

Livrable

Guide d'application du BIM Infra

Auteurs/Organismes

Pierre BENNING (Bouygues travaux publics)
Vincent COUSIN (Processus & innovation)
Sylvain GUILLOTEAU (Vinci autoroutes)
Michel RIVES (Vianova systems France)

Mise en perspective des pratiques (Thème I)

MINnD_TH01_UC00_02_Guide_Application_BIM_Infra_025_2019
Mars 2019

Sommaire

1. RÉSUMÉ/ABSTRACT	2
2. PRÉAMBULE	4
3. ENJEUX	4
3.1. Approche générale.....	4
3.2. Préconisations CCAP et CCTP	6
3.3. Référence à la norme ISO 19650	7
4. OBJECTIFS MÉTIERS ET USAGES DU BIM	10
4.1. Rappel du contexte projet	10
4.2. Objectifs métiers et usages BIM pour le projet	10
4.3. Usages BIM clés.....	34
5. ORGANISATION ET PROCESSUS.....	43
5.1. Organisation	43
5.2. Processus	48
6. STRUCTURATION DES DONNÉES/OUTILS ET CONTENU DES ÉCHANGES	56
6.1. Préambule.....	56
6.2. Problématiques liées au géoréférencement	56
6.3. Structuration des données	57
6.4. Formats des échanges interphases/intraphase	61
6.5. Plateforme des échanges	61
6.6. Hébergement (SaaS/Intranet) du modèle central/partagé	62
6.7. Interfaces et liens	63

I. RESUME/ABSTRACT

Résumé

Le présent guide comporte des **préconisations pratiques de mise en place du BIM**. Les principaux concepts du BIM sont présentés dans le document « Recommandations de mise en place du BIM ».

Ce guide d'application BIM du projet propose un contenu pour les 4 documents qui organisent une démarche BIM pour un projet donné, à savoir :

- La charte BIM propre à la maîtrise d'ouvrage (MOA).
- Le CCTP BIM pour le projet.
- La convention BIM MOE.
- Le plan de mise en œuvre BIM du projet par l'entreprise.

Ils sont en **cohérence avec la nouvelle norme ISO 19650**.

Objectifs métiers et usages du BIM en première partie du guide

La première partie de ce guide décrit une cinquantaine d'opérations métiers que l'on peut optimiser par la mise en œuvre de processus BIM, et ce aux 5 phases principales d'un projet d'infrastructure :

1. Programmation.
2. Conception.
3. Réalisation.
4. Livraison.
5. Exploitation-maintenance.

Organisation et processus en seconde partie du guide

La seconde partie décrit tout d'abord l'équipe BIM qui doit être mise en place en soutien de l'équipe de production du projet.

Les rôles relevant de cette organisation BIM sont hiérarchiquement dépendants de ceux de l'organisation métier. Ils sont coordonnés entre eux par l'équipe de management BIM qui structure les modalités de la production collaborative.

Ces modalités comprennent :

- Les processus de contribution et de consommation des données.
- Les droits d'accès.
- Le circuit et le suivi de décision.
- La plateforme des échanges.
- L'hébergement des référentiels partagés.
- Les capacités et limites des outils.
- Leurs interfaçages à assurer.

Structuration des données et contenu des échanges en troisième partie du guide

La troisième partie aborde les questions :

- De la structuration du modèle (le double numérique de l'ouvrage à construire et à maintenir).
- Des chartes de nommage et des codifications.
- Des formats des échanges.

Une section de ce chapitre est dévolue à la question du géoréférencement. En effet, il s'agit d'une question essentielle qui se pose pour tout projet d'infrastructure ou d'aménagement.

Catalogue des normes en fin de guide

Un catalogue des normes applicables est également disponible en fin de guide.

Abstract

This document gives **practical recommendations for the deployment of a BIM-based approach in infrastructure projects**. The BIM main concepts are introduced in the document 'Recommendations for Implementing BIM'.

This BIM deployment guide outlines the framework of the 4 documents that structure a BIM-based approach for a given project:

- The BIM charter meant to serve the infrastructure owner's BIM-related internal objectives.
- The BIM tender meant to express the project-specific BIM requirements.
- The BIM convention meant to provide the consultant's response to such BIM requirements in the project design phase.
- The BIM execution plan meant to provide the contractor's response in the project construction and commissioning phase to the relevant BIM requirements.

These documents are **in line with the ISO 19650 standards**.

The first part of this guide identifies 50 domains-specific processes that could be optimized through implementing BIM protocols (BIM uses) all along the 5 main phases of any infrastructure project:

1. Programmatic feasibility.
2. Design.
3. Construction.
4. Delivery.
5. Operation and maintenance.

The second part outlines the BIM team set to support the project development one.

The BIM team members are hierarchically dependent upon the project team members. They are coordinated by the BIM management team. The BIM management team is in charge of structuring the BIM collaboration processes.

Those processes cover:

- The ways and means to contribute and consume project data.
- Everyone's access rights.
- The decision-making-and-tracking workflows.
- The common data environment.
- The databases and reference data repositories.
- The capacities and limits of the tools.
- The interfaces required.

The third part addresses the BIM model structure (conceptual data model), the model being the digital twin of the infrastructure project to be built and operated, as well as the naming and classification conventions, and the exchanges' formats and properties. A particular section is devoted to geo-referencing matters which is an essential issue for all infrastructure or land development projects.

A list of infrastructure projects related design standards is included at the end of this guide.

Domain's objectives
and BIM uses in part one

Organization
and processes in part two

Data structure and content
exchanges in part three

Design standards
at the end of this guide

2. PREAMBULE

Objectif du présent guide

L'objectif du présent guide est d'**assister les parties prenantes dans le déploiement opérationnel d'une démarche BIM**, dans le cadre du développement et de l'exploitation d'un projet.

Complémentarité avec « Recommandations de mise en place du BIM »

Ce guide est complémentaire du document « Recommandations de mise en place du BIM », qui donne les grandes lignes d'une démarche BIM sur un projet.

Glossaire MINnD sur le site internet

Nous vous invitons à vous référer au glossaire MINnD, onglet « Publications », à l'adresse suivante : www.minnd.fr.

3. ENJEUX

3.1. Approche générale

Nécessité de formuler les documents appropriés

Pour adopter une démarche BIM sur un projet de construction, il est nécessaire de formuler les documents appropriés qui répondent aux besoins exprimés par :

- Le maître d'ouvrage.
- Les autres parties prenantes du projet.

Conséquences de la mise en place d'une démarche BIM

Réaliser un projet avec une démarche BIM n'est pas anodin. Cela entraîne :

- Une évolution certaine des pratiques.
- Une transformation profonde des modalités d'exécution d'un projet :
 - De sa programmation.
 - Jusqu'à sa livraison à son exploitation et maintenance.

Cette question plus large fait l'objet d'un document dénommé « Recommandations de mise en place du BIM » pour accompagner les acteurs du projet. Le présent guide y fait largement référence. Cependant, il se concentre sur l'élaboration des documents d'application à un projet.

Schéma de mise en place du BIM

Le présent guide propose un contenu pour les 4 documents qui organisent une démarche BIM pour un projet donné :

- La charte BIM propre à la maîtrise d'ouvrage¹ (MOA).
- Le CCTP BIM pour le projet.
- La convention BIM MOE.
- Le plan de mise en œuvre BIM du projet par l'entreprise.

Le document « Recommandations de mise en place du BIM » adopte le schéma suivant pour organiser ces 4 documents nécessaires.

¹ En pratique, les préconisations peuvent s'adapter à tout donneur d'ordre qu'il soit maître d'ouvrage ou entreprise générale vis-à-vis de ses sous-traitants.

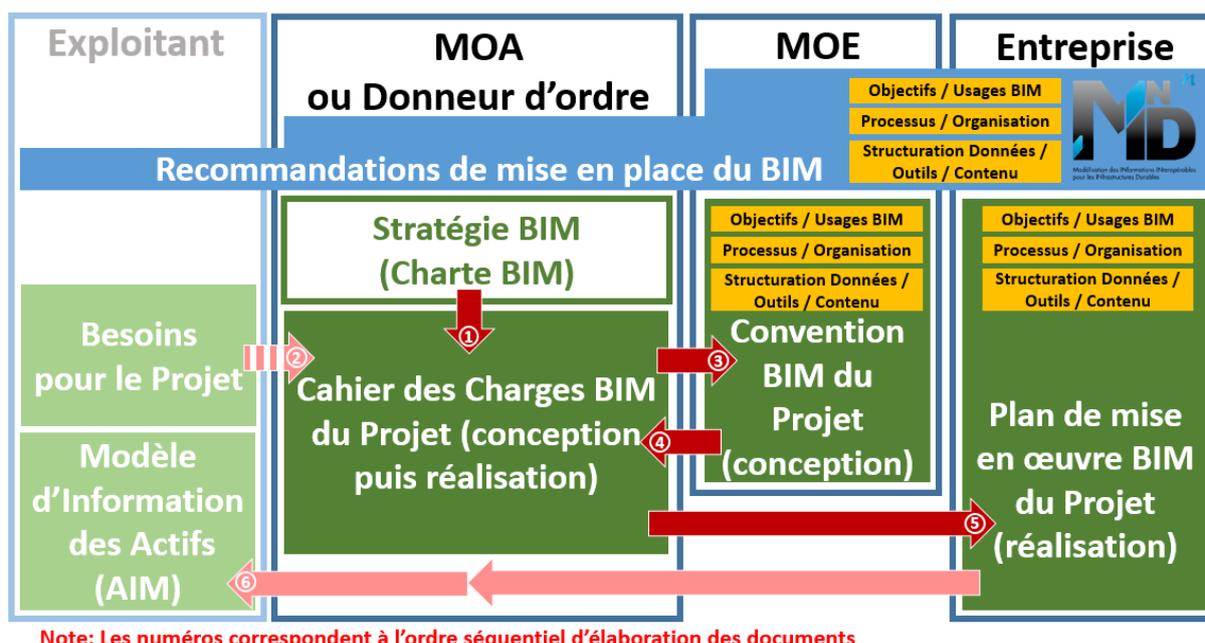


Figure 1 : schéma de mise en œuvre du BIM sur un projet

Élaboration des documents appropriés

Élaboration de la stratégie BIM par le maître d'ouvrage

Processus

Le maître d'ouvrage MOA élabore sa stratégie BIM propre (**charte BIM**). Il y explicite pour l'ensemble de ses projets les grandes lignes :

- De ses objectifs.
- De ses processus.
- De sa propre organisation du BIM.

En s'appuyant sur ce guide, les différents intervenants sont à même de procéder à l'élaboration des documents appropriés :

- Dans le cadre d'un projet spécifique.
- Selon une terminologie et une séquence compatibles avec les marchés publics.

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous le processus d'élaboration des documents appropriés.

Étape	Action
1.	Le maître d'ouvrage établit un cahier des charges BIM du projet pour consulter un maître d'œuvre.
2.	En réponse au maître d'ouvrage, le maître d'œuvre élabore une convention BIM du projet (conception) couvrant la phase de conception.
3.	Le maître d'ouvrage complète le cahier des charges BIM autant que de besoin avant de consulter les entreprises.
4.	L'entreprise répond au cahier des charges BIM par le plan de mise en œuvre BIM du projet (réalisation) .

3.1 Approche générale | Élaboration des documents appropriés

<p>Respect de la contractualisation</p>	<p>Se trouve ainsi respectée la contractualisation dans les marchés publics :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entre le MOA et le MOE. • Entre le MOA et l'entreprise.
<p>Liens entre les documents</p>	<p>Le cahier des charges BIM du projet tient lieu de CCAP/CCTP spécifique des problématiques BIM.</p> <p>Le plan de mise en œuvre est la réponse de l'entreprise au dit cahier des charges.</p> <p>De la même manière, la convention est la réponse du MOE au cahier des charges du MOA.</p>
<p>Structuration du présent guide</p>	<p>La structuration de ce présent document (couvrant les parties en couleur bleu clair sur le schéma ci-dessus) est la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objectifs. • Organisation et processus. • Structuration des données, outils et contenu des échanges. <p>Ce guide d'application BIM est en quelque sorte le document le plus complet et détaillé de la mise en œuvre du BIM tout au long d'un projet.</p> <p>La convention et le cahier des charges sont alors des versions reflétant les mêmes thématiques que le plan de mise en œuvre, mais à des stades antérieurs du projet.</p>

3.2. Préconisations CCAP et CCTP

<p>CCAP ou CCTP ?</p>	<p>L'étendue et la destination des CCAP et CCTP ne sont pas fixées de façon rigide. Cependant certains sujets se prêtent plus facilement à l'utilisation de l'un de ces types de documents :</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #333; color: white; text-align: center;">CCAP</td> <td> Questions de gestion portant sur : <ul style="list-style-type: none"> • Les délais et les aspects financiers. • Les activités d'études. </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #333; color: white; text-align: center;">CCTP</td> <td>Prescriptions techniques portant sur l'ouvrage à réaliser.</td> </tr> </table>	CCAP	Questions de gestion portant sur : <ul style="list-style-type: none"> • Les délais et les aspects financiers. • Les activités d'études. 	CCTP	Prescriptions techniques portant sur l'ouvrage à réaliser.
CCAP	Questions de gestion portant sur : <ul style="list-style-type: none"> • Les délais et les aspects financiers. • Les activités d'études. 				
CCTP	Prescriptions techniques portant sur l'ouvrage à réaliser.				
<p>Zones mixtes entre CCAP et CCTP</p>	<p>Les zones mixtes entre les deux types de documents sont essentiellement le fait :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des prescriptions des études. • Des prescriptions relatives aux exigences de sécurité ou de relations avec des tiers ou d'autres intervenants qui peuvent se trouver indifféremment traitées dans l'un ou l'autre de ces documents, voire dans les deux. 				
<p>Cas du BIM</p>	<p>Le BIM est à la fois un processus de modélisation et un modèle de l'ouvrage à réaliser. Il pourrait donc être décrit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • En partie dans le CCTP (le modèle est un « double numérique » de l'ouvrage). • En partie dans le CCAP (puisque c'est un processus de modélisation relevant des études). <p>Le point de vue retenu a été celui d'un document mixte traitant à la fois de questions de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestion : processus et organisations. • Technique : les données et leur structuration. <p>Seule la question de propriété intellectuelle a été renvoyée spécifiquement à la mise au point d'un article du CCAP.</p>				

3.2 Préconisations CCAP et CCTP

Un choix qui incombe au maître d'ouvrage

C'est au maître d'ouvrage de choisir la solution correspondant le mieux à ses attentes et à sa culture :

- Un fascicule technique autonome et des rappels autant que nécessaires dans le CCAP.
- Un fascicule administratif autonome avec des rappels, références ou connexions dans le CCAP lui-même et dans le CCTP là où celui-ci traite de l'ingénierie ou de problématiques transverses comme l'environnement ou la sécurité.

3.3. Référence à la norme ISO 19650

Présentation générale

La norme ISO 19650 — *Organisation de l'information pour les travaux de construction/management de l'information utilisant le BIM* — énumère des concepts applicables au secteur du cadre bâti pour les acteurs qui construisent ou ceux qui exploitent. Les guides de mise en place et d'application du BIM ont été rédigés pour être compatibles avec cette nouvelle norme.

Niveaux permettant une création de valeur accrue dans la collaboration

La norme précise 4 niveaux permettant une création de valeur accrue dans la collaboration :

- La couche des standards (ISO 19650).
- La couche technologique (les outils techniques).
- La couche de l'information.
- La couche des processus économiques.

Les présents guides:

- Adressent les couches technologiques et d'information.
- Sont compatibles avec les pratiques et usages des métiers de l'ingénierie et de la construction.

Entités impliquées

Pour l'ISO 19650, tout le processus démarre par une entité donneuse d'ordre (représentant le maître d'ouvrage) qui confie des tâches à des entités. Ces entités délivrent l'ouvrage et l'exploitent. Elles peuvent être :

- Une maîtrise d'œuvre puis des entreprises.
- Une seule et même entité.

Hiérarchie des exigences d'information

Présentation du schéma

Le schéma ci-dessous représente le cheminement de l'information et sa genèse :

- Depuis les exigences organisationnelles (en haut à gauche) entre les parties sous l'impulsion du maître d'ouvrage.
- Jusqu'à l'information propre au projet de construction livré (en bas à droite).

Il fait ensuite retour sur l'information de gestion de l'ouvrage :

- La gestion du patrimoine.
- Les activités permettant son fonctionnement et sa préservation opérationnelle.

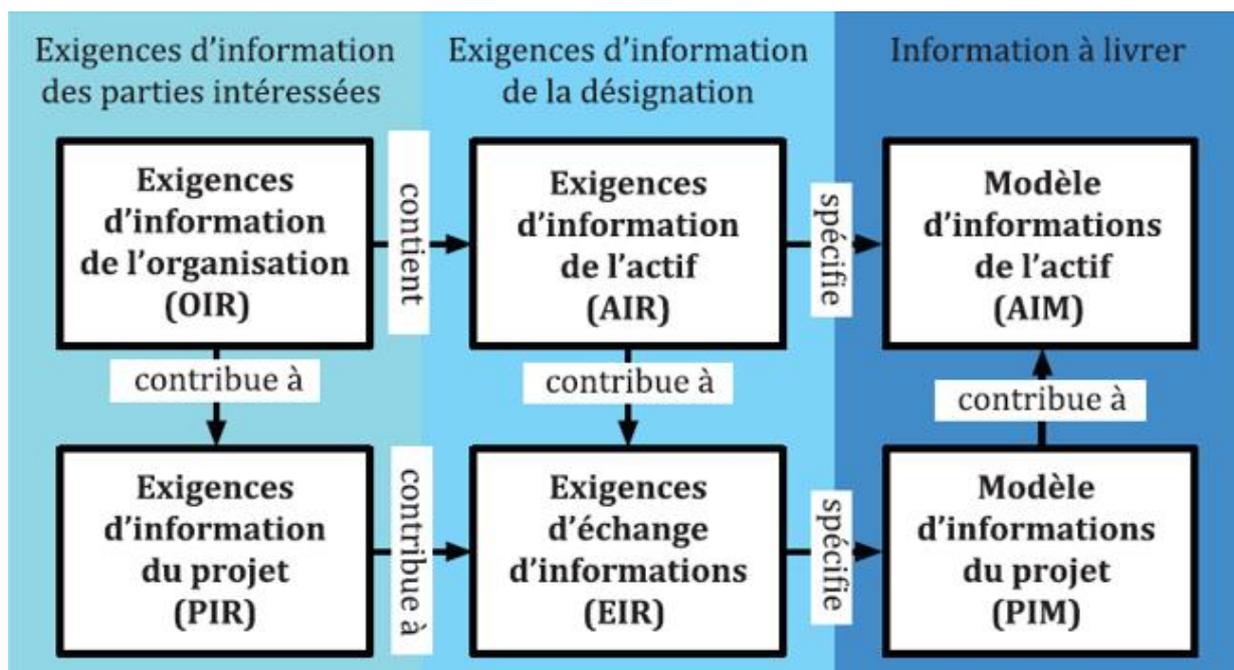


Figure 2 : hiérarchie des exigences d'information (Norme ISO 19650)

Explication du schéma

Nous vous proposons ci-dessous une explication des différents éléments constituant le schéma ci-dessus.

