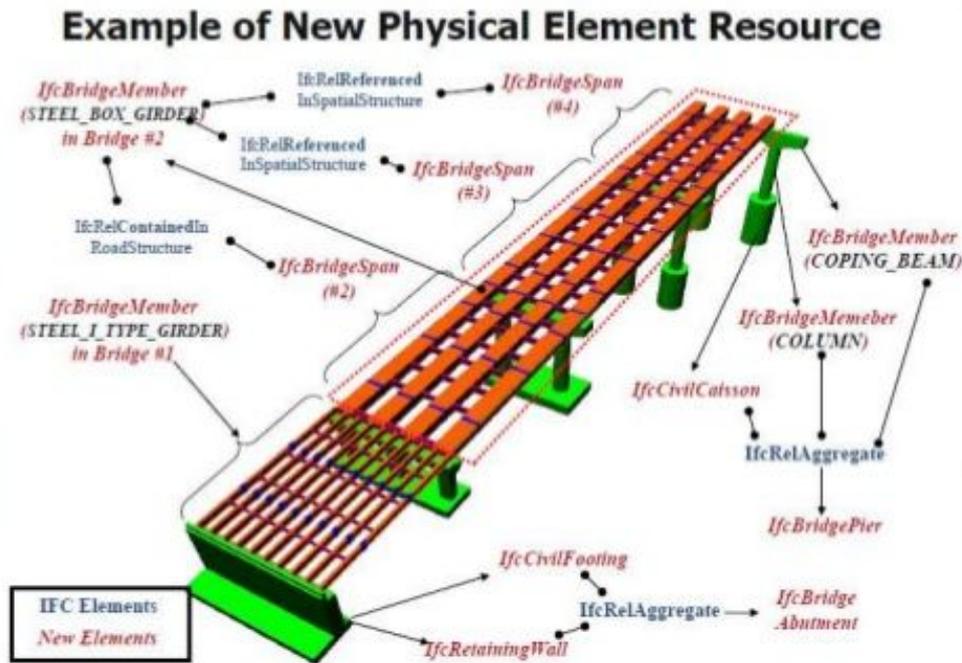


Illustration 6: Institution of civil engineers Hong Kong

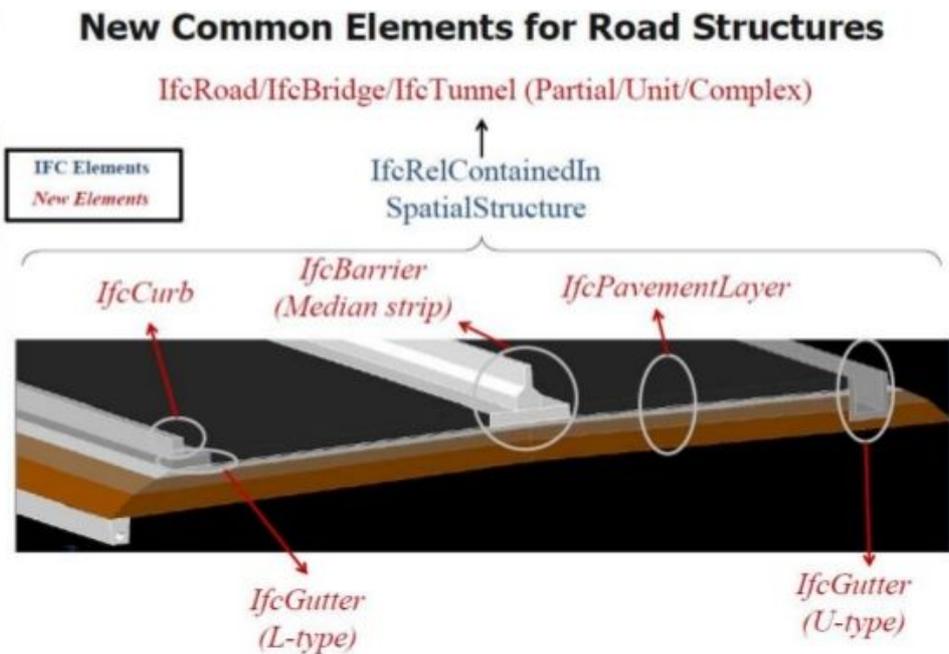


Illustration 7: Institution of civil engineering Hong Kong

Des réflexions sont aussi en cours pour créer un label d'accréditation à l'instar de ce qui se fait dans le domaine de la Qualité.