Lignes/colonnes	Éléments présentés
Ligne supérieure	Cheminement de l'information au seul niveau du patrimoine. Concernant les niveaux du patrimoine, il faut : <ul style="list-style-type: none"> • Définir les exigences d'information de gestion et d'exploitation. • L'enrichir des informations du projet une fois celui-ci livré.
Ligne inférieure	Cheminement de l'information durant le projet en un ensemble cohérent : <ul style="list-style-type: none"> • Depuis les exigences initiales. • Les échanges internes entre acteurs durant le projet. • La constitution de toutes les informations du projet.
Première colonne	Besoins initiaux des parties prenantes.
Colonne centrale	Passage de ces informations aux parties livrant le projet ou chargées de l'exploiter ou de la gérer.
Colonne de droite	Informations elles-mêmes structurées et répondant à toutes les exigences.

Considération du cycle de vie

Dans la considération du cycle de vie de l'ouvrage, l'ISO 19650 se positionne comme indiqué sur le schéma ci-dessous :



Figure 3 : cycle de vie générique de l'information d'opération et de projet (Norme ISO 19650)

Articulation des étapes du cycle de vie

Articulation de l'information autour de la maîtrise d'ouvrage

Documents liés aux exigences d'information

Satisfaction des exigences grâce aux cas d'usages

Le management de l'information est bien au service des activités économiques liées au cadre bâti et à sa construction. Les activités du projet (phase de réalisation et de livraison) sont totalement articulées avec celles de l'exploitation et de la maintenance.

Conformément aux principes exposés dans l'ISO 19650, le schéma de la figure 2 articule les documents, et donc l'information supportée, autour de la maîtrise d'ouvrage. La maîtrise d'ouvrage est elle-même en relation étroite avec l'exploitant et le mainteneur (partie gauche de la figure 3 et repère A de la figure 3).

Expression des exigences

La **charte BIM** et le **cahier des charges** sont l'expression des exigences d'information, tant organisationnelles que de projet (point A).

Réponse aux exigences

La **convention** et le **plan de mise en œuvre** sont les réponses (point B) formulées par les parties appointées par le maître d'ouvrage.

La convention permet de faire évoluer le cahier des charges en fonction des exigences supplémentaires introduites au cours de l'ingénierie.

Comme il est explicité dans le chapitre 4 de ce guide, les cas d'usages relatifs à la livraison permettent de satisfaire aux exigences de l'ISO 19650-1.

Nous vous présentons ces cas d'usages en partie 5.2 de ce guide. Vous pouvez également les retrouver dans le point C de l'ISO 19650-1.

4. OBJECTIFS METIERS ET USAGES DU BIM

4.1. Rappel du contexte projet

Informations de contexte permettant de faciliter l'organisation d'une démarche BIM	Les informations de contexte permettent de faciliter l'organisation d'une démarche BIM. Ces informations sont les suivantes :	
	Type d'information	Contenus
	Description sommaire du projet	Points de vigilance du projet : risques identifiés et donc, cas d'usage métier pour lesquels le BIM peut être particulièrement pertinent.
	Localisation du projet et des agences	Pays, région, couverture Internet, etc.
		Contexte réglementaire.
	Planning des grandes échéances	Phases d'étude et de travaux, dates de livraison partielles ou finales. La période d'application de chaque document (convention BIM, plan de mise œuvre BIM) doit être spécifiée.
Contexte BIM	Liste des documents de référence (charte BIM, cahier des charges BIM, exigences de l'exploitant ou du mainteneur, etc.) et des livrables BIM attendus.	
Données d'entrée numériques	Modèles 3D, données SIG, relevés numériques existants.	

4.2. Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

Définitions	Objectif métier	<p>Un objectif métier (ou cas d'usage métier) est un processus décrivant une activité de management d'un projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Production des métrés et des quantitatifs. • Revue de satisfaction des exigences de performance de l'ouvrage. • Suivi de l'avancement du chantier. • Synthèse. • Etc. <p>C'est un processus traditionnel d'un projet de construction dont la portée est compréhensible par la direction de projet.</p>
	Usage BIM	<p>Un usage BIM (ou procédé BIM) est un processus élémentaire utilisant des technologies numériques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modélisation 3D. • Étude des variantes et gestion des configurations. • Planification 4D. • Contrôles automatiques pour suivi avancement. • Etc. <p>C'est un processus utilisé par les contributeurs au processus BIM sous le contrôle de l'équipe de BIM management.</p> <p>Les usages BIM doivent avoir pour objet de répondre aux objectifs métiers. Chaque objectif métier est nourri par autant d'usages BIM que nécessaire.</p>

4.2 Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

**Classification
et numérotation**

Les objectifs métiers et usages BIM sont les suivants

PRGnn	Objectifs (MOA) pour la programmation.
ETUnn	Objectifs pour les études de conception (toutes phases).
TVXnn	Objectifs réalisation des travaux.
LIVnn	Objectifs livraison de l'ouvrage.
GEMnn	Objectifs gestion exploitation maintenance.
BIMnn	Usages BIM clés.

Nous vous présentons dans la figure 4 en page suivante la classification et la numérotation des objectifs métiers et des usages BIM :

Besoins opérationnels

Les entrants de tout projet correspondent aux besoins opérationnels exprimés par le maître d'ouvrage, c'est-à-dire les objectifs et la finalité du projet. Cela se traduit en termes :

- **D'exigences** (calendrier, budget, trafic, etc.).
- **D'impacts** (environnementaux, économiques, sociétaux, etc.).

**Vérification de leur
prise en compte**

Afin de vérifier que ces besoins ont bien été pris en compte, le maître d'ouvrage exprime et formalise des exigences qui doivent être quantifiables.

Cela permet de confronter l'ouvrage réalisé aux besoins qu'il doit remplir.

**Des prérequis
pour la réalisation
des objectifs métiers**

Les besoins opérationnels ne sont donc pas un objectif métier.

Ils représentent des prérequis pour la réalisation de tous les objectifs métiers décrits ci-après.

PRG	Programation (MOA)	ETU	Conception (toutes phases)	TVX	Réalisation des travaux	LIV	Livraison de l'ouvrage	GEM	Exploitation-Maintenance	BIM	Usages BIM clés
01	Connaissance du patrimoine existant	01	Constitution d'une base de connaissance unifiée, actuelle et partagée du TelQueConçu	01	Constitution d'une base de connaissance unifiée, actuelle et partagée du TelQueConstruit	01	Documentation du TelQueRéceptionné	01	Constitution d'une base de connaissance unifiée, actuelle et partagée du TelQueMaintenu	01	Structuration des données
02	Instruction et approbation du projet	02	Développement concourant des études multi-métiers (AVP/PRO/EXE/Méthodes)	02	Suivi (MOA) de l'avancement et de la qualité de la réalisation	02	Opérations préalables à la réception	02	Optimisation des processus de l'exploitant et du mainteneur	02	Modélisation
03	Concertation et acceptabilité du projet	03	Prise en compte des exigences de l'exploitant et du mainteneur	03	Développement et validation des dispositions constructives	03	Production des livrables et pièces graphiques	03	Alimentation de la BD Patrimoine et des processus GMAO	03	Validation des données
04	Elaboration du dossier de consultation MOE	04	Gestion de la temporalité du projet (séquençage, ouvrages temporaires)	04	Gestion du séquençage des opérations	04	Récolement du TelQueConstruit	04	Formation et Immersion	04	Gestion des incohérences et des interférences
		05	Synthèse générale, analyse et suivi des interfaces	05	Gestion du séquençage de la préfabrication	05	Alimentation DOE-DIUD			05	Génération des plans
		06	Production des métrés et des quantitatif	06	Production des plans BPE					06	Planification 4D
		07	Maîtrise des coûts	07	Alimentation consignes de guidage des engins					07	Revue à l'aide du BIM
		08	Alimentation des outils de simulation	08	Préparation chantier & maîtrise du risque en réalisation						
		09	Revue de satisfaction des exigences de performance de l'ouvrage	09	Logistique (hors site / sur site)						
		10	Revue de satisfaction des exigences réglementaires de l'ouvrage	10	Contrôle Externe / Contrôle Extérieur						
		11	Revue de développement du projet (délai / coûts / moyens)	11	Accessibilité et Ergonomie du poste de travail						
		12	Revue des études techniques								
		13	Revue des études de phasage								
		14	Gestion de configuration des variantes								
		15	Gestion des Ordres de Modification (Change Order)								
		16	Contrôle Externe / Contrôle Extérieur								
		17	Consolidation (MOA) de la définition des travaux à réaliser (pré-DCE)								
		18	Elaboration dossier de consultation des entreprises								

Figure 4 : liste des objectifs métiers et des usages BIM

4.2 Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

**Objectifs
du maître d'ouvrage**

Nous vous présentons ci-dessous les objectifs du maître d'ouvrage.

PRG01 — Connaissance de l'existant naturel et anthropique	
Introduction	
L'objectif PRG01 est le premier objectif du maître d'ouvrage et une obligation pour l'équipe projet afin de mieux appréhender les contraintes et atouts du périmètre concerné par le projet. L'exploitant de l'infrastructure existante est d'ores et déjà un interlocuteur privilégié et les bases de données du patrimoine les premières sources d'information.	
Objectifs (métier)	
Connaissance de l'existant :	
<ul style="list-style-type: none"> • Géologie. • Réseaux. • Bâti. • Avoisinants. • Infrastructure. • Ouvrages. • Biodiversité. 	
Appropriation de la documentation existante (base de données, système d'information géographique ou SIG gestion-maintenance assistée par ordinateur ou GMAO).	
Connaissance des contraintes réglementaires.	
Usages (BIM)	
Relevés topographiques, lidar aéroporté, <i>mobile mapping survey</i> (MMS) de l'existant.	
Modélisation du sol, du sous-sol et des structures géologiques et géotechniques.	
Modélisation 3D de l'existant (géo référencement, qualification).	
Livrables	
Modèle numérique de terrain (socle 3D).	
Cartographie thématique (SIG base de données patrimoine).	
Représentation des principales difficultés liées au sol, sous-sol et à la géologie aux obstacles naturels.	
Modèles 3D partiels des structures anthropiques adjacentes.	
PRG02 – Instruction et approbation du projet	
Introduction	
Une opération de construction d'infrastructures linéaires doit être motivée et le plus souvent instruite et approuvée par décision ministérielle. Le maître d'ouvrage doit donc étudier et analyser les atouts et les contraintes du projet pour être en mesure de motiver son choix.	
Objectifs (métier)	
Proposition et justification des choix et variantes du projet.	
Définition des besoins fonctionnels.	
Analyse financière du projet.	
Planification générale du projet.	
Usages (BIM)	
Simulation des données trafics.	
Analyse des données socio-économiques.	
Modélisation des esquisses.	
Livrables	
Dossiers d'instruction (DDP, DI, DDE, synoptiques, etc.).	
Esquisses et variantes.	

PRG03 — Concertation et acceptabilité du projet

Introduction

L'objectif PRG03 est indispensable au bon déroulement d'un projet. Il est désormais obligatoire et attendu par les parties prenantes du projet. Les choix techniques doivent être :

- Présentés avec des outils accessibles.
- Compréhensibles par un large public.

La communication est le vecteur principal de cet objectif.

Objectifs (métier)

Communication avec les acteurs externes : élus, riverains, associations, usagers, etc.

Présentation des phases « programmation » et « exécution ».

Amélioration de l'insertion du projet dans son environnement/interfaces avec l'existant (cessionnaires/réseaux).

Anticipation et prévision des : déviations, grandes échéances, variantes, impacts, mesures compensatoires.

Usages (BIM)

Modélisation 3D du projet dans son contexte.

Modélisation 4D du projet.

Réalisation des esquisses des variantes.

Cartographier les objets géographiques du projet (SIG)/parcelles/cadastrés/données géoéconomiques/biodiversité.

Livrables

Animations 3D.

Vidéos et rendus 3D réalistes.

Site internet et présence dans les réseaux sociaux.

PRG04 – Élaboration du dossier de consultation MOE

Introduction

Dans le cadre d'une opération avec Loi MOP (marché de maîtrise d'œuvre et entreprises), le maître d'ouvrage pour mener à bien son opération doit :

- Désigner un ou plusieurs maîtres d'œuvre.
- Respecter les règles des marchés publics.

Objectifs (métier)

Rédaction d'un dossier de consultation et ses annexes techniques y compris BIM.

Rédaction d'un programme et lancer une procédure de consultation (publicité, appels d'offres).

Désignation d'une maîtrise d'œuvre.

Usages (BIM)

Allotissement du projet.

Description du projet (synoptique, maquette de l'existant, études de faisabilité).

Livrables

DCE de maîtrise d'œuvre.

Cahier des charges BIM du projet.

4.2 Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

Objectifs pour la conception (toutes phases)

Le management des risques projets (coûts, délais, ressources) et performance de l'ouvrage est divisé en plusieurs objectifs :

- ETU0.
- ETU05.
- ETU07.
- ETU09.
- ETU11.
- ETU13.
- ETU14.

ETU01 —Constitution d'une base de connaissance unifiée, actuelle et partagée du TelQueConçu
Objectifs (métier)

Constitution d'un modèle de référence qui est une fidèle représentation de ce qui est conçu (ouvrage fini notamment). C'est l'objectif principal de l'étape de conception considérée, quelle que soit la phase (APS, APD, PRO, EXE).

Ce modèle de référence est le socle sur lequel l'étape de conception ou de réalisation subséquente s'appuie pour ses propres développements.

Usages (BIM)

Constitution d'une base de données de la conception en associant :

- Les objets étudiés décrivant les ouvrages/équipements qui composent l'ouvrage à réaliser.
- Les informations qui les caractérisent (note de dimensionnement, fonctionnel à assurer, conditions d'installation, fiche fournisseurs).

Livrables

Modèles de synthèse, hypothèses d'appui et documents de référence.

ETU02 —Développement concourant des études multimétiers (AVP/PRO/EXE/méthodes)
Objectifs (métier)

Constitution d'un modèle de référence partagé multimétiers permettant à plusieurs équipes de mener leurs conceptions propres en parallèle de celles des autres équipes, mais en connaissance du contexte dans lequel les développer.

Le but sous-jacent est d'optimiser le processus global de développement, tout en gérant des points d'arrêt de consolidation et de sécurisation des opérations des métiers et de leurs méthodes (y compris la préfabrication).

Usages (BIM)

Constitution d'une base de données centrale, unique et partagée. Cette base de données partagée permet la conception concourante multimétiers à divers niveaux de contributions. Cette conception suit un processus collaboratif structuré qui gère les droits et les flux des décisions.

Livrables

Modèles partagés d'agrégation des contributions et plateforme de structuration de processus collaboratif multimétiers, multiacteurs, multiniveaux.

ETU03 —Prise en compte des exigences de l'exploitant et du mainteneur
Objectifs (métier)

Assurance de la prise en compte dès l'amont :

- De la compréhension et du suivi de l'intégration dans le processus de conception.
- Des contraintes particulières liées à l'exploitation et à la maintenance de l'ouvrage. Les contraintes concernées sont notamment celles qui ont un impact sur la conception : problématiques liées à l'installation, à l'accès, à la manœuvrabilité, à la documentation des interventions d'exploitation et de maintenance, de l'usure ou de la qualité de fonctionnement.

Usages (BIM)

Mise en place d'une plateforme collaborative permettant aux exploitants et aux mainteneurs d'exprimer leurs contraintes et leurs exigences métier par métier.

Structuration de la base de données projet de façon à permettre en phase conception et en phase réalisation de l'alimenter à partir des bases de données patrimoniales et de GMAO.

Anticipation de la problématique du niveau de granulométrie des entités des modèles qui est typiquement différente entre solutions BIM et solution GTB/GTP/GMAO.

Livrables

Modèles partagés intégrant les exigences de l'exploitation et de la maintenance.

ETU04 —Gestion de la temporalité du projet (séquençage, ouvrages temporaires)

Objectifs (métier)

Identification dès l'amont des étapes majeures du projet, y compris les effets de la préfabrication et les ouvrages temporaires. Cela concerne notamment le cas quand l'ouvrage est dans un 1^{er} temps mis en exploitation partiellement pendant que le reste de l'ouvrage reste à étudier et à réaliser.

Une problématique similaire se pose pour tous les ouvrages réhabilités/régénérés tout en restant exploités.

Un autre sujet peut être celui de la coordination entre les opérations de maintenance et les grands travaux d'extension.

Usages (BIM)

Constitution de configurations phasées de l'ouvrage.

Mise en exergue des contraintes associées à une exploitation partielle de l'ouvrage en parallèle de la réalisation de travaux sur le reste de l'ouvrage.

Livrables

Modèles partagés intégrant les configurations successives de l'ouvrage et les contraintes des zones sous exploitation.

ETU05 —Synthèse générale, analyse et suivi des interfaces

Objectifs (métier)

Aide à la prise de décision (typiquement en revue de conception) en apportant un modèle reflétant la collecte et l'agrégation des contributions, en leur état d'avancement, aux dates cycliques de livrable (intermédiaire/final) convenues.

Cette prise de décision porte sur la validation

- De contributions multiples au sein d'un métier (coordination intra métier).
- De contributions de plusieurs métiers (coordination inter métiers).
- De coordination interphases.

Il s'agit d'identifier et de réduire tous les risques de non-performance de l'ouvrage dans sa globalité.

Usages (BIM)

Constitution de modèle de synthèse selon le cycle itératif convenu pour le/s métier/s à examiner par la cellule de coordination (intra métier) ou la cellule de synthèse (inter métiers) ou la cellule de pilotage (interphases).

Livrables

Modèles de synthèse, procédures d'analyse, statut des décisions, affectations des actions.

ETU06 —Production des métrés et des quantitatifs

Introduction

L'objectif « ETU06 » concerne la production des métrés et des quantitatifs. Cet objectif est fréquemment demandé. En effet, il permet d'extraire automatiquement des quantités de matériels, matériaux et surfaces à coffrer :

- Dans plusieurs variantes possibles.
- Dès que des modifications sont réalisées.

Cet objectif demande malgré tout un travail en amont de structuration des informations, afin que ces métrés soient :

- Justes.
- Exhaustifs.
- En adéquation avec les bordereaux de prix.

Cet objectif peut également être utilisé en phase de construction afin de suivre l'avancement des travaux.

Objectifs (métier)

Extraction des métrés et quantités (m³, m², ml, quantités unitaires, etc.).

Alimentation des bordereaux de prix.

Usages (BIM)

Contrôle de la qualité des modèles (données entrées et données internes). La qualité à contrôler concerne principalement :

- La cohérence de la géométrie.
- La non-redondance (objets identiques superposés).
- Le bon renseignement des propriétés nécessaires à l'identification des objets (exemple : parement d'un voile pour définition du type de coffrage) par vérification de l'existence :
 - De l'information.
 - De son unité.
 - De sa plage de valeurs.

Découpage spatial du projet en cohérence avec bordereaux des prix (zone, ouvrage, bâtiment, étage, pièce, etc.).

Découpage systémique du projet (disciplines ou corps d'état techniques, avec identification des interfaces) en cohérence avec les bordereaux des prix.

Nommage des familles d'objets et classification des systèmes (convention de nommage, en cohérence avec les bordereaux des prix).

Suivi :

- Des versions des maquettes utilisées pour la réalisation des métrés.
- De la version du planning utilisé en cas de métré par phasage d'ouvrage.

Réalisation des métrés automatiques à partir des logiciels de modélisation.

Livrables

Export vers logiciels adaptés (bordereaux de prix, étude de prix, etc.).

Export vers outils de suivi avancement des travaux.

Remarque : ne pas hésiter à faire un contre-métré avec une méthode différente sur un échantillonnage de données du projet.

ETU07 —Maîtrise des coûts

Introduction

La maîtrise des coûts est un objectif primordial d'un projet. L'objectif « ETU07 » permet de contrôler l'évolution ou la dérive du budget d'un projet en référence avec le budget initial. Il doit tenir compte de l'évolution du marché :

- Modifications.
- Variantes.
- Travaux supplémentaires.
- Etc.

C'est un objectif difficile à réaliser, car il demande de nombreux prérequis. Il requiert en particulier la connaissance des évolutions des coûts en fonction de contextes parfois très variés.

Objectifs (métier)

Évaluation des coûts initiaux (réalisation et exploitation/maintenance).

Contrôle de la tenue du budget tout au long de la conception et de la réalisation.

Gestion des avenants et travaux supplémentaires.

Consultation des fournisseurs et sous-traitants.

Coût global (fourniture, mise en œuvre, maintenance, etc.).

Usages (BIM)

4D (modélisation 3D et lien avec planning recalé suivant avancement).

Étude des variantes et gestion des configurations (association de plusieurs variantes entre elles).

5D (4D + coûts).

Contrôles automatiques pour suivi avancement (relevés numériques pour comparaison de la maquette à la réalité).

Livrables

Export vers logiciels adaptés (logiciel ERP, etc.).

Situation de travaux (avancement chantier et gestion financière).

ETU08 —Alimentation des outils de simulation**Objectifs (métier)**

Les fonctions principales que doit remplir une infrastructure sont :

- Support des surcharges de trafic.
- Support des efforts de vents et des intempéries.
- Résistance aux séismes.
- Drainage des eaux de pluie.
- Ne pas constituer de barrières à l'écoulement des crues.
- Laisser des passages pour la continuité de la biosphère.
- Ne pas polluer les nappes phréatiques durant la construction.

Ces fonctions sont autant d'occasions de simulations de son fonctionnement qu'il faut réaliser par du calcul numérique :

- Lors des dimensionnements initiaux.
- Lors des vérifications et essais.

Les logiciels de CAO et de calculs n'utilisent pas nécessairement les mêmes modélisations. Ainsi, il y a un très important travail de prétraitement et de post-traitement à prévoir et codifier au passage de la modélisation CAO aux modélisations de calculs avec un risque certain de pertes de précision et de fiabilité. Tous ces travaux sont à reprendre dès qu'une modification est susceptible d'affecter l'infrastructure dans un de ses fonctionnements.

Usages (BIM)

Bases de données (input et output).

Passerelles entre logiciels.

Prétraitement et post-traitement.

Livrables

Affichage de résultats (2D ou 3D) au sein d'un modèle 3D.

Vidéos/navigation interactives.

ETU09 —Revue de satisfaction des exigences de performance de l'ouvrage**Introduction**

L'organisation de l'objectif « ETU09 » nécessite des prérequis qui sont décrits dans le cas d'usage clé BIM05.

Objectifs (métier)

Cet objectif contient à lui seul tous les autres puisqu'une infrastructure ne peut être déclarée conforme que lorsque l'on a apporté la preuve que toutes les exigences ont été satisfaites :

- Qu'elles soient réglementaires ou imposées par des tiers ou par les besoins du MOA.
- Qu'elles s'appliquent aux niveaux opérationnel, fonctionnel ou organique.
- Qu'elles concernent les phases de conception, de réalisation ou d'exploitation, la livraison et le commissionnement ou encore les contraintes de temps et de délai.

Cet objectif porte une valeur très fondamentale, car les méthodes qui sont employées présentent très souvent un caractère générique dans d'autres circonstances et objectifs.

Exemples d'exigences pertinentes pour un projet d'infrastructure :

- Gabarits.
- Co-visibilité.
- Signalisation.
- Visibilité.
- Niveau d'atténuation.
- Équipements d'exploitation.

Usages (BIM)

Traduction des exigences en indicateurs quantifiables (distance de visibilité, gabarits, giration, plateforme, etc.).

Suivi des indicateurs tout au long de l'avancement de la conception et de l'exécution des travaux.

Loi sur l'eau/dimensionnement des ouvrages.

Livrables

Tableau de bord de contrôle.

Vidéos/animation/modèles interactifs.

Liens vers des documents de réception (aux différents points d'arrêt et livraison).

Commentaires additionnels

Le programme défini par le maître d'ouvrage et la réglementation imposent le respect de règles de conception et de construction des ouvrages liés au projet. Le BIM permet de systématiser ou d'automatiser ces vérifications dans une optique de respect de la qualité d'usage que les utilisateurs et tiers attendent des ouvrages.

Les maquettes numériques BIM sont élaborées à partir de l'attribution du marché. Elles doivent permettre d'apprécier la qualité et la conformité du projet et des ouvrages au regard des critères suivants :

- Géométrie et sécurité : gabarits, visibilité, co-visibilité.
- Typologie des équipements : niveau de retenue/d'atténuation, signalisation, etc.
- Entretien et Exploitation : accès, modalités d'interventions de maintenance.

Les données embarquées dans les modèles BIM sont ainsi importantes. Une bonne structuration ainsi qu'un processus de vérification doivent être mis en place pour assurer la bonne exploitation des éléments.

Des maquettes BIM des différents ouvrages composant l'opération sont ainsi attendues comme livrables pour assurer le commissionnement du projet.

ETU10 —Revue de satisfaction des exigences réglementaires de l'ouvrage

Introduction

L'organisation de l'objectif « ETU10 » nécessite des prérequis qui sont décrits dans le cas d'usage clé BIM05.

Objectifs (métier)

Cet usage concerne les exigences associées à la réglementation plutôt que les résultats de la prestation d'ingénierie propre à l'ouvrage.

Exemples d'exigences réglementaires pour un projet d'infrastructure :

- Dispositifs de sécurité.
- Co-visibilité.
- Signalisation.
- Visibilité.
- Niveau d'atténuation du bruit.

Usages (BIM)

Traduction des exigences en indicateurs quantifiables (distance de visibilité, gabarits, giration, plateforme, etc.).

Suivi des indicateurs tout au long de l'avancement de la conception et de l'exécution des travaux.

Loi sur l'eau, dimensionnement des ouvrages, etc.

Livrables

Tableau de bord de contrôle.

Vidéos/animation/modèles interactifs.

Liens vers documents de réception (aux différents points d'arrêt et livraison).

ETU11 —Revue de développement du projet (délai/coûts/moyens)

Introduction

L'organisation de l'objectif « ETU11 » nécessite des prérequis qui sont décrits dans le cas d'usage clé BIM05.

Alors que les autres objectifs se concentrent sur l'infrastructure proprement dite ou son exploitation, **cet objectif concerne les ressources affectées à la réalisation de l'infrastructure.**

De ce fait, il mobilise des informations qui ne relèvent pas directement des seules informations contenues dans les objets de l'infrastructure (géométrie et propriétés).

Ces informations sont développées et stockées grâce à des outils numériques différents, comme par exemple des outils :

- De la planification.
- Des métrés.
- Des contrôles de coûts ou budgétaires.

Objectifs (métier)

Étude et minimisation des aléas de réalisation du projet.

Les interfaces informatiques à gérer sont nombreuses avec une grande disparité d'outils et de représentations mentales des objets manipulés, et dans la sémantique des disciplines convoquées.

Usages (BIM)
Prérequis : revues de maquettes (domaine des techniciens).
Requêtes SIG/modèles 3D/topics à définir (phase de préparation importante).
Routine de vérification de certaines exigences.
Interface de navigation au sein des modèles.
Revue de projet numérisée.
Livrables
Fiches de problèmes soulevés (assignation, échéance, etc.).
Fiches de recommandation.
Avancement de leur résolution.
ETU12 —Revue des études techniques
Introduction
L'organisation de l'objectif « ETU12 » nécessite des prérequis qui sont décrits dans le cas d'usage clé BIM05. C'est un objectif élémentaire qui permet de vérifier la cohérence des données au sein d'un même métier et en interface avec d'autres métiers adjacents .
C'est le domaine des techniciens. La création d'une maquette globale intégrant l'ensemble des corps d'état ne peut être correctement réalisée que si ce processus élémentaire est réalisé consciencieusement par chaque métier.
Objectifs (métier)
Contrôle de la cohérence des études de conception : <ul style="list-style-type: none"> • Au sein d'un métier (cohérence disciplinaire). • Au regard des métiers adjacents.
Usages (BIM)
Découpage spatial du projet (zone, ouvrage, bâtiment, étage pièce, etc.).
Découpage systémique du projet (disciplines ou corps d'état techniques avec identification des interfaces).
Nommage des familles d'objets et classification des systèmes (convention de nommage, si possible en cohérence avec classification de l'exploitant-mainteneur).
Détection de collisions ou d'incohérences entre objets d'un même système.
Détection de collisions ou d'incohérences entre objets de systèmes en interface.
Identification des incohérences et gestion de leur traitement (résolution/décisions/impacts).
Identification des participants aux revues (domaine des techniciens).
Planification et organisation des revues techniques (processus détaillé).
Mise en place d'une plateforme collaborative de suivi des décisions (y compris archivage).
Livrables
Tableau de bord de suivi des incohérences.
Statistiques sur résolutions.
ETU13 —Revue des études de phasage
Introduction
L'organisation de l'objectif « ETU13 » nécessite des prérequis qui sont décrits dans le cas d'usage clé BIM05. C'est un objectif élémentaire qui permet de vérifier la cohérence de l'enchaînement des phases de construction et de la coactivité sur un chantier . C'est le domaine des techniciens méthodes.
Objectifs (métier)
Contrôle de la cohérence des méthodes d'exécution : <ul style="list-style-type: none"> • Impact des procédés/coactivité. • Contraintes du planning.
Coordination conception-méthodes.

Usages (BIM)
Modélisation géoréférencée de l'existant (environnement, bâti, accès, zones d'installation, zones de stockage, zones d'attente, etc.).
Découpage spatial du projet (zone, ouvrage, bâtiment, étage pièce, etc.).
Découpage systémique du projet (disciplines ou corps d'état techniques avec identification des interfaces).
Nommage des familles d'objets et classification des systèmes (convention de nommage, si possible en cohérence avec classification de l'exploitant-mainteneur).
Cohérence découpage planning (barres GANTT) et découpages du projet (Work Breakdown Structure).
Détection de collisions ou d'incohérences entre matériels ou équipes (coactivité).
Identification des incohérences et gestion de leur traitement (résolution/décisions/impacts).
Scénarios de mise en œuvre en lien avec planification au niveau macroscopique (4D).
Mise en place d'une plateforme collaborative de suivi des décisions (y compris archivage).
Bibliothèque paramétrique d'engins et de matériels (gabarit, rayon giration encombrement, etc.).
Livrables
Animations 4D et vidéos du déroulement optimal des séquences de construction.
Tableau de bord de suivi des incohérences.
Statistiques sur résolutions.
ETUI4 —Gestion de la configuration et des variantes
Objectifs (métier)
C'est un objectif important de la gestion des évolutions de la configuration d'un projet tout au long de sa définition en phase études comme en phase réalisation. Il vise à assurer un référentiel commun de définition des différentes options qui peuvent être envisagées et le suivi de leurs statuts (actualité/obsolescence/temporalité). Il peut s'appliquer à :
<ul style="list-style-type: none"> • L'ouvrage. • Une partie d'ouvrage. • Un équipement. • Un ensemble d'équipements. • Etc.
Il faut distinguer :
<ul style="list-style-type: none"> • D'une part la gestion des indices subséquents (des études/plans selon un chrono) propres à chaque ouvrage. • D'autre part la gestion des configurations du projet (selon un index spécifique) qui associe en une configuration identifiée un ensemble d'ouvrages sous leurs indices propres.
Usages (BIM)
Associer un indice (un numéro chronologique) à chaque étape d'étude d'un ouvrage, partie d'ouvrage, équipement, ensemble d'équipements. Cette association est réalisée selon :
<ul style="list-style-type: none"> • Le niveau de granulométrie de la conception. • La convention d'indexage retenue pour le projet.
Gérer les statuts de cet indice selon la convention de visa retenue pour le projet.
Associer un index (un identifiant) à chaque configuration du projet (regroupant les ouvrages, parties d'ouvrages, équipements, ensembles d'équipements) constituant un ensemble cohérent au regard des objectifs de validation :
<ul style="list-style-type: none"> • De composants fonctionnels (validation intra métier). • D'interfaces fonctionnelles (validation inter métiers).
Cette association est réalisée selon le niveau de granulométrie de la procédure de synthèse-contrôle retenue pour le projet.
Gérer les statuts de cet index selon la convention de visa retenue pour le projet.
Assurer une cohérence (en structure de données, comme en gestion des états) entre le BIM projet et le PLM projet (gestion documentaire des configurations).
Livrables
Organisation des définitions (géométriques/attributives) des variantes d'un même ouvrage selon une arborescence logique au regard des attendus de la procédure de visa.
Organisation des définitions (géométriques/attributives) des variantes d'une même configuration de projet selon une arborescence logique au regard des attendus de la procédure de synthèse-contrôle.

ETUI5 —Gestion des ordres de modification (Change Order ou CO)

Objectifs (métier)

Assurance de la prise en compte et de la traçabilité des modifications demandées pour les caractéristiques (fonctionnelles, géométriques, attributives) d'un ouvrage, partie d'ouvrage, équipement ou ensemble d'équipement, lors du processus de leur définition ou de leur validation (gestion des observations). Elles peuvent émaner de divers intervenants :

- MOA/exploitant/mainteneur en programmation ou réception.
- MOE/KExt/KExté en conception et réalisation.
- ENT en réalisation si des adaptations s'avèrent nécessaires du fait des conditions rencontrées, géologiques ou autres.

Usages (BIM)

Associer un indice (un numéro chrono) à chaque ordre de modification, selon :

- Le niveau de granulométrie de la conception.
- La convention de traçabilité retenue pour le projet.

Gérer les circuits (ex. : flux BCF²) de création, de suivi, et des décisions/actions prises au regard de chaque ordre de modification et de leur historisation selon la convention de gestion des ordres de modification retenue pour le projet.

Livrables

Attribution des ordres de modification pris en compte aux ouvrages/équipements concernés.

ETUI6 —Contrôle externe/contrôle extérieur

Objectifs (métier)

Permettre aux entités réalisant le contrôle (externe/extérieur) :

- D'assurer le visa des documents contractuels (notes/plans/modèles) en accédant à la modélisation 3D/4D réalisée.
- De suivre la traçabilité des états/décisions/mesures/affectations.

Usages (BIM)

Intégrer dans le modèle BIM Infra la modélisation 3D/4D constituée et mettre en évidence les incohérences à traiter.

Assurer la traçabilité des décisions via des flux Topics/BCF.

Gérer les indices successifs/subséquents des objets descriptifs des ouvrages/équipements.

Livrables

Tableau de bord de résolution des incohérences identifiées dans la maquette.

Traçabilité des décisions (visas sur les documents comportant les objets contrôlés).

ETUI7 —Consolidation (MOA) de la définition des travaux à réaliser (pré-DCE)

Introduction

Le maître d'ouvrage consolide le programme des travaux à réaliser au terme des études projet. Il est appuyé de son maître d'œuvre. Cet objectif de consolidation de la définition des travaux à réaliser permet d'engager la rédaction des dossiers de consultation des entreprises.

Objectifs (métier)

Arrêt du périmètre du projet et fiabilisation des interfaces avec l'existant.

Finalisation du descriptif des travaux à réaliser.

Usages (BIM)

Simulations (trafic, air, bruit, vibrations, etc.).

Synthèse et revue de conception projet.

Livrables

Dossier projet et ses annexes validées.

Maquette 3D dans son environnement.

² BCF = BIM Collaboration Format : format neutre de collaboration BIM pour échanger des commentaires de collaboration, sans échanger le modèle lui-même.

ETUI8 —Élaboration dossier de consultation des entreprises**Introduction**

Dans le cadre de la loi MOP (marché de maîtrise d'œuvre et entreprises), le maître d'ouvrage désigne un maître d'œuvre. Il doit ensuite désigner une ou plusieurs entreprises pour réaliser les travaux. Il doit également respecter les règles des marchés.

Objectifs (métier)

Rédaction d'un dossier de consultation et des annexes techniques y compris BIM.

Rédaction d'un cahier des charges et d'un détail estimatif.

Lancement d'une procédure de consultation (publicité, appels d'offres).

Désignation d'une ou de plusieurs entreprises.

Usages (BIM)

Désagrégation numérique du projet :

- En fonction du découpage de l'opération.
- Des travaux à réaliser (terrassement, ouvrages d'art, assainissement, chaussées équipements).
- En veillant à la description complète et exhaustive des interfaces numériques entre métiers.

Livrables

DCE de réalisation des travaux par lots.

Maquette du projet et ses annexes (tabulations, MNT, géotechnique, volet environnemental).

Cahier des charges BIM du projet par lots en soulignant la coordination des interfaces.

Cadre du plan de mise en œuvre BIM du projet par lots en soulignant la coordination des interfaces.