2.2.4 - BIM Infra : Exemples de mise en place en Europe

Introduction : Contexte général international

La plupart des pays qui se sont déjà impliqués dans une démarche BIM Bâtiment se sont ensuite engagés dans une extension de ce système aux infrastructures (le Royaume-Uni est passé au BIM Infrastructure 3 ans après le BIM Bâtiment), comme le montre le tableau ci-après (sources : Autodesk) :

| | Niveau d'engagement important dans le BIM | Niveau d'engagement moyen dans le BIM | Niveau d'engagement faible dans le BIM |
|-----------------------|--|---|--|
| |  |  |  |
| Bâtiment | USA, Canada, Grande-Bretagne, Australie, Nouvelle Zélande, Scandinavie | Allemagne, France, Italie, Benelux, Japon | Corée, Brésil, Chine, Qatar+ pays émergents |
| Infrastructure | USA, Canada, Grande-Bretagne, Australie, Nouvelle Zélande, Scandinavie | Allemagne, France, Italie, Benelux, Japon | Corée, Brésil, Chine, Qatar+ pays émergents |
| | Ces pays poursuivent et étendent la démarche BIM | Ces pays ont adopté la démarche BIM | Ces pays ont engagé la réflexion vers le BIM |

Si l'on se focalise sur les pays de l'UE et des Etats-Unis, on relève que 20 % des projets de type infrastructure linéaire étaient des projets BIM en 2015. Ils représentent 52 % en 2017 et les spécialistes de la question estiment que ce pourcentage sera de 61 % en 2019.

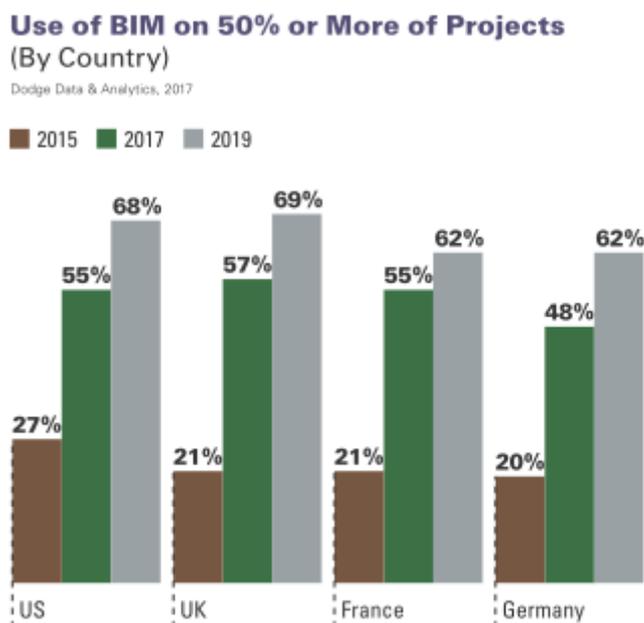


Illustration 8: Dodge Data & Analytics

2.2.4.a - BIM Infra : Exemple de la Norvège

Le ministère chargé des transports en Norvège (*Norwegian Public Road Administration* ou NPRA) développe actuellement une nouvelle base de données routières appelées NRDB (*National Road DataBase*). Cette base va recueillir les données routières de toutes les régions, municipalités, et même celles concernant les routes privées (206 000 km de routes dans le pays).