Objectifs en phase de réalisation des travaux

De même que pour les objectifs de conception, l'identification et la maîtrise des risques projet durant la réalisation des travaux sont divisées dans les usages supplémentaires :

- TVX02.
- TVX04.
- TVX05.
- TVX08.
- TVX09.

Ces usages sont bien entendu complémentaires à ceux décrits pour la conception qui doivent rester actifs durant la réalisation.

TVX01 —Constitution d'une base de connaissance unifiée et partagée du TelQueConstruit**Objectifs (métier)**

Le modèle de référence du récolement de l'ouvrage réalisé est une fidèle représentation de ce qui a été effectivement construit. Le construire est l'objectif principal de l'étape de réalisation, en documentant :

- Les procédés utilisés.
- Les dérogations obtenues.
- Les aléas rencontrés (par ex. : géotechniques).
- Les alternatives retenues.

Les documents pertinents et les caractéristiques des sols, équipements, matériaux qui ont vocation à être reversés via le DOE numérique dans les bases de données patrimoniales et de GMAO sont associés à cette base de connaissance.

Usages (BIM)

Constitution d'une base de données de l'ouvrage réalisé :

- En associant aux objets décrivant les ouvrages/équipements qui composent l'ouvrage à exploiter.
- En maintenant toutes les informations qui les caractérisent (note de dimensionnement, fonctionnel à assurer, conditions d'installation, fiche fournisseurs).

Livrables

Modèles de synthèse du récolement.

Documents de référence.

TVX02 —Suivi (MOA) de l'avancement et de la qualité de la réalisation
Introduction
Un des objectifs principaux du maître d'ouvrage est de s'assurer que son ouvrage est : <ul style="list-style-type: none"> • Réalisé dans les temps. • Conforme à la qualité attendue.
Objectifs (métier)
Respecter les délais de livraison de l'ouvrage.
S'assurer de la qualité des travaux.
Usages (BIM)
Revue de projet avec les intervenants au projet.
Collaboration autour de la maquette du projet.
Visualisation 4D du projet.
Livrables
Document de suivi des revues de projet.
Indicateurs de suivi de la réalisation.
Commentaires au format BCF (BIM Collaboration Format).
TVX03 —Développement et validation des dispositions constructives
Objectifs (métier)
Coordination au mieux du développement : <ul style="list-style-type: none"> • Des études de l'ouvrage fini. • Des méthodes de réalisation qui sont menées en parallèle. <p>Ce développement est coordonné en mettant sur pied une base de données partagées, un référentiel commun, et une plateforme d'échanges entre les spécialistes études et méthodes (procédés & planification). Cela permet d'éviter les divergences de configuration et les reprises.</p> <p>Un autre sujet porte sur l'implication du MOA sur ces sujets, notamment pour permettre à l'entreprise et au MOA d'anticiper ensemble la communication et l'acceptabilité du projet au regard des tiers concernés (usagers/commerçants/industriels) existants impactés durant la réalisation.</p>
Usages (BIM)
Constitution itérative d'un modèle de synthèse des études de l'ouvrage fini et des méthodes (faisabilité des procédés/explicitation du phasage détaillé de réalisation/impact sur l'exploitation de l'existant) à examiner par la cellule de coordination (études/méthodes) ou la cellule de pilotage (MOA/MOE/ENT).
Livrables
Modèles (3D/4D) de synthèse.
Planification (type chemin de fer).
Statut des décisions relativement à l'exploitation de l'existant.
Média de communication/concertation.

TVX04 —Gestion du séquençage des opérations
Introduction
<p>L'objectif « TVX04 » concerne la gestion du séquençage des opérations. Cet objectif élémentaire permet de vérifier la cohérence :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De l'enchaînement des phases de construction. • De la coactivité sur un chantier. <p>C'est le domaine des techniciens méthodes et des chefs de chantier. C'est un objectif répétitif et complexe, car il doit tenir compte de la réalité de l'avancement quotidien du chantier. Il a une dimension de quasi-temps réel !</p>
Objectifs (métier)
<p>Contrôle de la cohérence des méthodes d'exécution :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impact des procédés/coactivité. • Contraintes du planning. <p>Coordination conception-méthodes.</p>
Usages (BIM)
<p>Modélisation géoréférencée de l'existant (environnement, bâti, accès, zones d'installation, zones de stockage, zones d'attente, etc.).</p> <p>Découpage spatial du projet (zone, ouvrage, bâtiment, étage, pièce, etc.).</p> <p>Découpage systémique du projet (disciplines ou corps d'état techniques, avec identification des interfaces).</p> <p>Nommage des familles d'objets et classification des systèmes (convention de nommage, si possible en cohérence avec la classification de l'exploitant-mainteneur).</p> <p>Cohérence découpage planning (barres GANTT) et découpages du projet (WBS).</p> <p>Détection de collisions ou d'incohérences entre matériels ou équipes (coactivité).</p> <p>Identification des incohérences et gestion de leur traitement (résolution/décisions/impacts).</p> <p>Scénarios de mise en œuvre, en lien avec la planification hebdomadaire ou journalière (4D).</p> <p>Identification des participants aux revues (domaine des techniciens).</p> <p>Planification et organisation des revues techniques (processus détaillé).</p> <p>Mise en place d'une plateforme collaborative de suivi des décisions (y compris archivage).</p> <p>Bibliothèque paramétrique d'engins et de matériels (gabarit, rayon giration, encombrement, etc.).</p>
Livrables
<p>Animations 4D et vidéos du déroulement optimal des séquences de construction.</p> <p>Tableau de bord de suivi des incohérences.</p> <p>Statistiques sur résolutions.</p> <p>Planning occupation des moyens de manutention.</p>
TVX05 —Gestion du séquençage de la préfabrication
Objectifs (métier)
<p>Identification dès l'amont de la planification du chantier, au-delà des ouvrages réalisés en place, les ouvrages faisant appel à des composants préfabriqués (voussoirs, fûts de piles, panneaux de dispositifs antibruit) sur un lieu de production donné. Ces ouvrages permettent d'alimenter le chantier.</p> <p>Le choix d'utiliser des éléments préfabriqués amène à reconsidérer les études de conception (voir ETU02 et ETU04).</p>
Usages (BIM)
<p>Modélisation (3D) des espaces de stockage et des cheminements d'amenée.</p> <p>Modélisation (4D) des moyens logistiques (moyens matériels, leurs capacités et leurs contraintes de mise en œuvre, moyens humains et leur affectation).</p>
Livrables
<p>Tableau de bord de la préfabrication (planifiée/réalisée, réajustement du reste-à-faire) et méthodes d'alimentation du chantier.</p>

TVX06 —Production des plans BPE**Objectifs (métier)**

Production des plans bons pour exécution (BPE) nécessaires à l'exécution des travaux :

- Depuis la base de données du projet.
- En respect du niveau de validation/d'approbation de celles-ci.

Il faut :

- Assurer la traçabilité de ces plans (papier ou numériques à destination d'ordinateur portable ou de tablettes).
- Les mettre à disposition du récolement du réalisé.

Usages (BIM)

Édition de plans, voire extraction de modèles 3D ponctuels, depuis la base de données partagée selon le niveau de validité retenu.

Livrables

Plans papier ou numériques, modèles 3D numériques.

TVX07 —Alimentation consignes de guidage des engins**Objectifs (métier)**

Pilotage engins de terrassement et de forage.

Suivi et relevé des travaux réalisés (volumétrie, fonçage, inclinaison, etc.).

Sécurité vis-à-vis des avoisinants et du personnel.

Usages (BIM)

Donner des consignes de pilotage aux engins avec des données 3D issues de la maquette.

Contrôler les interférences avec existant.

Positionner les engins (dans son environnement proche : projet ou avoisinant).

Livrables

Export/import vers engins (formats spécifiques).

TVX08 —Préparation chantier et maîtrise du risque en réalisation**Introduction**

Cet objectif possède plusieurs intérêts :

- Vérifier les tâches à réaliser dans la journée.
- Valider les tâches accomplies (pour une consolidation globale plus cohérente avec la réalité).
- Identifier les malfaçons et réserves à lever.

C'est un objectif qui demande l'implication de la maîtrise d'œuvre sur le chantier. Il s'agit d'une conduite du changement importante qui exige une formation adaptée.

Objectifs (métier)

Suivi de l'avancement du chantier.

Contrôle qualité (suivi qualité/suivi des réserves).

Usages (BIM)

Saisie directement sur site de l'avancement quotidien (tablette en mode connecté ou non).

Saisie sur site des réserves identifiées (tablette/appareil photo).

Mise en place d'une plateforme collaborative de collecte des informations d'avancement.

Découpage spatial du projet (zone, ouvrage, bâtiment, étage, pièce, etc.) jusqu'au plot de bétonnage et cages d'armatures, mais aussi ouvrages provisoires.

Découpage systémique du projet (disciplines ou corps d'état techniques) jusqu'aux équipements élémentaires (mis en place/mis en œuvre/réception).

Bibliothèque paramétrique de matériels (encombrement, etc.).

Livrables

Tableau de bord d'avancement global du chantier et tableau de bord de résolution des réserves.

TVX09 —Logistique (hors site/sur site)
Objectifs (métier)
Gestion des amenées (matériaux/équipements) au regard des espaces de stockage disponibles sur site et des rotations requises pour alimenter la production du chantier.
Optimisation des cheminements et des moyens (matériels/équipes) à mettre en œuvre pour assurer les rotations hors site.
Gestion de la coactivité.
Usages (BIM)
Modélisation (3D) des cheminements et des espaces de stockage.
Modélisation (4D) des moyens logistiques :
<ul style="list-style-type: none"> • Moyens matériels et leurs capacités. • Moyens humains et leur affectation.
Propositions de mise en œuvre : en volumétrie et en temporalité.
Livrables
Tableau de bord des livraisons des matériaux (planifiées/réalisées, réajustement du reste-à-faire).
TVX10 —Contrôle externe/extérieur
Objectifs (métier)
Permettre aux entités réalisant le contrôle (externe/extérieur) :
<ul style="list-style-type: none"> • D'assurer le visa des documents contractuels (notes/plans/modèles) en accordant à la modélisation 3D/4D réalisée depuis ces documents. • De suivre la traçabilité des états, décisions, mesures et affectations.
Usages (BIM)
Intégrer dans le modèle BIM Infra la modélisation 3D/4D constituée depuis les documents à viser et mettre en évidence les incohérences à traiter de façon géolocalisée.
Assurer la traçabilité des décisions via des flux Topics/BCF.
Gérer les indices successifs/subséquents des objets descriptifs des ouvrages/équipements.
Livrables
Tableau de bord de résolution des incohérences identifiées dans la maquette.
Traçabilité des décisions (visas sur les documents comportant les objets contrôlés).
TVX11 – Accessibilité et ergonomie du poste de travail
Introduction
La circulation des compagnons sur un chantier est une préoccupation quotidienne étant donné :
<ul style="list-style-type: none"> • Les contraintes d'emprise. • La coactivité permanente. • La reconfiguration fréquente des postes de travail.
Il convient ainsi d'assurer la sécurité et l'accessibilité à l'ensemble des zones du chantier. De même, la conception de certains outils spécifiques nécessite une étude approfondie des organes de sécurité et des espaces de déplacement avec les outils et les matériaux nécessaires aux compagnons.
Objectifs (métier)
Assurance de l'accessibilité permanente aux postes de travail.
Vérification de l'ergonomie du poste de travail.
Assurance de la sécurité des compagnons en toutes circonstances pendant leurs déplacements et leurs activités.
Usages (BIM)
Modélisation des cheminements en tenant compte des modifications de configuration du chantier en cours de réalisation.
Modélisation des équipements et matériels utilisés pour la réalisation du chantier (encombrement maximal, passages, escaliers, trappes, etc.).
Calcul automatique des trajets possibles.
Calcul automatique des gabarits de passage (compagnon avec ou sans outillage).
Livrables
Immersion dans les outils spécifiques (réalité virtuelle) et affichage des cheminements sur écran.

4.2 Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

Objectifs en phase de livraison de l'ouvrage

Nous vous présentons ci-après les objectifs en phase de livraison des ouvrages.

LIV01 —Documentation préparatoire à la réception**Objectifs (métier)**

Étoffer le modèle du TelQueConstruit (TQC) par la documentation des étapes et décisions prises lors de la réception. Cela inclut l'identification des mesures palliatives à prendre ou des dérogations obtenues.

Associer à ce modèle les documents pertinents qui ont vocation à être reversés via le DOE numérique dans les bases de données patrimoniales et de GMAO.

Usages (BIM)

Constitution d'une base de données de l'ouvrage réceptionné, en associant :

- Les objets décrivant les ouvrages/équipements qui composent l'ouvrage à exploiter et à maintenir.
- Les informations qui caractérisent ces objets (notes de dimensionnement, fonctionnel à assurer, conditions d'installation, fiche fournisseurs).

Livrables

Modèles de synthèse du récolement réceptionné, et documents de référence.

LIV02 —Opérations préalables à la réception**Introduction**

Le MOA est informé par le maître d'œuvre de l'organisation des opérations préalables à la réception. Durant ces opérations préalables, le MOE vérifie que les travaux soient terminés et conformes.

Le MOE vérifie notamment :

- Que les contrôles et essais prévus par les marchés de travaux soient concluants et positifs.
- Que les éventuelles réserves émises par les contrôles extérieurs aient été levées.

Sur la proposition du MOE, le MOA prononce la réception des travaux, avec ou sans réserve.

Ces opérations donnent lieu à un procès-verbal :

- Signé des parties en présence.
- Indiquant la date de départ des délais de garanties contractuelles et décennales.

Objectifs (métier)

Prendre possession de l'ouvrage.

Solder les marchés.

Usages (BIM)

Revue de projet « synthèse finale ».

Maquette TQC.

Visites de validation, validation des données et relevé contradictoire des réserves.

Simulation d'intervention sur ouvrages.

Métrés définitifs.

Livrables

Décomptes généraux.

Dossiers des ouvrages exécutés (DOE).

Dossiers d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO).

LIV03 — Production des livrables et pièces graphiques

Objectifs (métier)

Production des plans à partir des modèles 3D ou conformes aux modèles 3D.

Usages (BIM)

Validation des modèles 3D.

Distinction des niveaux de développement des objets (statut de fiabilité ou d'incertitude).

Établissement et vérification des liens entre les documents graphiques et la gestion documentaire.

Livrables

Plans et documents associés (notes de calcul, etc.).

Les logiciels BIM assurent la cohérence entre les livrables 3D et les pièces graphiques/listings générés depuis la maquette numérique.

Dans cette optique sont générés à partir de la maquette numérique :

- L'ensemble des plans, coupes, élévations, vues, nomenclatures d'objets et détails.
- Les métrés et tableaux livrés par les groupements dans le cadre des missions.

Ces éléments sont générés sans post-traitement 2D (hors post-traitement pour améliorer la qualité de présentation), en suivant un processus qui garantit la cohérence entre ces documents et la maquette numérique dont ils sont issus.

LIV04 — Récolement du TQC

Introduction

Tout au long de l'opération, les données sont stockées :

- Soit dans la gestion électronique de documents.
- Soit dans les modèles numériques mis à jour et validés.

Toutes ces données sont structurées et organisées en fonction du cahier des charges de l'opération. Elles sont aussi classées pour alimenter le récolement. Il faut distinguer :

- D'une part les données utiles pour la gestion ultérieure courante (exploitation et maintenance usuelle) des ouvrages et celles garantissant une connaissance fine de l'ouvrage livré et de son historique de réalisation (y compris des équipements/ouvrages enterrés ou masqués non visibles avec installation/réalisation).
- D'autre part les données utiles uniquement lors d'opérations de maintenance lourde, de rénovation ou de démantèlement, ou encore de litiges ou de relations avec des tiers dans le futur.

Données utiles pour la gestion ultérieure courante des ouvrages

Ces données sont essentiellement stockées et identifiées dans la GED par une nomenclature adaptée. Cette nomenclature intègre une dénomination d'ouvrage pour faire le lien avec la maquette numérique de récolement ou la base de données patrimoniale concernées par l'opération. Parmi ces données à conserver, nous retrouvons les données numériques BIM qui alimentent le processus BIM de la gestion, de l'exploitation et de la maintenance de l'ouvrage créé. Ces données sont constituées :

- D'une partie du dossier de récolement.
- Des éléments utiles à l'exploitation contenus dans les DOE et DIUO.

Données garantissant une connaissance fine de l'ouvrage livré et de son historique de réalisation

Ces données ne sont pas soumises ultérieurement à des processus réguliers de mises à jour. Elles sont stockées et identifiées dans la GED par un code spécifique et une nomenclature adaptée. Cela concerne aussi les documents généraux relatifs :

- Aux contrats.
- Aux pré-études.
- À la sécurité durant le chantier.
- À l'environnement chantier.
- À la communication.
- Aux archives secrétariats.
- Etc.

Données utiles uniquement lors d'opérations

Objectifs (métier)

Disposer du dossier de récolement de l'ouvrage réalisé.

Élaborer le dossier numérique BIM à transmettre à l'exploitant.

Usages (BIM)
Modélisation 3D de l'avancement ou de l'ouvrage fini (TQC).
Clôture de la GED travaux et fiabilisation des données numériques.
Contrôle du TQC (y compris au regard des exigences fonctionnelles).
Livrables
Dossier de récolement.
Maquette TQC et base de données associée.
Rapport de mises à jour, d'analyse et de suivi des reprises éventuelles.
LIV05 —Alimentation DOE-DIUO
Introduction
Les dossiers des ouvrages exécutés et des interventions ultérieures sur ouvrages font partie du récolement transmis à l'exploitant de ces ouvrages.
Ces dossiers décrivent non seulement les ouvrages, mais aussi leurs modalités de fonctionnement et d'opération ainsi que d'entretien et de maintenance.
Ils sont essentiels pour garantir une exploitation maintenance de qualité avec des gains de temps et d'investissement non négligeables à court terme.
Ces dossiers sont rédigés contractuellement par les entreprises. Ils doivent être vérifiés en amont de la livraison des ouvrages concernés. En particulier, les niveaux de détail et de tolérance doivent être précisés dans le contrat.
Objectifs (métier)
Élaborer une base documentaire fiabilisée par ouvrage.
Expliciter les modalités opérations : exploitation, maintenance.
Réussir la concertation et les échanges entre constructeurs et mainteneurs.
Réussir plus généralement la prise en mains des installations livrées par le personnel d'exploitation et de maintenance.
Usages (BIM)
Extraction des documents DOE/DIUO des maquettes 3D, en particulier toutes les descriptions fonctionnelles et opérationnelles et les éventuelles modélisations de simulation associées.
Identifier et nommer les documents qui alimentent les DOE/DIUO dans la GED.
Livrables
Tous les documents constitutifs des DOE et DIUO :
<ul style="list-style-type: none"> • Pièces graphiques. • Documentation technique. • Avis des contrôles techniques. • Etc.

4.2 Objectifs métiers et usages BIM pour le projet

Objectifs en phase de gestion exploitation maintenance

Nous vous présentons ci-après les objectifs en phase de gestion exploitation maintenance.

GEM01 —Constitution d'une base de connaissance unifiée et partagée du TelQueMaintenu**Objectifs (métier)**

Étoffer le modèle du TQC par la documentation des opérations de maintenance ou de régénération. Ces opérations sont entreprises au cours de la vie en exploitation de l'ouvrage dont l'identification a dû commencer dès les phases de programmation et de conception (voir la partie « Besoins opérationnels » et ETU03).

Associer à ce modèle les informations et documents qui sont gérés en parallèle dans les bases de données patrimoniales et de GMAO.

Usages (BIM)

Constitution d'une base de données de l'ouvrage tel que les opérations de maintenance la font évoluer, en associant :

- Les objets décrivant les ouvrages/équipements qui composent l'ouvrage en exploitation.
- Les informations qui les caractérisent (note de dimensionnement, fonctionnel à assurer, conditions d'installation, fiche fournisseurs).

Livrables

Modèles de synthèse résultant des opérations de maintenance et de régénération.

Documents de référence.

GEM02 —Optimisation des processus de l'exploitant et du mainteneur**Objectifs (métier)**

L'apport d'une démarche BIM sur un projet d'infrastructure vis-à-vis des processus de GMAO de celui-ci se situe à 2 niveaux principaux décrits ci-dessous.

En amont de la construction, c'est-à-dire en phase de définition du projet

À ce stade, les exigences des processus d'exploitation/maintenance qui ont un impact potentiel sur le design du projet doivent être :

- Exprimés.
- Compris.
- Pris en compte.

Le suivi de leur prise en compte doit être assuré.

Par exemple, un exploitant/mainteneur fournit au concepteur/constructeur les séquences de disposition des ITPC (conformément aux exigences d'exploitation) au regard des ouvrages de génie civil et des raccordements figurant sur la développée du projet.

En aval de la construction, c'est-à-dire lorsque l'exploitant/mainteneur réceptionne le projet fini

L'exploitant/mainteneur peut alors ambitionner d'enrichir ses processus opérationnels de gestion ou de rénovation des infrastructures grâce à la base de connaissance agrégée au fil du développement du projet (en études comme en réalisation). Cette base de données lui est remise avec le DOE numérique.

Par exemple, il enrichit ses ordres d'intervention sur équipements/partie d'ouvrages avec la connaissance modélisée de l'environnement dans lequel ils se situent pour optimiser :

- Les accès.
- Les manœuvres.
- Etc.

Usages (BIM)

Traçabilité (prise en compte, suivi, visa) des exigences d'exploitation et de maintenance.

Livrables

Reversement du TQR :

- Dans les bases de données de la GTB/GTP et de la GMAO.
- Au bon niveau de détail (y compris avec façonnage).

GEM03 —Alimentation de la BD Patrimoine et des processus GMAO**Introduction**

Une démarche BIM infrastructure suppose d'alimenter les systèmes de gestion des BD patrimoine et de gestion des processus GMAO :

- La gestion du foncier.
- La gestion des données géographiques.
- La planification des grands travaux.
- La gestion technique des actifs et des stocks.
- La gestion des missions, des ressources et des répartitions des missions.
- La gestion en temps réel du trafic.
- La gestion des actifs (*facility management*).
- L'interaction avec la GED.

Besoins du MOA/concessionnaire

En phase conception/construction :

- Coordination entre concepteur et exploitant pour la prise en compte des exigences de l'exploitant dans le design de l'ouvrage.
- Coordination entre concepteur et mainteneur pour la prise en compte des exigences du mainteneur dans le design de l'ouvrage.
- Supervision générale du design de l'ouvrage.
- Supervision de la structuration du DOE numérique et de la GED concessionnaire.
- Alimentation des outils de communication/concertation en informations projet de référence.

En phase exploitation :

- Qualification et réception du DOE numérique.
- Façonnage éventuel pour alimenter l'exploitant (planning) et le mainteneur (GMAO).
- Façonnage éventuel pour alimenter le SIG.
- Évolution de la base documentaire 3D de l'ouvrage et documents gérés en GED.
- Alimentation des outils d'analyse de performance (indicateurs KPI) en informations projet de référence.
- Alimentation des outils de reporting vers le concédant (gestion de crises).

Besoins de l'exploitant en gestion de trafic

Gestion des événements (accident/incident).

Surveillance (patrouilleurs).

Régulation trafic (cas de surcharge).

Information des usagers.

Gestion des moyens.

Besoins de l'exploitant en entretien de l'infrastructure

Entretien (patrimoine hors équipements gérés par mainteneur).

Gestion/contrôle stocks (quai à cônes/sel).

Édition/mise à disposition plans/documents (travaux en régie).

Besoins de l'exploitant en planification GER (gros entretien renouvellement)

Planning général travaux année suivante.

Gestion des impondérables.

Planification des capacités.

Gestion des travaux en régie.

Utilisation/mise à jour armoire à plans numérique.

Besoin du mainteneur des équipements énergisés

Énergie/onduleurs.

Équipements des barrières pleine voie (péage).

Équipements voirie :

- Boucles trafic.
- Stations météo.
- Mesures vibratoires.
- Vidéosurveillance.
- Contrôles d'accès.

Réseaux de transmission (radio/RVA).

Réseaux PAU.

Réseau fibre optique.

GEM04 —Formation et Immersion**Objectifs (métier)**

Une démarche BIM sur un projet amène de nombreuses possibilités d'appréhension de la future infrastructure en amont de sa réalisation (ou en amont de son exploitation) :

- D'une part à destination de divers types d'intervenants et au regard de différents types d'opérations.
- D'autre part sous l'angle de différentes techniques d'interaction.

Intervenants/opérations

En simulation d'usage de l'infrastructure :

- Usagers : lisibilité de la signalisation.
- Agents de conduite : appréhension des parcours.

En simulation d'opération d'exploitation et de maintenance :

- Opérateurs : appréhension de manœuvre.
- Mainteneurs : accessibilité des équipements.

Techniques d'interaction

Via maquettes interactives (réalité virtuelle ou virtualité augmentée).

Via modèles immersifs parcourables.

Via modèles immersifs interrogeables/amendables (commentaires).

Usages (BIM)

Circulations interactives (ou préprogrammées).

Manœuvres interactives (ou préprogrammées).

Opérations interactives (ou préprogrammées).

Livrables

Maquettes interactives de réalité virtuelle.

Virtualité augmentée sur tablette orientable (géoréférencée/gyroscopée).

Modèles immersifs parcourables.

Salles immersives avec fonctions d'interrogation, de mesure, d'annotation (commentaires).

4.3. Usages BIM clés

Préambule

Sous cette terminologie sont explicités plusieurs usages clés ou génériques au sens de leur utilisation récurrente au service d'autres usages BIM et métiers.

BIM01 : structuration des données

Prérequis

Les objets modélisés doivent être structurés afin d'être identifiés et regroupés en famille ou système.

Une classification et une convention de nommage doivent être établies et suivies par l'ensemble des modeleurs et contributeurs à la maquette.

De même, **les noms propriétés et attributs des objets doivent être standardisés** pour le projet, afin de pouvoir réaliser :

- Des regroupements ou des inventaires.
- Des simulations.
- Des analyses.
- Des détections d'interférences entre familles d'objets.

Se reporter aussi au chapitre 7 sur la structuration des données du présent document.

Préférence pour la classification de l'exploitant

Il est préférable d'utiliser la classification proposée par l'exploitant ou à défaut par le maître d'ouvrage, pour assurer la gestion de son patrimoine et de ses actifs (Asset Management).

Établissement d'une classification

Cette classification n'existe pas toujours et il est donc primordial d'exiger une telle structuration. Si le maître d'ouvrage n'est pas en mesure de la proposer, il faut être proactif et établir une classification adaptée au projet :

Étape	Action
1.	Commencer par les actifs majeurs (pont, tranchée couverte, tunnel, échangeur, etc.).
2.	Établir pour chacun de ces actifs la liste des systèmes qui le composent au moins d'un point de vue opérationnel.
3.	Établir la liste des composants élémentaires et de leurs propriétés.

Demande d'établissement d'une classification aux experts

Il n'existe pas de classification internationale, ni même de classification nationale parfaitement adaptée à tout type de projets (ou du moins, celles qui existent ne sont pas réellement utilisées). C'est pourquoi il est nécessaire de demander aux experts de chaque discipline ou corps d'état d'établir cette classification.

Exemples de classifications sur lesquelles s'appuyer

Nous pouvons nous appuyer sur les classifications suivantes par exemple :

- Uniclass 2015 utilisée au Royaume-Uni.
- Omniclass OCCS utilisée aux États-Unis (et en particulier la table 23).
- Uniformat 2 ASTM utilisée aux États-Unis.

4.3 Usages BIM clés

BIM02 : modélisation	La modélisation est un prérequis pour l'ensemble des usages BIM proposés.		
Présentation	<p>La modélisation n'est pas seulement la création d'un modèle géométrique en 2 ou 3 dimensions. Il s'agit aussi de la création d'un modèle fonctionnel qui autorise de nombreuses analyses et simulations. Pour cela, le modelleur ou le contributeur doit renseigner les propriétés et les attributs nécessaires pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simuler son comportement. • Optimiser sa conception. • Analyser son état. 		
Modélisation « objets »	<p>La modélisation « objets » est réalisée à l'aide d'un logiciel de modélisation (authoring tool). Ce logiciel permet la modélisation paramétrique d'objets sélectionnés dans des familles d'objets. Il doit être choisi en fonction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des livrables attendus. • Du savoir-faire des modelleurs. 		
Charte numérique	<p>Les modélisations en 2 dimensions (par exemple réseau ou schématique) sont souvent indispensables à l'appréhension fonctionnelle. Elles nécessitent souvent une reprise en 3D afin d'être intégrées dans la maquette numérique globale.</p> <p>Afin que le modèle puisse être intégré dans la maquette numérique du projet, il doit suivre un certain nombre de règles imposées à l'ensemble des contributeurs. Ces règles sont précisées dans une charte numérique commune qui établit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le système de coordonnées global du projet. • Les unités de modélisation. • Le format attendu des fichiers. 		
Agrégation/intégration	<p>Les modèles sont intégrés dans la maquette globale du projet. Cela permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De les contextualiser. • De vérifier leur adéquation avec leur environnement proche. <p>Cette agrégation peut être réalisée par l'équipe de BIM management, après vérification de la conformité du modèle avec la convention BIM ou le plan de mise en œuvre BIM du projet.</p>		
Objectifs	<p>Les principaux objectifs de la modélisation sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agrégation/intégration de l'ensemble des modèles dans la maquette numérique globale du projet et dans son environnement. • Compréhension du projet (navigation au sein de la maquette). • Requête sur les objets (propriété des objets, statut de développement, prise de cote, etc.). • Suivi de l'avancement du projet (conception, construction livraison, etc.). • Simulation et analyses diverses. 		
BIM03 : validation des données	<p>La validation des données est un processus vaste et complexe. Il peut d'abord s'appliquer à plusieurs types de validation. Dans tous les cas, la validation ne peut être réalisée qu'au regard d'un objectif métier spécifié.</p>		
Présentation	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="517 1715 1441 1758">Exemple</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="517 1760 1441 1872">La validation réglementaire de l'implantation de panneaux de signalisation verticale avant une bretelle de sortie peut être annulée par une contrainte de visibilité liée à un masque en amont des panneaux.</td> </tr> </tbody> </table>	Exemple	La validation réglementaire de l'implantation de panneaux de signalisation verticale avant une bretelle de sortie peut être annulée par une contrainte de visibilité liée à un masque en amont des panneaux.
Exemple			
La validation réglementaire de l'implantation de panneaux de signalisation verticale avant une bretelle de sortie peut être annulée par une contrainte de visibilité liée à un masque en amont des panneaux.			
Distinction des différents types de données	<p>Il faut donc bien distinguer les différents types de données que nous vous présentons dans le tableau ci-dessous.</p>		

Donnée juste	<p>La donnée est correcte vis-à-vis :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De son exigence métier. • De la réglementation en vigueur (design checking). <p>Ce n'est pas le domaine de l'équipe de BIM management.</p>
Donnée conforme	<p>La donnée est correcte vis-à-vis de la charte numérique du projet (model checking). C'est le domaine de l'équipe de BIM management. Cette validation permet alors :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'intégrer la donnée dans la maquette numérique globale. • De la confronter aux autres modèles en interface.
Donnée intégrée	<p>La donnée est correcte vis-à-vis de la performance globale de l'infrastructure une fois les éléments intégrés dans le modèle global.</p> <p>C'est le domaine qui doit rester impérativement à l'équipe technique de projet ou à son directeur technique pour que celui-ci puisse être le garant de la performance de l'ensemble.</p>

<p>Étapes de validation des données</p>	<p>Le processus est réalisé en plusieurs étapes, avec un accroissement de la complexité :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Validation dans le modèle « disciplinaire », au sein d'un bureau d'étude (BE) ou d'une discipline précise. Cette validation contrôle que la donnée est juste et conforme au regard d'une fonction attendue. 2. Validation dans le modèle intégré, c'est-à-dire le modèle fusionnant les données de plusieurs disciplines en interface. Cette validation contrôle que la donnée est correcte au regard de l'ouvrage dans sa globalité et de toutes ses interactions avec l'environnement. C'est le processus de gestion des incohérences et des interférences.
	<p>Le processus exige également une définition précise du flux de validation et des acteurs impliqués dans ce flux.</p>
<p>Attribut « statut » de la donnée</p>	<p>La donnée ne prend jamais le statut « validé », car elle doit être considérée en fonction de son développement.</p> <p>On affecte à chaque donnée (ou à chaque famille de données) un attribut « statut », qui prend l'un des 3 états (Norme ISO 19650) décrits ci-dessous.</p>

En cours	La donnée est en cours de conception. Elle n'est pas encore partagée et est utilisée « en interne » par le groupe de travail de la discipline considérée.
Partagé	La donnée est contrôlée au sein de sa propre discipline pour une fonction spécifique. Si elle est juste et conforme, elle est partagée avec les autres groupes de travail pour être confrontée à son contexte.
Publié	<p>La donnée est confrontée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • À son contexte. • À son environnement. <p>Elle a été intégrée et validée par l'équipe projet. Si elle est conforme aux attentes et n'est pas en interférence, elle obtient l'autorisation de publication par le maître d'ouvrage. La donnée devient alors la référence tant qu'elle n'est pas remise en question. Elle peut ainsi servir pour le développement de la conception, pour la construction ou la gestion des actifs. Ceci suppose la mise en œuvre des processus clés 04 et 05 décrits ci-dessous.</p>

4.3 Usages BIM clés | BIM03 : validation des données

Attribut « statut »
de la donnée

Le dernier conteneur « Archive » contient :

- L'ensemble des informations.
- L'historique de leur développement et de leurs modifications.

Il contient en particulier la base de référence (baseline) des informations figées à un jalon particulier du projet (point d'arrêt partiel).

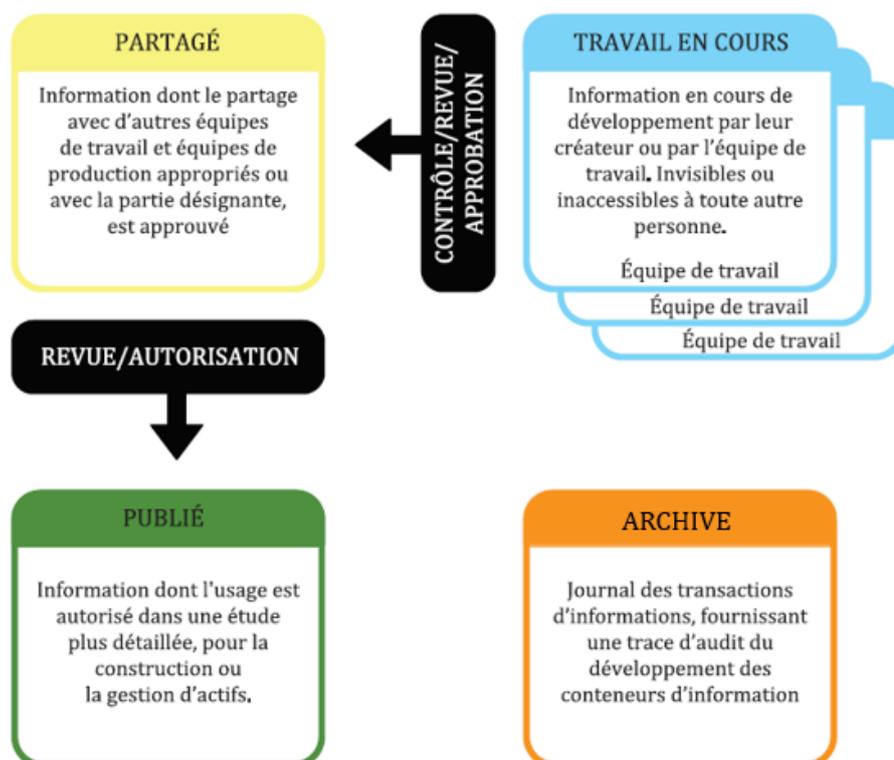


Figure 5 : statuts de développement des données (Extrait Norme ISO 19650)

Une mise en œuvre particulière de cet usage BIM a lieu en préparation de la livraison avec la constitution d'une base de données TelQueConstruit (TQC).

BIM04 : gestion des incohérences et des interférences

Distinction des différents types d'interférences

Cet usage BIM est directement lié à l'objectif de synthèse, c'est-à-dire la confrontation de toutes les données issues de l'ensemble des disciplines.

Il faut distinguer plusieurs types de problèmes (ou sujets) à identifier. Nous vous présentons ces problèmes dans le tableau ci-dessous.