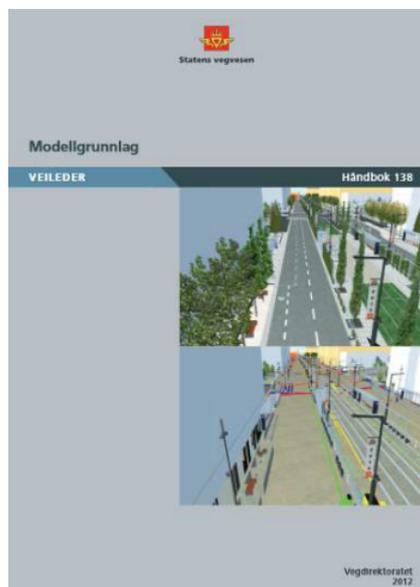
Elle contiendra à la fois des données de géométrie (dimensions, types de chaussée, rayons des courbes, ponts, tunnels etc) et des données calculées comme le trafic, l'accidentologie, ... Les points d'échange avec les autres modes y seront également intégrés (arrêts de bus ou de tramways, aéroports, gares, etc). Elle va comporter également des données environnementales (pollution liée au trafic).

L'objectif de celle-ci est de simplifier l'exploitation de routes existantes et la réalisation de projets neufs. Cela suppose l'intégration de modèles 3D de l'ensemble des objets composant la route et un interfaçage aisé avec les outils SIG.

Trois groupes utilisateurs ont été définis : pour un usage interne, externe ou tout public. Ces groupes auront accès à tout ou seulement à certaines informations contenues dans la base.

Pour la réalisation du projet, le gouvernement norvégien s'appuie sur le bureau d'études Ementor ASA qui sous-traite certaines parties de la réalisation aux opérateurs suivants : Geodata AS, ViaNova IT, Norkart AS, et Triona AB. L'ensemble de l'équipe projet s'appuie sur les compétences du *Norwegian Mapping Authority* (NMA – équivalent local de l'IGN) pour tout ce qui concerne la cartographie et la digitalisation en général (création des modèles 3D etc).

Le gouvernement norvégien a publié une charte d'utilisation avec un guide de recommandations pour la mise en forme des données pour qu'elles soient compatibles avec la base fin 2012 : le *Manual V770 Model Data* (appelé également *Handbook 138 Model Data*).



2.2.4.b - BIM Infra : Exemple du Royaume-Uni

Le Royaume-Uni figure parmi les pays les plus avancés dans les projets BIM y compris le BIM Infrastructure pour lesquels les spécialistes estiment qu'ils n'ont que 3 ans de retard sur le BIM bâtiment.

Depuis mai 2011, le gouvernement britannique a décidé, par la directive « *Government Construction Strategy* » (GCS2011) que tous les projets de bâtiments et d'infrastructures devront être établis en respectant le BIM de niveau 2 (cette directive a été étendue à toute l'industrie au printemps 2016).

Un guide de plus de 150 pages a été publié par le ministère chargé des Transports « *BIM Better Information Management – Guidance for infrastructure bodies* » afin de faciliter les démarches d'adaptation des projets et donner les bonnes méthodes.

Un groupement de type « forum utilisateurs » dénommé *BIM4Infrastructure* a été constitué sous l'égide de l'équivalent IGN du Royaume-Uni (AGI). Ce groupement intègre des membres du ministère chargé des Transports, des membres de l'association d'ingénierie civile (ICE) et du comité *Construction Project* (CPI). Ce groupement donne de l'assistance et du conseil pour le passage au BIM et permet le partage d'expériences.

Un site internet (<http://bim-level2.org/en/standards/>) fournit également l'information et donne accès aux principales publications BIM2.

Les illustrations ci-après donnent une idée de l'état d'avancement des méthodes de travail au Royaume-Uni pour ce qui concerne les projets d'infrastructures.