Interférences statiques	La collision entre deux objets qui s'interpénètrent.
Interférences dynamiques	<p>La collision entre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un objet. • L'enveloppe d'un autre objet en mouvement ou un espace à laisser vacant pour sa mise en œuvre ou une intervention. <div style="background-color: #333; color: white; padding: 2px;">Exemple</div> <p>Un espace à laisser vacant sous un luminaire pour changer une ampoule hors service.</p>
Incohérences	<p>Les incohérences peuvent concerner :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des données redondantes non similaires (comparaison entre une modélisation et un relevé numérique). • Des données non conformes à la charte numérique du projet (nommage erroné, système de coordonnées non respecté, etc.). <p>Attributs ne permettant pas la satisfaction des exigences fonctionnelles.</p>

Possibilités de détection géométrique

Dans les deux premiers cas au moins, il faut tenir compte de l'état de l'objet :

- Dans sa configuration finale (objet mis en œuvre).
- Dans ses états intermédiaires en phases :
 - De manutention.
 - De mise en œuvre avec des outils spécifiques.
 - D'utilisation.
 - De manipulation (mouvement, intervention de maintenance, remplacement, etc.).
- Dans un contexte en 3 dimensions.

La détection de ces sujets peut être réalisée de plusieurs manières :

- Une **inspection géométrique visuelle** réalisée par un technicien spécialiste (chargé d'étude technique) par navigation au sein de la maquette numérique.
- Une **inspection géométrique automatique** réalisée par des logiciels spécialisés détectant les conflits suivant des scénarios (filtres sur classes d'objets). En effet, il ne faut pas détecter l'ensemble des collisions d'un projet sans avoir « filtré » au préalable les familles d'objets potentiellement en interférence.

Des détections réglementaires sont réalisables dans la mesure où la réglementation peut être traduite en géométrie à respecter, notamment dans le cas d'une largeur de trottoir ou de porte.

Solutions de détection

Plusieurs logiciels sont dédiés à ce genre d'inspection :

- Des modeleurs disposant de fonctionnalités d'alerte d'incohérence à la conception.
- Des agrégateurs de maquettes avec fonctionnalités d'analyses géométriques.
- Des analyseurs de cohérence de modèles IFC.

4.3 Usages BIM clés | BIM04 : gestion des incohérences et des interférences

Scénarios
d'interférences

En préalable à ces détections, il est primordial de spécifier les différents scénarios de détection à entreprendre. Pour cela, **il faut tout d'abord structurer et classer les objets en familles ou en systèmes.**

Nous vous proposons ci-dessous des exemples de scénarios pertinents à réaliser séparément pour éviter le surnombre ingérable de sujets détectés.

Exemple de scénarios pertinents

Réseaux secs confrontés aux réseaux humides.

Réseaux HT confrontés aux réseaux BT.

Réseaux confrontés aux massifs enterrés (supports de signalisation, supports de glissières de sécurité, etc.).

La liste de ces scénarios doit être la plus exhaustive possible. Elle est établie par les experts métier (ce ne peut pas être de la responsabilité du BIM manager) avec les niveaux de tolérance admissibles. Elle doit être cohérente avec les niveaux de développement du projet (niveau de détail géométrique).

Gestion et résolution
des sujets identifiés

Le but de la détection des sujets est bien sûr leur résolution. Afin de suivre l'évolution de leur traitement, il faut les gérer, c'est-à-dire :

- Les nommer.
- Les dater.
- Les affecter à une équipe.
- Etc.

Il est donc indispensable d'utiliser un logiciel dédié à cette gestion qui permet d'affecter un statut à chaque sujet pour suivre son état de traitement.

Le format BCF est particulièrement adapté à cette gestion et doit être privilégié. Il est compatible avec de nombreux logiciels de modélisation. Cela permet d'ouvrir le fichier de commentaires directement dans le format natif afin de résoudre le conflit ou l'incohérence.

La gestion des sujets est une mission importante de l'équipe de BIM management, et doit être abordée à chaque revue de projet :

- Revue de maquette.
- Revue d'étude technique.
- Etc.

BIM05 : génération
des plans

Présentation

Aujourd'hui encore, les plans sont contractuels. Ils doivent être visés et validés dans un flux de gestion documentaire.

Un plan est **une vue particulière ou une coupe d'un modèle 3D**. La grande différence entre la vue particulière et le plan 2D est la cotation. En effet, sur un plan 2D, l'ensemble des cotes utiles et nécessaires pour dimensionner géométriquement l'ouvrage conçu à construire doivent être clairement indiquées.

De plus, le plan **possède des vues de détail et des annotations précisant certains points de vigilance qui ne peuvent pas apparaître automatiquement.**

Exemple de scénarios pertinents

Traitements de surface, des tolérances admissibles, etc.

Enfin, **un plan possède un cartouche** dont l'indice est révisé à chaque modification. Il est donc remis dans le circuit de validation pour approbation avant passage dans une autre phase du projet.

Prérequis

La mise en plan est un processus long et minutieux. Cela exige :

- De fortes compétences métier.
- Une grande connaissance des attentes de l'utilisateur suivant.

4.3 Usages BIM clés | BIM05 : génération des plans

**Pas de post-traitement
des plans issus d'une
maquette**

Le plan issu d'une maquette, c'est-à-dire généré automatiquement depuis une maquette, ne doit pas faire l'objet de post-traitement (modification directe).

Seul « l'habillage » pour sa compréhension ou sa complétude peut être autorisé. Le but de cette interdiction est **d'éviter toute divergence entre plans et modèle 3D dont sont issus les plans.**

Cependant, la plupart du temps, l'habillage ne peut pas être conservé d'une révision à l'autre. En effet, la régénération d'un plan « écrase » l'ensemble des informations complémentaires apportées manuellement lors de l'habillage.

**La validation des modèles
numériques est
privilegiée**

À court terme, il faut ainsi privilégier la validation des modèles numériques et non plus la validation des plans 2D. Cela permet de n'utiliser que des données d'entrées cohérentes, sans interférences et incohérences.

Les plans ne sont alors que des vues particulières du modèle 3D dont les cotations apparaissent sur des angles de vue spécifiques définis à l'avance.

**Utilisation de modèles
numériques sur site**

L'utilisation de modèles numériques sur site (sur des tablettes mises à disposition des compagnons) permet la prise de cotes complémentaires.

BIM06 : planification 4D
Présentation

La planification 4D est un usage BIM particulièrement efficace. Il permet de répondre à de nombreux objectifs métiers très souvent utilisés :

- Optimisation de séquences de réalisation.
- Suivi de l'avancement des travaux.
- Gestion de la co-activité.
- Organisation de la logistique.
- Etc.

Prérequis
▼ Une parfaite adéquation entre la modélisation 3D et la planification du projet

Cet usage BIM nécessite une parfaite adéquation entre la modélisation 3D (du projet et des outils nécessaires à la construction) et la planification du projet.

Elles doivent avoir le même découpage WBS (Work Breakdown Structure).

▼ Une structuration et une classification des objets à réaliser/utiliser

La structuration et la classification des objets à réaliser ou à utiliser sont un prérequis indispensable. Cette structuration doit être parfaitement cohérente avec le découpage du planning en tâches élémentaires.

Cette structure assure le lien étroit entre l'objet 3D et sa barre de GANTT associée. Elle permet :

- D'afficher le déroulement d'un projet par enchaînement de tâches élémentaires.
- De mettre à jour le planning 4D :
 - En modifiant l'ordre des tâches dans le planning GANTT.
 - En modifiant le découpage des objets (changement d'arrêts de bétonnage, ajouts de plots, etc.).

4.3 Usages BIM clés

BIM07 : revue à l'aide du BIM

La revue de projet permet :

- D'évaluer :
 - La capacité d'un projet à satisfaire les exigences du client.
 - La conformité aux besoins.
 - Le respect de la qualité, des délais et des coûts.
- De vérifier la cohérence technique (données et contraintes).
- D'identifier les problèmes.
- De proposer des solutions.
- De vérifier la conformité de l'étude avec le contrat.

La revue de projet est une étape de prise de décisions et de validation des éléments du projet. Nous vous présentons ci-dessous les 4 étapes de la revue et leurs actions.

Étape		Actions
1.	Préparation	Déclencher le processus de revue en la situant dans le projet.
		Tenir des réunions de préparation avec le responsable de revue afin de définir la note d'organisation et le dossier de revue.
		Préparer ou mettre à jour les tableaux de suivi des modèles et des actions.
		Diffuser le dossier de revue.
		Collecter les retours des intervenants et leurs demandes.
2.	Conduite de la revue	Mettre à jour le dossier en fonction des retours.
		Lancer la réunion : <ul style="list-style-type: none"> • Rappeler les objectifs. • Montrer l'avancement du projet. • Exposer le dossier de revue.
		Organiser des séances de travail thématique : <ul style="list-style-type: none"> • Indiquer la progression effectuée depuis la précédente revue. • Discuter des nouveaux sujets. • Émettre des solutions et des recommandations le cas échéant. • Finir en faisant une synthèse de la thématique.
3.	Exploitation des résultats	Proposer une synthèse globale : <ul style="list-style-type: none"> • Formuler un avis général sur les décisions majeures. • Évoquer les actions à mener en priorité. • Planifier la prochaine date de revue.
		Réaliser une réunion d'exploitation pour élaborer le compte-rendu et trancher sur les solutions.
4.	Suivi des décisions	Émettre un compte-rendu de revue contenant l'ensemble des documents du dossier de revue complété avec les données de la revue.
		Suivre les actions.
		Archiver les actions réalisées et les décisions prises.

Schéma de dépendance des objectifs métiers et des usages BIM

Le schéma présenté ci-dessous a pour objectif de mettre en évidence les interdépendances entre objectifs métiers au regard du cycle global de développement d'un projet. Il souligne le fait que **presque aucun objectif métier n'est autoporteur**. Par conséquent, viser à satisfaire un objectif métier donné implique de s'être préoccupé des objectifs en amont qui deviennent des prérequis.

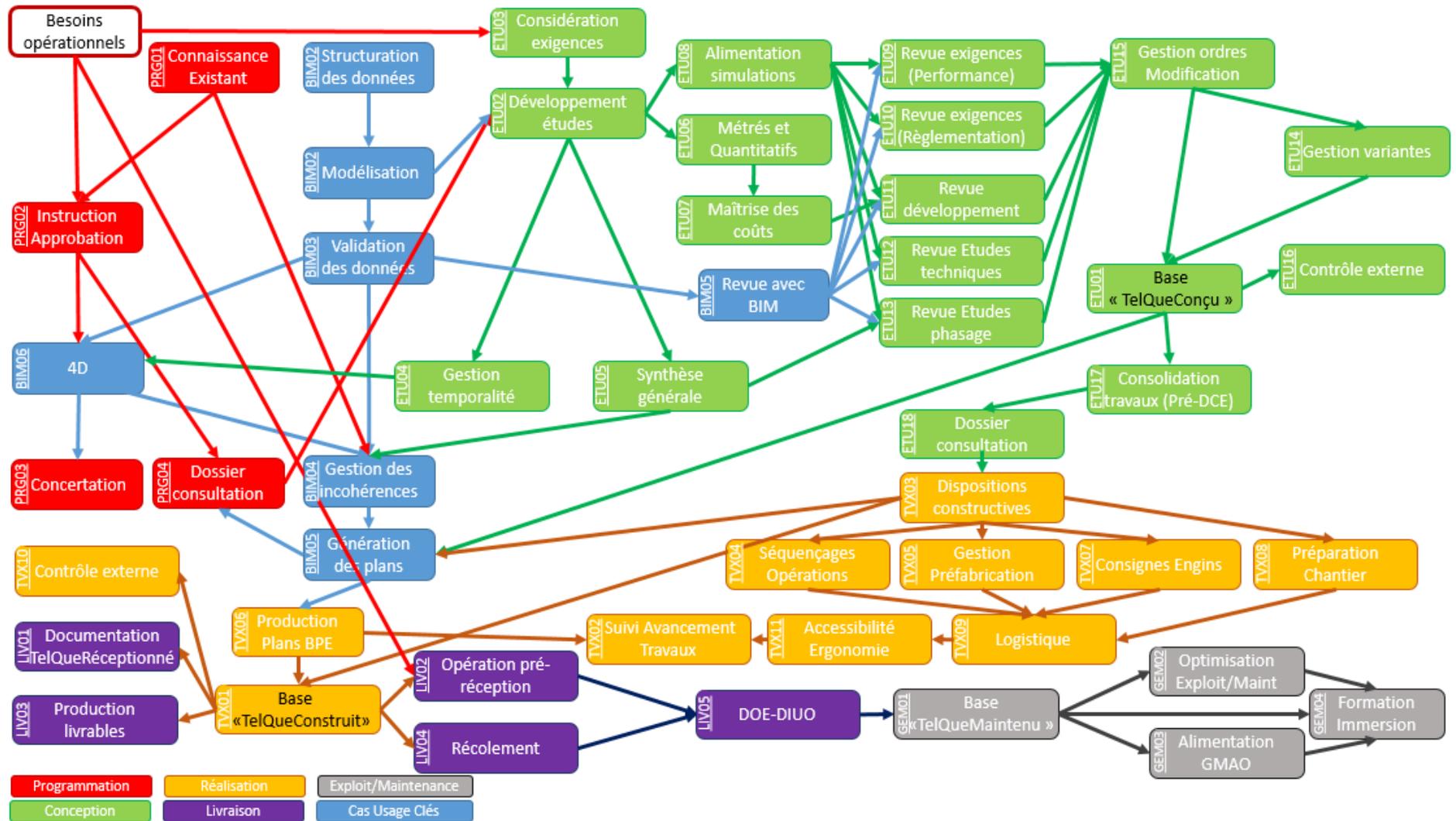


Figure 6 : dépendance des objectifs et des usages BIM

5. ORGANISATION ET PROCESSUS

5.1. Organisation

Préambule

Schéma des liens entre rôles BIM et rôles techniques/projet

Nous vous présentons dans le schéma ci-dessous les liens entre :

- Rôles BIM.
- Rôles techniques/projet.

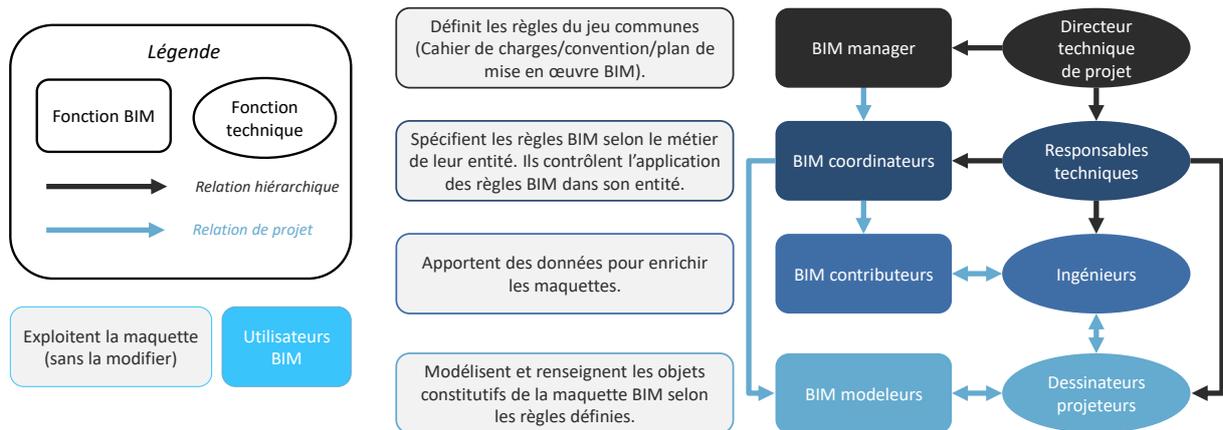


Figure 7 : liens entre rôles BIM et rôles techniques/projet

Responsabilités principales

Intégration de l'organisation BIM au management technique

Confidentialité des données/informations

Ce schéma est repris du document « Recommandations de mise en place du BIM ». Il montre que les intervenants autour de la maquette sont intégrés dans des relations hiérarchiques et contractuelles tout au long des grandes étapes du processus constructif :

- Programmation. • Réalisation. • Exploitation. • Conception. • Livraison.

C'est au **MOA** ou ultérieurement à l'exploitant d'adopter la structure contractuelle et hiérarchique qu'il souhaite. C'est aux diverses **entités juridiques** de préciser les rôles dévolus à leurs intervenants.

L'organisation BIM doit être intégrée au management technique du projet. Elle ne doit en aucun cas se substituer aux fonctions métiers à proprement parler.

Le MOA précise à qui il entend confier le management du BIM sous le contrôle de la direction technique.

Chaque entité juridiquement responsable doit pouvoir conserver confidentielles des données et informations qui concernent uniquement :

- Ses processus propres. • Ses secrets de fabrication.

Cependant, elles ne peuvent faire obstacle à la transmission d'informations techniques et contractuelles indispensables. Ces informations indispensables permettent la bonne intégration des technologies et des prestations de chacun en un ensemble :

- Performant. • Respectant toutes les contraintes et exigences.

5.1 Organisation

Organigramme

Les objectifs de cette section sont doubles :

- Établir l'organigramme de l'équipe de management du BIM en détaillant les fonctions des intervenants, en fonction de la phase du projet.
 - BIM Manager. – Contributeur BIM.
 - Coordinateur BIM. – Modeleur BIM.

Les missions associées à ces fonctions sont décrites plus précisément dans le document « Recommandations de mise en place du BIM ».

- Spécifier les liens fonctionnels de l'équipe de management du BIM, en particulier les rattachements hiérarchiques et fonctionnels du BIM manager et des coordinateurs BIM.

Identification des acteurs

Un tableau doit être mis à jour régulièrement. Ce tableau doit prendre en compte les nouveaux partenaires contributeurs à la démarche BIM du projet.

NOM Prénom	Initiales	Partenaire	Adresse email	Fonction	Actif
MARTIN Luc	LMA	Société X	lmartin@societeX.com	BIM xxx	Oui/non
XX	XX	XX	XX	XX	XX

Conservation de tous les acteurs

La colonne « Actif » permet de connaître le statut de l'intervenant :

- Oui = en activité. • Non = mission terminée ou autre.

Cela permet de garder la trace de tous les acteurs qui ont contribué à l'équipe de BIM management.

Cas d'un projet international

Pour un projet à caractère international, une colonne « langue de contact » peut être ajoutée.

Désignation et aménagement des intervenants

Il convient de désigner par leur nom les intervenants chargés des fonctions dans les documents contractuels d'organisation BIM, au même titre que dans un PAQ projet. Il faut également les amender pour documenter les évolutions des équipes au cours du projet.

Droits d'accès aux données

Les accès aux informations de la maquette et de la base de données associée diffèrent selon :

- La société d'appartenance et les fonctions de l'acteur.
- Le découpage du projet et des responsabilités.

Exemple de matrice de droits d'accès

Nous vous présentons ci-après un exemple de matrice de droits d'accès en fonction :

- Du type de données. • De la répartition des missions des acteurs.

	Tout le monde	Collaborateur Société S	Collaborateurs en charge du lot X
Donnée externe	Publié (par défaut)	--	--
Donnée commune	Publié (par défaut)	--	--
Donnée projet « en cours »	En cours (Work In Progress) ou partagé ou publié	--	--
Donnée lot X	Partagé ou publié	Partagé ou publié	En cours (Work In Progress) ou partagé ou publié
Donnée projet privée	Pas d'accès	Donnée non partageable avec les autres sociétés	--

5.1 Organisation | Droits d'accès aux données

**Un administrateur
doit avoir tous les accès**

Il existe toujours un « super administrateur » de la plateforme d'échange. Ce dernier accède à la totalité des informations contenues dans la maquette et la base de données associée.

Contrôle des accès

Sur la plateforme collaborative, les accès aux données doivent être parfaitement contrôlés afin de respecter les responsabilités des intervenants.

Seule une gestion rigoureuse de ces droits permet d'établir la confiance entre les partenaires du projet.

De plus, il est non seulement primordial de bien gérer l'accès aux données, mais aussi de bien gérer la fermeture des accès lors du départ ou du changement de fonctions des intervenants autorisés.

**Administration
des comptes**
▾ Variabilité

Le principe d'administration des comptes est très variable suivant la plateforme d'échange sélectionnée pour le projet, voire même la phase du projet. En effet, la plateforme peut être différente d'une phase à la suivante.

▾ Responsabilité

L'administration des comptes n'est pas du ressort du BIM manager (mais plutôt du support local du système d'information).

▾ Attribution des droits d'intervention

Il faut privilégier l'attribution des droits d'intervention en fonction des fonctions des intervenants et de leur société d'appartenance, ainsi que des phases du projet (et non pas en fonction des individus, ce qui obligerait à faire de l'épicerie fine).

▾ Droits cumulatifs

L'administration est basée sur les principes des bases de données. Ces droits cumulatifs par ordre croissant sont les suivants :

O	Pas d'accès.
L	Lecture seule (aucune contribution, juste un accès aux données).
E	Écriture (contribution possible, sans possibilité de suppression).
S	Suppression (possibilité de suppression).
R	Restauration (possibilité de restauration de fichier supprimé).

**Exemple de matrice
de droits d'intervention**

Nous vous proposons ci-après un exemple de matrice de droits d'intervention pour un projet.

	Programmation	Phase Pro	Phase Exe	Maintenance	Exploitation
Utilisateur	L	L	L	L	L
Contributeur Pro	L	E	O	O	O
Contributeur Exe	L	L	E	O	O
Mainteneur/exploitant	L	L	L	E	E
MOA	E	L	L	L	L
BIM manager	L	S	S	S	S
BIM coordinateur	L	E	E	O	O
Administrateur CDE	S	S	S	S	S

5.1 Organisation | Droits d'accès aux données

*Exemple de matrice
de droits d'intervention*

Les colonnes sont à détailler

- En fonction des lots, des prestations et du découpage spatial.
- Par systèmes métiers et ouvrages.

Évolution de l'organisation...

... en termes
d'acteurs

▼ Gestion des intervenants en une seule base de données réseau

La gestion des intervenants (manager, coordinateur, modelleur, contributeur, utilisateur) est une tâche lourde. Il est recommandé qu'elle soit faite en réseau. En effet, chaque entité juridiquement responsable se voit sous-traiter la gestion de ses propres intervenants. Ces intervenants ont des droits variables selon les spécialités techniques. Cependant, la consolidation en une seule base de données de tous les intervenants et de leurs droits associés doit être en permanence assurée auprès du BIM manager.

▼ Distinction et droits des utilisateurs

Parmi les utilisateurs, il semble important que soient distingués :

- Les utilisateurs tiers aux processus métiers : c'est-à-dire ceux qui n'ont qu'un souci d'information, mais pas de responsabilités techniques — qu'ils soient ou non dans des entités impliquées dans l'acte de construire.
- Les utilisateurs qui ont une responsabilité métiers : tant techniques proprement dites que sur les contraintes de coûts, de délais et de ressources.

Les utilisateurs doivent toujours pouvoir commenter avec des annotations attachées aux objets ou aux vues auxquelles ils accèdent. On trouve dans cette catégorie tous les intervenants métiers sans compétence BIM.

... en termes
de compétences

Chaque intervenant doit se voir attribuer une note de compétences en BIM. Cela permet de déclencher des formations adaptées aux rôles assignés au niveau :

- Des entités juridiquement responsables.
- Du projet dans les cas nécessitant une action collaborative.

... en termes
de responsabilités

C'est aux entités juridiquement responsables d'indiquer :

- Les niveaux de responsabilité.
- Les chaînes de décision/validation qui leur sont propres.

Ces processus propres doivent se conclure par une validation unique par un intervenant de l'entité. Cette validation permet leur intégration dans les données et informations du BIM. Le BIM est partagé :

- Selon les règles édictées par le BIM management.
- Sous le contrôle du management technique du projet.

... selon les phases

L'organisation des intervenants (manager, coordinateur, modelleur, contributeur, utilisateur) est sujette à des évolutions selon les grandes phases du projet.

Nous vous présentons ces évolutions selon les phases ci-après.

Évolution de l'organisation

Phase de programmation

À ce niveau, la complexité organisationnelle est la plus simple avec souvent deux entités juridiquement indépendantes :

- Le MOA qui délègue ou non le BIM management.
- Un éventuel AMO.

Cependant, il convient de rappeler qu'il est indispensable de désigner des intervenants devant représenter les intérêts et besoins des futurs exploitants et mainteneurs.

Cette simplicité relative ne doit pas pour autant justifier l'emploi d'outils trop simplistes qui ne pourraient plus gérer la complexité des étapes ultérieures.

En tout état de cause, le franchissement du jalon programmation - conception doit se faire avec :

- Une mise à plat complète.
- Un archivage soigné.

Phase de conception

Le rôle de BIM manager est à confier de préférence dans la commande publique au MOE sauf dans les cas de projets très complexes avec :

- De nombreux sous-projets majeurs.
- Une MOA possédant de fortes compétences internes techniques.

Le maître d'œuvre est ainsi chargé de :

- La bonne intégration technique.
- La convergence des acteurs.

L'interface BIM manager et management technique est alors le plus aisé à organiser.

Les entités à considérer sont alors :

- Le MOA.
- Les divers contrôles techniques, d'opérations ou HSE (hygiène, sécurité, environnement) et bien entendu aussi les tiers (services de sécurité, directions de l'environnement, etc.)
- Son éventuel AMO.
- Le MOE.
- Les divers contrôles techniques, d'opérations ou HSE (hygiène, sécurité, environnement) et bien entendu aussi les tiers (services de sécurité, directions de l'environnement, etc.) informés du projet.

Lorsqu'il y a intervention d'un processus public de validation, les accès à ces processus doivent être ouverts aux participants avec uniquement des droits d'utilisateurs simples.

Des niveaux de détail trop prématurés peuvent justifier de développer une maquette spécifique pour les besoins de communication. Cette maquette est dégradée en détail ou tout au moins avec des codes de présentation permettant de ne pas induire d'engagements non souhaités.

Quel que soit le schéma contractuel (marchés classiques ou particuliers de type conception-réalisation, marchés globaux, marchés de partenariat et concessions), le franchissement du jalon conception-réalisation requiert un archivage soigné.

Phase de réalisation et livraison

La phase présente la même complexité organisationnelle avec :

- Un nombre bien plus grand d'entités juridiques.
- Une hétérogénéité des compétences.

En effet, cette phase fait appel à des entreprises, des sous-traitants et des fabricants industriels.

Le contenu technique couvre de plus en plus la réalisation. Les niveaux de détail sont plus approfondis.

Le franchissement du jalon réalisation – exploitation doit être particulièrement soigné au-delà de ce qu'il était lors des jalons antérieurs. En effet, ce jalon est constitué de toutes les opérations de commissionnement qui permettent par essais et inspections détaillées de vérifier que l'ensemble des ouvrages et installations livrés est effectivement conforme à toutes les exigences. Ceci suppose la livraison :

- De documents d'exploitation et de maintenance spécifiques.
- Des procès-verbaux d'essais et de réception.
- D'un premier ensemble d'informations BIM reflétant au mieux la réalisation.
- D'un second ensemble d'informations BIM permettant une exploitation et maintenance en BIM à un niveau de détail adapté privilégiant les dimensions fonctionnelles sur les détails organiques.

Évolution de l'organisation

Phase d'exploitation/maintenance

On retrouve à ce niveau une organisation plus simple à quelques acteurs seulement :

- Le propriétaire.
- L'exploitant et ses sous-traitants.

Transmis par la phase précédente, le BIM exploitation maintenance :

- Est tenu à jour en permanence.
- Sert de support aux opérations quotidiennes.

Il est possible d'ouvrir pour partie ce BIM à quelques intervenants extérieurs, par exemple les services de secours.

Le BIM réalisation dans son état terminal est archivé, mais il faut penser à maintenir les accès et exports, voire les mises à jour pour couvrir tous les cas de travaux neufs sans oublier la déconstruction.

Ceci suppose d'avoir pensé très précisément le maintien d'archives, de formats ouverts, de logiciels d'accès et d'export-import, sans oublier les compétences personnelles associées.

5.2. Processus

Flux et suivi des décisions

Statut des données

Les données prennent un statut en fonction :

- De leur avancement.
- De leur niveau de validation.

Les différents statuts sont décrits dans l'usage « *BIM03-Validation des données* ».

Le passage d'un statut à l'autre est généralement soumis à une validation délivrée à la suite d'une revue de données. Les 3 types de revues (revue de maquette, revue d'étude technique ou revue de projet) sont décrits dans « *Recommandations de mise en place du BIM* ».

Le format BCF est privilégié

La traçabilité des décisions peut être gérée à l'aide du format BCF. En effet, le format BCF autorise à associer un commentaire à une donnée, tout en y associant une copie d'écran pour illustrer la note.

Le format BCF permet donc de :

- Valider une donnée dans son contexte.
- Identifier un sujet à résoudre (incohérence, conflit, etc.).
- Faire des liens vers des documents en GED pour étayer la note.

Les notes en format BCF gérées permettent de conserver la trace des décisions prises :

- Date.
- Décideurs.
- Contexte de la décision.
- Etc.

Principe de gestion des statuts/visas

Le processus de visa et le niveau de responsabilité contractuelle auquel il correspond sont définis et notamment :

- Le circuit de validation interne.
- Le contrôle externe/contrôle extérieur/visa MOE.
- La granulométrie à laquelle le(s) visa(s) sont réalisés :
 - Ensemble fonctionnel cohérent.
 - Ouvrages unitaires.
 - Parties d'ouvrage.

5.2 Processus

Principe de caractérisation de la qualité des données

Les données sont qualifiées selon divers critères adaptés au projet. Ces critères sont les suivants :

Actualité	Indique la date de dernière constitution/modification de la donnée.
Plage de validité	Indique les dates entre lesquelles la donnée est valable/utilisable.
Degré de modélisation	Indique l'unité à laquelle la donnée a été constituée/modélisée.
Niveau de précision	Indique : <ul style="list-style-type: none"> • Soit la précision relative (+/-). • Soit l'erreur moyenne (emq). • Soit le degré d'incertitude.

Principe de conformité aux LOIN
Présentation du LOIN

Le LOIN (Level Of Information Needs ou Niveau de besoins d'information) est composé :

- Du LOD (niveau de détail orienté géométrie).
- Du LOI (niveau d'information orienté propriétés définissant l'objet).

Le LOIN est un concept difficile à mettre en œuvre dans un projet d'infrastructure. Le principe est de **définir le niveau de détail des informations géométriques et attributaires à atteindre** :

- À la fin d'un jalon ou d'une phase donnée.
- Dans un domaine particulier.
- Pour un objectif particulier.

En effet, un projet est composé d'une collection d'informations. Le niveau de besoin d'information de cette collection se raffine au fur et à mesure de la conception et de la connaissance précise des ouvrages à réaliser et des équipements à installer. Si ce niveau est définissable pour chaque objet, il ne l'est pas de façon uniforme pour :

- Les objets d'un ouvrage à un jalon donné.
- Les types d'informations attachées aux données.

Cadre de référence GID
Un des cadres de référence les plus clairs

Plusieurs initiatives ont proposé des cadres de référence. Le principe du GID (pour graphisme, information, documentation) mis en œuvre au Luxembourg pour le bâtiment est un des plus clairs.

Une somme de trois axes de renseignements

Le GID est la somme de trois axes de renseignements relatifs à la **géométrie, à l'information et à la documentation**. Il prend en compte toutes les données nécessaires et partagées au cours d'un projet :

- Les modèles géométriques.
- Les données structurées.
- La documentation.

Pour plus d'informations...

Voir le « Guide d'Application BIM Luxembourg – Version 1.0 de juillet 2017 » et ses annexes, dont en particulier le fichier Excel sur l'EIR Exigences en termes d'échanges d'information : « Guide-BIM-Luxembourg_EIR-FichesGID.xlsx ».

Présentation des niveaux du GID

Nous vous présentons ci-après les niveaux du GID.

Niveaux du GID	
Pour la géométrie	
Niveau 100	Utilisé pour obtenir un modèle « TelQueConçu – sommaire » afin de faire valider les premiers choix conceptuels.
Niveau 200	Utilisé pour obtenir un modèle « TelQueConçu – détaillé » afin de faire valider le projet dans son ensemble.
Niveau 300	Utilisé pour obtenir un modèle « TelQuePrescrit » afin de soumettre le projet en appel d’offres.
Niveau 400	Utilisé pour obtenir un modèle « TelQueConstruit » notamment en cas : <ul style="list-style-type: none"> • De préfabrication d’éléments. • De détail d’éléments constructifs.
Niveau 500	Utilisé pour obtenir un modèle « tel qu’exploité » qui comprend les modifications de l’ouvrage intervenues pendant son exploitation.
Note : la majeure partie des éléments d’un projet ne dépassent pas le niveau de géométrie 300. Les niveaux 400 et 500 ne sont atteints que ponctuellement selon les usages.	
Pour l’information	
Niveaux 10 et 20	Informations utiles à l’élaboration des différentes études techniques pendant la conception : <ul style="list-style-type: none"> • 10 = sommaire. • 20 = détaillée.
Niveau 30	Permet de lancer un appel d’offres et ainsi de transmettre aux soumissionnaires toute l’information nécessaire à la proposition de produits et travaux adaptés.
Niveau 40	Donne les informations réelles sur les produits et travaux mis en œuvre.
Niveau 50	Apporte toutes les informations relatives à la maintenance. Cela comprend le report des mesures faites in situ quand ces dernières sont nécessaires.
Pour la documentation	
Niveaux 1 à 5	Reflètent la composition graduelle du corpus documentaire du projet, des premiers schémas de principe aux détails d’exécution et fiches techniques détaillées.

▼ Établir une matrice complète des familles objet du projet

Le principe est donc d’établir une matrice complète des familles objet du projet (système ou discipline) avec leur niveau de développement à atteindre :

- Pour chaque jalon (dates à préciser).
- Par chaque acteur.

Le jalon ne peut être passé que si ces niveaux de développement sont atteints et non pas dépassés pour éviter de gêner la réflexion avec des objets trop précis.

5.2 Processus | Principe de conformité aux LOIN

Utilisation d'un code couleur

Afin de visualiser l'avancement d'un projet d'infrastructure dans une maquette numérique, il semble pertinent d'utiliser un code couleur des objets ou systèmes conçus/mis en œuvre. Il peut être une propriété d'un objet ou de la collection d'objets constituant un système. Il peut notamment indiquer :

- Que l'implantation d'un objet n'est pas figée (ni donc validée).
- Qu'elle peut l'être si les autres équipements de la même zone sont définis (cas d'un conflit potentiel d'implantation vis-à-vis d'autres équipements proches).

Il faut s'assurer que ce code couleur ne dégrade pas la visualisation des objets et de leurs arêtes.

Nous vous proposons ci-dessous un exemple de code couleur qui peut être utilisé.

Exemple de code couleur	
Bleu	Objet existant du DCE (avant même que le projet ne démarre).
Rouge	Objet validé en phase PRO (« système à faire » correspondant à une fonction).
Orange	Objet validé en phase EXE (« système à faire » avec sa méthode de mise en œuvre).
Vert	Objet construit ou installé, pour le DOE (système « TelQueConstruit »).
Blanc	Objet temporaire (« système pour faire »).

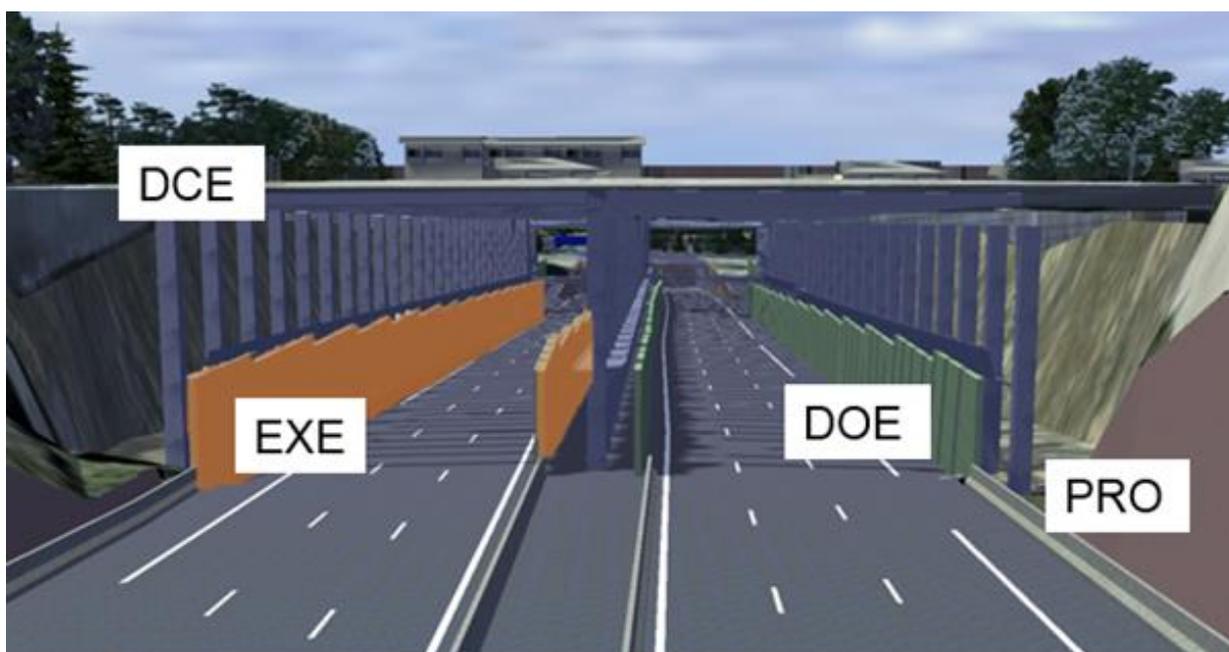


Figure 8 : proposition de visualisation des niveaux de développement

Modalités des contributions concourantes au modèle

Les modalités par lesquelles les contributeurs alimentent le modèle central/partagé du projet sont définies. Ces modalités portent sur leurs droits en termes de :

- Niveaux (contribution/extraction/lecture-analyse).
- Métiers (métier cœur/métiers en interdépendance/métiers en référence).
- Profondeur dans un métier (ouvrage entier/parties d'ouvrage).
- Géographies.