Extrait de la bibliothèque d'objets utilisée par Highways England pour ses projets routiers :

BIM component library

Assemblies

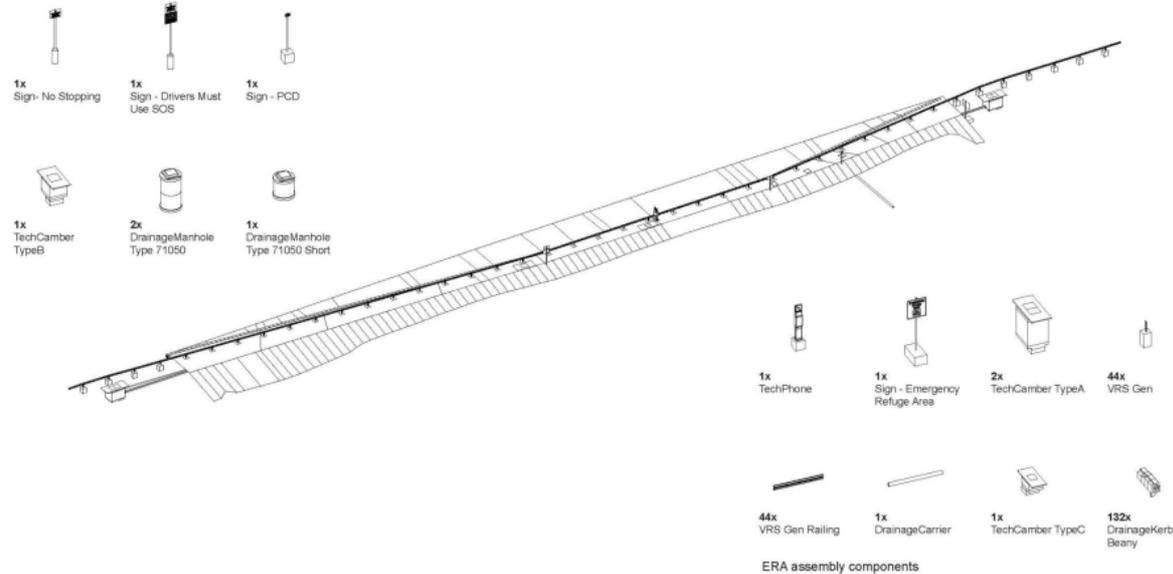


Illustration 9: Extrait de la bibliothèque d'objets utilisée par Highways England pour ses projets routiers - Sources : Highways England

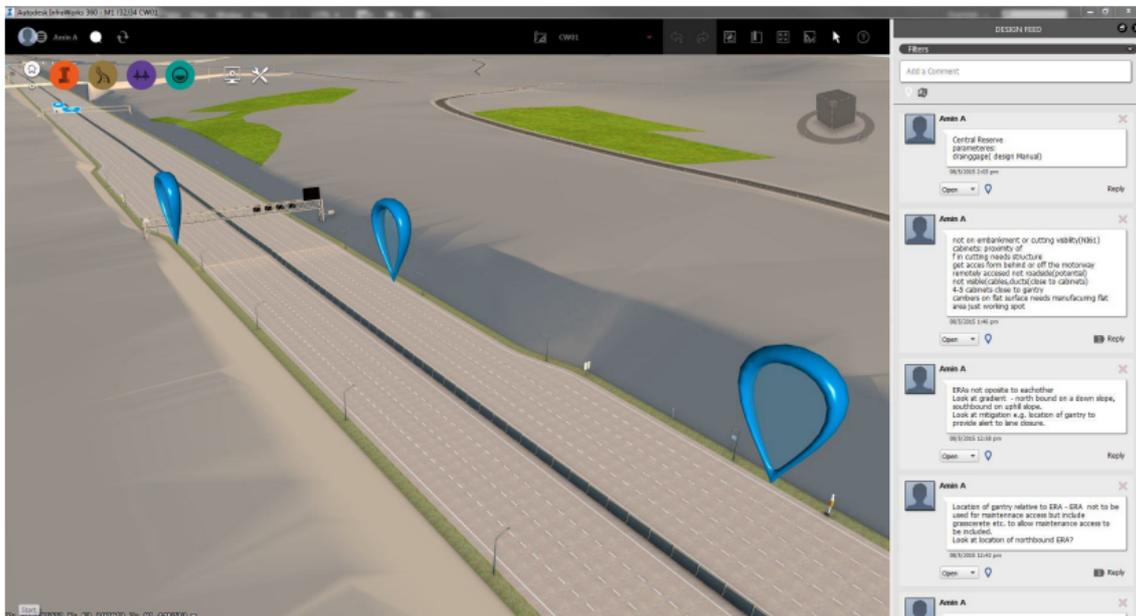


Illustration 10: Exemple de travail collaboratif sur un projet d'autoroute en Angleterre - Sources : Highways England

Certaines méthodes BIM2 recommandées par le guide britannique se rapprochent des procédures Qualité. On retrouve par exemple une nomenclature pour nommer les fichiers aux différents stades d'avancement des projets :

| | | | | | | | Core Metadata | | | |
|----------|------------|-------|----------|------|------|--------|---------------|----------|---------|--------------------------|
| Project | Originator | Asset | Location | Type | Role | Number | Suitability | Revision | Version | Title |
| ST150030 | PPD | TUN | 03 | MP | PM | 0001 | A | P01 | P01.1 | Tunnel Structural Report |

Figure 5.11 Example of a full filename and divisions.

| Number | Use | Number | Use | Number | Use | Number | Use |
|--------|------------------------|--------|-----------------------------|--------|-------------------------|--------|------------------------|
| 00XX | Introduction | 08XX | Road Pavements — Unbo | 15XX | Motorway Communication | 22XX | Not Used |
| 01XX | Preliminaries | 09XX | Road Pavements — Bitu | 16XX | Piling and Embedded | 23XX | Bridge Expansion Joint |
| 02XX | Site Clearance | 10XX | Road Pavements — Conc | 17XX | Structural Concrete | 24XX | Brickwork, Blockwork |
| 03XX | Fencing | 11XX | Kerbs, Footways and Paths | 18XX | Structural Steelwork | 25XX | Special Structures |
| 04XX | Road Restraint System | 12XX | Traffic Signs and Road Mark | 19XX | Protection of Steelwork | 26XX | Miscellaneous |
| 05XX | Drainage and Service | 13XX | Road Lighting Columns | 20XX | Waterproofing for Con | 30XX | Landscape and Ecology |
| 06XX | Earthworks | 14XX | Electrical Work for Roads | 21XX | Bridge Bearings | 50XX | Maintenance Painting |
| 07XX | Road Pavements General | | | | | | |

Illustration 11: Nomenclature issue du guide anglais

| Stage | Code | Suitability |
|------------------|------|-------------------------------------|
| Work In Progress | S0 | Initial non-contractual code. |
| Shared | S1 | Fit for coordination |
| | S2 | Fit for information |
| | S3 | Fit for internal review and comment |
| | S4 | Fit for approval |
| Documentation | D1 | Fit for costing |
| | D2 | Fit for tender |
| | D3 | Fit for contractor design |
| | D4 | Fit for manufacture/procurement |
| Sign Off | A | Fit for construction |
| | B | Fit for construction with comments |
| | C | Comprehensive revisions needed |
| Archive | AB | As-Built |

Illustration 12: Nomenclature - Suffixe des fichiers (guide anglais)

Le respect de la norme ISO15926 permet de s'assurer que les formats de fichiers employés sont conformes aux préconisations adaptées à l'ingénierie et à l'industrie liées aux infrastructures de transport.

2.3 - Exemples de projets français appliquant le BIM

En France, les projets d'infrastructures intégrant un BIM de niveau 2 au moins sont encore rares mais trois exemples très récents attestent du développement de cette pratique.

- L'élargissement de l'A63 à 2x3 voies sur 27km dans les Landes dont la partie BIM a été menée par Ecartip Groupe Fondasol pour ASF. Une cartographie 3D complète de l'existant a été réalisée et alimente la maquette numérique 3D projet en prenant en compte tous les ouvrages présents et permettant des échanges avec tous les

intervenants. Cette opération fait figure de test pour étendre la méthode à d'autres opérations d'ASF et les modélisations doivent être terminées pour fin 2017.



Illustration 13: Source : <http://www.constructioncayola.com/>

- La réalisation de la rocade L2 à Marseille entre l'A7 et l'A50 par Bouygues et Egis International, incluant des tunnels et échangeurs. Le fonctionnement du travail partagé est inspiré de la norme britannique BS1192 pour le bâtiment et une maquette numérique mise à jour en direct est utilisée. Divers contrôles sont possibles grâce à elle en permanence et par tous (conflits divers, visibilité, gabarits, etc.). Ce projet pose la question de l'organisation des contrôles obligatoires et des rendus en fin de projet (une maquette complète au lieu des documents graphiques habituels?).

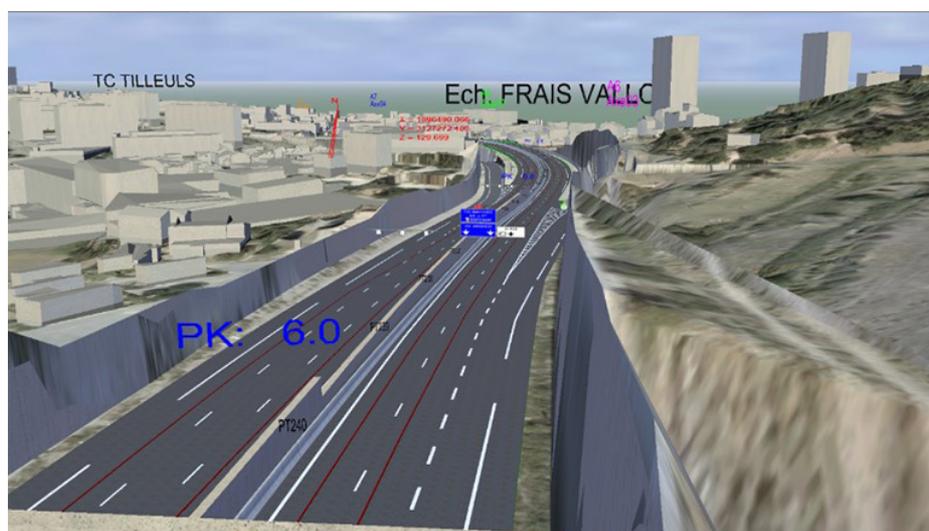


Illustration 14: Source : <http://www.mediaconstruct.fr/>

- L'aménagement de la porte de Gesvres à Nantes par Vinci et Arcadis, entre A11 et périphérique nantais, consistant principalement en un élargissement de 2x1 à 2x2 voies d'une portion du périphérique nantais régulièrement saturée et en un réaménagement de l'échangeur. Le travail collaboratif y a été mis en application par tous les corps de métiers avec des échanges et mises à jour quotidiennes. Le projet a été l'opportunité de tester des formats d'échanges IFC en infrastructure.



Illustration 15: Source : <http://www.chantiersdefrance.fr/>

3 - Conclusions

Cette note exploratoire a été rédigée « en chambre » en s'appuyant sur quelques sites internet traitant de cette question. Il conviendrait ultérieurement d'enrichir la réflexion sur le sujet en approfondissant les recherches effectuées et en recueillant l'avis d'autres intervenants impliqués dans la conception d'infrastructures.

Le BIM existe dans différents niveaux (de 1 à 3) et dimensions très variées (de 3 à 7 voire plus) qui permettent de traiter toutes les thématiques d'un projet (coûts, délais, environnement, sécurité, phasage opérationnel, exploitation, etc.). Ces niveaux d'imbrication permettent de s'adapter à tous projets, de toutes tailles, et de s'impliquer progressivement dans la démarche dont l'ultime aboutissement est une intégration complète de tous les acteurs et de toutes les thématiques au cours de l'ensemble des phases d'un projet infrastructure (des études, travaux, exploitation, fin de vie de l'ouvrage).

Le BIM va bien au-delà d'une visualisation 3D des projets. Il s'agit d'une véritable révolution dans la manière de travailler. Par la capitalisation et la mise en commun de données techniques conformes à une procédure, cette organisation offre de grandes perspectives en matière de réduction des coûts et des délais de construction des infrastructures.

Certains pays, comme le Royaume-Uni, l'ont bien compris et se sont engagés très tôt dans le BIM Infrastructure après le succès du BIM Bâtiment.

En France, les grandes entreprises du privé ont perçu l'intérêt de cette nouvelle organisation et mettent déjà en application un BIM de Niveau 1 (et sont déjà en train de s'engager vers du BIM niveau 2 comme le montrent les exemples cités plus haut) et on perçoit bien que progressivement les principaux pays de l'UE adopteront cette démarche. En France, pour ce qui concerne les services de l'État, les méthodes de conception d'infrastructures employées suivent les critères de niveau 1.

Tous les métiers liés aux infrastructures (concepteurs, maîtrise d'ouvrage, gestionnaires, contrôleurs, auditeurs, ...) sont impactés par la démarche BIM. Celle-ci est portée fortement par les éditeurs de logiciels qui éditent les outils indispensables à ces métiers. De ce point de vue, on peut s'estimer « captif » du processus engagé, néanmoins de nombreux avantages peuvent être attendus : réduction des coûts, des délais, capitalisation de

l'information, travail collaboratif basé sur des méthodes et outils harmonisés qui respectent les règles de l'art, etc.

Aujourd'hui les questions qui sont posées à différents niveaux de l'administration française sont :

Pour l'État prescripteur :

- Quel cadrage ? Quelle organisation ? Quelle définition du BIM en France ?
- Doit-il orienter, guider ou simplement accompagner la démarche BIM Infrastructure en France ?
- Comment orienter et décliner l'application de la directive européenne relative au BIM selon les différents acteurs concernés ?
- Quel doit être le phasage de mise en œuvre ? Quel niveau et dimension chercher à atteindre ?
- Comment définir la règle technique en partenariat avec les collectivités ?
- Comment faciliter la mise en place du BIM pour les services ou entreprises qui n'ont pas les moyens de s'équiper ? (risque d'exclusion des marchés ?)

Pour les concepteurs :

- Doit-on à très court terme se donner les moyens (techniques et organisationnels) de pouvoir réaliser des projets d'infrastructures BIM ?
- Quel choix de matériel (software et hardware) ?
- Quel standard adopter ?
- Comment former tous les spécialistes concernés (dessinateurs de projets, techniciens en matière d'assainissement, etc.) ?
- Qui crée les bibliothèques d'objets nécessaires ? Qui les enrichit, les stocke, les diffuse ? Et comment ?
- Comment faire évoluer les bases de données de conception existantes (type Isidor entre autres) vers des formats adaptés à leur utilisation en BIM ? Par qui ?

Pour les missions supports :

- Comment formaliser et gérer le partage de données ?
- Comment faire évoluer nos matériels et procédures afin de faciliter les échanges de données en interne comme en externe ?
- Comment uniformiser nos méthodes de travail ?
- Comme il existe des responsables Qualité, ne faudrait-il pas prévoir des référents sur le sujet ?

Pour la maîtrise d'ouvrage :

- Quelle intégration de la maîtrise d'ouvrage dans l'organisation du BIM ?
- Quel niveau de connaissance pour définir le niveau d'exigence BIM d'un projet (niveau et dimension) ?

Pour les gestionnaires et exploitants :

- Quelles données, quels types de documents rendre disponibles aux différents acteurs du projet voire même à des intervenants extérieurs (communes, public en général, etc)
- Qui stocke, entretient et met à jour ces informations ?

Pour les contrôleurs et auditeurs :

- Comment adapter les procédures de contrôle à cette nouvelle façon de travailler et aux nouveaux livrables 3D ?

- Peut-on imaginer du contrôle en temps réel ? Leur automatisation ?

Références

Documents :

Projet National MINnD-SyntheseTranche1 (2016, MINnD)

Guide méthodologique-pour des conventions de projets en BIM (2016, mediaconstruct)

Le BIM sous l'angle du droit (2016, CSTB éditions, Eyrolles)

BIM Better Information Management – Guidance for infrastructure bodies

The Business Value of BIM for Infrastructure 2017 (Dodge Data Analytics)

BIM in the UK: Past, Present & Future

Optimizing handover of asbuilt data using BIM for highways

Instructions on naming conventions, file types and data structures for the delivery and transfer of CAD / BIM files to the Highways Agency and its supply chain.

McGraw Hill Smart Market Report – The Business Value of BIM:
<http://www.bim.construction.com/research/FreeReport/default.asp>

Implementation of GPS Controlled Highway Construction Equipment (Vonderohe, University of Wisconsin) <http://cmssc.engr.wisc.edu/Vonderohe2007Apr01.pdf>

Sites internet :

<http://cad.kerlom.fr/>

<http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim>

<http://www.datbim.com/fr/>

<http://www.minnd.fr/>

<http://www.objectif-bim.com/>

<https://msbim.estp.fr/>

<http://blog.bimandco.com/fr/convention-bim/>

<https://www.autodesk.fr/products/navisworks/features>

https://www.linkedin.com/pulse/histoire-de-lapparition-du-bim-fran%C3%A7ois-app%C3%A9r%C3%A9?trk=pulse_spock-articles

http://ge.ch/mensuration-officielle/media/mensuration-officielle/files/fichiers/documents/rapport_stage_bim.pdf

https://fr.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling

<http://www.lemoniteur.fr/articles/un-chantier-autoroutier-experimente-le-bim-27397005>

<http://www.lemoniteur.fr/articles/les-travaux-publics-en-convoi-vers-le-bim-33695670>

<https://www.hexabim.com/blog/le-bim-pour-les-projets-d-infrastructures-retour-d-experience-sur-la-mise-en-place-de-processus-bim-sur-le-projet-d-elargissement-de-l-autoroute-a63>

<http://www.constructioncayola.com/infrastructures/article/2017/07/04/113514/bim-invite-sur-elargissement-a63.php>

<http://www.portedegesvres.fr/>

<http://www.chantiersdefrance.fr/marches/travaux-publics-bim-jumeaux-numeriques-chantiers-de-travaux-publics/>

<http://bim-level2.org/en/standards/>

American Society of Civil Engineers: www.asce.org

BIMForum: bimforum.org

BIM Regions: <http://bimregions.co.uk/>

bimSCORE: www.bimscore.com

buildingSMART International: www.buildingsmart.org

The Government Construction Strategy (GCS)

2016-20: www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie: www.bauindustrie.de

Lean Construction Institute: www.leanconstruction.org

Mediaconstruct: www.mediaconstruct.fr

National Institute of Building Sciences: www.nibs.org

Planen Bauen 4.0: <http://planen-bauen40.de>

UK BIM Alliance: www.ukbimalliance.org

[US Army Corps of Engineers: www.usace.army.mil](http://www.usace.army.mil)

[US Department of Transportation Federal](#)

[Highway Administration: www.fhwa.dot.gov](http://www.fhwa.dot.gov)

[Verband Beratender Ingenieure \(VBI\): www.vbi.de](http://www.vbi.de)

<http://www.ciob.org/digital-technologies-construction>

www.icetraining.org.uk/courses/building-information-modelling-bim

<https://www.ice.org.uk/eventarchive>

www.ice.org.uk/disciplines-and-resources/information-sheet/what-is-bim

<https://www.ice.org.uk/about-us/what-we-do/information-systems-panel>

<http://www.bimtaskgroup.org/gsl/>

<https://www.neccontract.com/>

<http://www.bimtaskgroup.org/education-and-training/>

<http://bimontherocks.com/bim-on-the-a1m-leeming-to-barton-road-project/>

<https://www.slideshare.net/ChunKeungNg/what-does-bim-mean-for-civil-engineers>