Contribution (R/W)	Droits d'éditer, d'extraire et d'analyser toutes ou une partie des données gérées dans le modèle central/partagé du projet en fonction : <ul style="list-style-type: none"> • Des latitudes. • Des limites fixées au processus collaboratif du projet.
Consultation (R)	Droits d'extraire et d'analyser toutes ou une partie des données gérées dans le modèle central/partagé du projet en fonction : <ul style="list-style-type: none"> • Des latitudes. • Des limites fixées au processus collaboratif du projet. Ce droit peut aussi être limité à la simple analyse, sans capacité d'extraction.

Contrôle qualité des modélisations	<p>Le BIM permet d'assurer une traçabilité de l'information générée par les différents intervenants du projet et de s'assurer de leur cohérence.</p> <p>À ce titre, il doit permettre d'améliorer la qualité de conception du projet en assurant une synthèse semi-continue des éléments de production.</p>
Objectifs	<p>Pour remplir cet objectif, l'équipe de BIM management met en place un plan de contrôle de qualité BIM. Ce document a notamment pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • De s'assurer tout au long du projet : <ul style="list-style-type: none"> - De la qualité de la modélisation des maquettes numériques. - Du respect du cahier des charges. • De limiter l'apparition de désordres ultérieurs.
Responsabilités	<p>Chaque contributeur procède au contrôle de la qualité et de la complétude de l'ensemble des données et des modèles qu'il produit avant de les transmettre.</p> <p>Le BIM manager procède également au contrôle de la qualité des maquettes lors de la préparation des livrables.</p>
Contenu obligatoire	<p>Le plan de contrôle de qualité BIM comprend obligatoirement les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrôle visuel. • Détection de conflit interne à chaque contributeur. • Vérification définie par le BIM manager pour le projet : <ul style="list-style-type: none"> - Nommage des objets/familles d'objets. - Scénarios de collisions. - Gestion des incohérences. - Livrables (BCF/tableau de bord/indicateurs de résolution des incohérences). • Conformité au protocole de production BIM (niveaux LoD exigés/cycles de remise).

Revue de maquettes	<p>La revue de maquette relève de l'équipe de BIM management.</p>
Organisation de la revue	Au sein d'une société ou d'une discipline.
Fréquence	Non définie, en fonction des échéances de la livraison des contributions.
Gestion des incohérences et des collisions identifiées	Sous format BCF.

5.2 Processus

Production des données

Intégration des données
topos/Lidar/MNTs

▼ Nécessité de connaître le contexte

Tout projet d'infrastructure s'inscrivant dans un contexte préexistant impacte ce contexte, qu'il soit fait :

- D'un environnement naturel (sol).
- D'avoisnants construits (sursol/sous-sol).

Il faut donc connaître ce contexte. C'est l'objectif des campagnes d'acquisition de l'existant (sol et sursol) réalisées par le biais :

- De mesures topos traditionnelles.
- De levés laser, qu'ils soient statiques (OA), autoportés (linéaires) ou aéroportés.

▼ Particularité de ces données

La particularité de ces données est qu'**elles sont constituées de nuages de points très conséquents**. En conséquence, la plateforme BIM Infra doit pouvoir :

- Les gérer.
- Les interroger (snap/mesures).
- Les indexer pour une exploitation fluide (principe d'indexation ou de tuilage).

Intégration des données
géologiques/géotechniques

▼ Nécessité de connaître la géologie et de la géotechnique sous-jacentes d'un projet

La connaissance de la géologie et de la géotechnique sous-jacentes à un projet d'infrastructure est également un élément structurant du choix de son tracé :

- Que ce soit en section courante (en sursol ou en sous-sol).
- Au droit des ouvrages remarquables (OA/tunnel/TRC/soutènements).

Cette connaissance est apportée par plusieurs sources :

- Interpolation des sondages.
- Interprétations géologiques.
- Interprétations géotechniques.

▼ Particularité de ces données

La particularité de ces données est qu'**elles sont porteuses d'incertitude** (ou de probabilité). Il faut donc s'assurer que :

- Cette information transite dans la plateforme BIM Infra de conception du projeteur.
- Qu'elle soit sur la plateforme qui porte sur les géométries des couches, des failles, des lentilles, comme sur la plateforme qui porte sur les caractéristiques mécaniques des sols.

Il est important de distinguer les données de mesure (sondages, mesures in situ et en laboratoire) et celles résultant de la modélisation par les experts :

Données de mesure	Factuelles.
Données résultant de la modalisation par les experts	Évolutives et doivent toujours rendre compte des données de mesure.

5.2 Processus | Production des données

**Modalités de la production
des données métiers**
▼ Degrés de modélisation

Le degré de modélisation caractérise le niveau de justesse du modèle représentant un ouvrage ou un composant. Il est différent du niveau de développement qui caractérise la phase du développement du projet.

▼ Niveaux de précision

Le niveau de précision caractérise le niveau d'incertitude (ou de tolérance ou de qualité de réalisation) d'un objet représentant un ouvrage ou un équipement.

**Règles de modélisation
des données non
disponibles en 3D**

Nous vous présentons ci-dessous les règles de modélisation des données non disponibles en 3D.

Conformité	Règle	Exemple
Calculs de dimensionnement	Assurer et documenter que le processus par lequel un objet, ouvrage ou équipement, a été modélisé en 3D : <ul style="list-style-type: none"> • Est conforme aux règles de dimensionnement ou de calcul applicables. • Est suffisamment juste au regard de la géométrie réelle. 	Respect des règles de variation d'inertie longitudinale ou latérale pour le tablier d'un ouvrage d'art.
Synoptiques	Assurer et documenter que le processus par lequel un objet, système d'ouvrages ou d'équipements, a été modélisé en 3D est conforme aux informations stipulées sur le synoptique qui le définissent de façon fonctionnelle.	Respect des règles de disposition des équipements du réseau de HT/traction pour une section d'une ligne ferroviaire.
Spécifications fournisseurs	Assurer et documenter que le processus par lequel un système technique ou équipement manufacturé a été modélisé en 3D, est conforme aux informations données par le fournisseur.	Respect des règles de disposition et d'espacement inter-réseaux stipulées par les fournisseurs des systèmes de sécurité, d'alimentation en énergie, en eau, etc.

**Modalités de la production
des données méthodes**

Les données méthodes sont de la responsabilité du constructeur et décrivent souvent ses savoir-faire.

Elles sont donc rarement contractuelles et sont parfois livrées à titre indicatif. Ces données ne sont **pas toutes intégrées au sein des maquettes partagées, car elles restent la propriété intellectuelle du responsable de la mise en œuvre.**

Néanmoins, certaines données peuvent ou doivent être partagées au niveau des intervenants. Nous vous présentons ces données ci-après.

Plans d'installation

Les plans d'installation et des zones de travaux réalisés en 3D permettent de simuler de nombreuses situations liées aux gabarits d'évolution des engins, que ce soit pour les livraisons ou les travaux. Cela exige que les différents engins soient modélisés en 3D, avec un niveau de détail sommaire, mais comprenant les organes en mouvement afin de les positionner dans les positions les plus extrêmes :

- Accès : rayon giration, pente, gabarits de passage (largeur, hauteur), aire de retournement, etc.
- Encombrement : manœuvre, portée, zones sécurité, interférences, co-activité, etc.

Procédés de construction

Les méthodes de construction détaillant les manœuvres des engins spéciaux peuvent être simulées en 3D afin :

- De vérifier la faisabilité.
- D'expliquer aux compagnons les séquences à réaliser et les risques associés.

Planning linéaire (chemin de fer) et séquençage des opérations

Les séquences de construction et les simulations de coactivité sont d'une grande aide pour l'organisation des travaux et le suivi du chantier.

Les plannings peuvent être de plusieurs sortes :

- 4D de conception pour vérifier l'enchaînement des tâches.
- Planning chemin de fer (échelle temporelle et échelle linéaire du déroulement géographique des tâches répétitives d'un chantier), pour contrôler la coactivité et les éventuelles interférences des travaux concomitants.
- 4D de suivi de travaux, pour comparer le planning théorique avec les travaux réalisés (relevés laser/topo cycliques pour suivre les écarts entre prévu et réalité du réalisé).

Ouvrages temporaires

Les ouvrages provisoires servent à la construction de l'ouvrage définitif dans :

- Soit des phases nécessitant des supports additionnels du fait de la résistance insuffisante de l'ouvrage.
- Soit des phases de dévoiement temporaire :
 - Déviation.
 - Basculement de circulation.
 - Etc.

Ces ouvrages ne font pas partie du projet final. Ils sont cependant indispensables à la réalisation des travaux. Ces ouvrages doivent être modélisés pour organiser les travaux, mais ils ne figurent pas dans la maquette finale de l'ouvrage fini ni dans la base de données associée (DOE numérique). En effet, ils n'ont qu'une durée éphémère dans la vie du projet.

6. STRUCTURATION DES DONNEES/OUTILS ET CONTENU DES ECHANGES

6.1. Préambule

Différence entre bâtiment et infrastructure	La différence fondamentale entre le bâtiment et les infrastructures est le géoréférencement.
--	--

Définition de géoréférencement	Du fait de l'extension géographique d'une infrastructure, le géoréférencement est la nécessité de savoir repérer un ouvrage dans les référentiels géodésiques.
---------------------------------------	--

6.2. Problématiques liées au géoréférencement

Description des relations entre informations et systèmes	Nous vous présentons ci-dessous les relations entre : <ul style="list-style-type: none"> • Les informations. • Leurs systèmes.
Rattachement des données	Les données produites et échangées sont rattachées au système légal RGF93 associé à la projection Lambert-93 CC43.
Rattachement des coordonnées altimétriques	Les coordonnées altimétriques des maquettes numériques sont rattachées au système NGF/IGN69.
Géoréférencement et orientation des maquettes	Les maquettes produites indépendamment des logiciels de modélisation sont : <ul style="list-style-type: none"> • Géoréférencées par rapport à un point de référence connu entre les différents systèmes utilisés. • Orientées (nord géographique).
Intégrations des PK dans la maquette numérique	Les informations des PK (abscisse curviligne) sont intégrées dans la maquette numérique pour : <ul style="list-style-type: none"> • Faciliter la lecture. • Positionner les topics/commentaires liés à la maquette numérique.
Description des relations entre les systèmes et les points topographiques	Un fichier est fourni au rendu des modèles 3D et des maquettes numériques en général. Ce dernier détaille les relations entre les systèmes et les points topographiques utilisés.

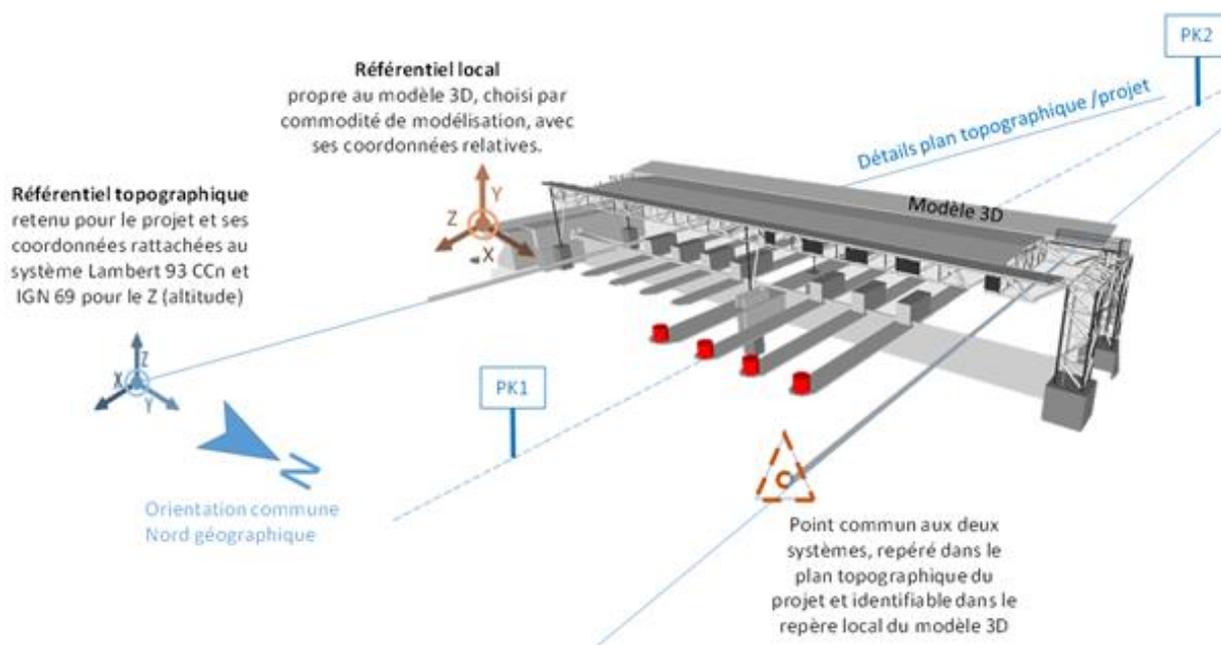


Figure 9 : principes de géoréférencement

6.3. Structuration des données

Description	La structuration organise les données pour les traiter plus facilement. Cette organisation permet une reconnaissance automatique ou implicite des données, ce qui entraîne un traitement plus efficace. À chaque usage correspond une structure appropriée.
Traitement efficace des données	
Interprétation des informations	La donnée est une valeur brute non interprétée. Lorsque la donnée est structurée, elle devient interprétable, et devient alors « information ».
	L'interprétation des informations permet la prise de décision et donc le déclenchement d'actions.
Utilisation des métadonnées	La structuration des données utilise les métadonnées. Les métadonnées sont les données décrivant les données (on les appelle aussi « attributs »). Elles autorisent l'organisation des données selon : <ul style="list-style-type: none"> • Des schémas de description spécifiques aux usages liés au projet. • La phase du projet. Les phases du projet sont :
Phase de conception	Découpage en systèmes élémentaires, répondant à des fonctions et des exigences.
Phase de construction	Découpage spatial pour la réalisation d'ouvrage ou l'implantation d'équipements dans des espaces définis.
Phase d'exploitation et de maintenance	Gestion de systèmes (réseaux ou familles d'équipements) localisés dans l'espace.
Influence sur la structuration des données	La connaissance de la structuration attendue par l'utilisateur final ou exploitant a une influence sur la structuration des données en phases de conception et de construction. Cela évite les ressaisies ou la réorganisation entre chaque phase.
	Vous trouverez des informations détaillées à ces sujets au § 6 du document MINnD « Recommandations de mise en place du BIM pour les Infrastructures ».

6.3 Structuration des données

Classifications des données descriptives

L'exploitant doit exprimer ses besoins à la MOA. En l'absence de classification plus spécifique imposée par cette dernière, les classifications suivantes sont utilisées :

Classifications		Gratuit/ payant	Lien
Uniclass2	Utilisée au Royaume-Uni, système de classification open basé sur la norme ISO 12006-2 : 2015 « Framework for classification ». Cette classification permet de remplir automatiquement des catégories pour le format COBie-UK-2012, la version britannique de COBie.	Gratuit	www.cpic.org.uk/uniclass2/
Omniclass OCCS	Utilisée aux États-Unis, basé également sur la norme ISO 12006-2 : 2015 « Framework for classification ».		www.omniclass.org/
Uniformat II 2015	Autre système de classification développé aux États-Unis.	Payant	www.astm.org/Standards/E1557.htm

Conformité des classifications

Aucune de ces classifications n'est actuellement utilisée sur un projet d'infrastructure. Cependant de nombreux projets s'en inspirent, avec des compléments et des adaptations spécifiques. Il est donc nécessaire de les conformer au projet et surtout aux attentes exprimées.

Métadonnées et catalogage**Définition**

Les termes métadonnées et catalogage sont définis ci-dessous.

Métadonnée	Donnée servant à caractériser une autre donnée. Notamment ses modalités de création.
Catalogage	Analyse et indexe un produit pour l'intégrer dans un catalogue ou une classification.

Description des produits de la construction

Les produits de la construction sont décrits par :

- Leurs propriétés physiques (dimensions, matériau, résistance, etc.).
- Des attributs (métadonnées) qui permettent de les classer par :
 - Domaine.
 - Système.
 - Fonction.

Préparation au plus tôt des champs de métadonnées

Il est indispensable de préparer dès que possible les champs de métadonnées à renseigner pour les familles d'objets ou de produits nécessaires au projet. Cela permet de répondre aux attentes des acteurs.

Dans certains logiciels, ces champs se nomment « PropertySet ».

Chartes

Nous vous décrivons ci-dessous les chartes de nommage :

- Des données de l'ouvrage.
- Des documents du projet.

Charte de nommage des données de l'ouvrage**Nommage des données**

Le nommage de l'information peut être spécifié à plusieurs endroits en fonction du logiciel de modélisation utilisé. Par exemple :

- Pour un logiciel de DAO, il s'agit de nommer les calques.
- Pour un logiciel orienté « objet », il s'agit de renseigner un champ (ou plusieurs) des propriétés de l'objet (attributs).

Charte de nommage des données de l'ouvrage

Phase

Il est nécessaire de spécifier la phase de génération de la donnée pour :

- Suivre l'avancement de la maquette globale.
- Comparer le niveau de développement de la donnée avec son niveau contractuellement attendu.

Par exemple :

GEN	Général, toutes phases confondues
DCE	Dossier Consultation des entreprises (données entrées)
APA	Avant-Projet Autoroutier
APOA	Avant-Projet Ouvrage d'Art
PRO	Projet
EXE	Exécution
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés (Tel que construit)

Zone

Le découpage géographique doit être adapté au projet. Il est souvent proposé dès le DCE. Il doit tenir compte des ouvrages caractéristiques ou de la topographie de l'infrastructure. Par exemple :

CO	Commun
Z1	Zone 1
Z2	Zone 2
Z3	Zone 3

Pour un ouvrage linéaire, nous pouvons ajouter une information concernant le sens de circulation. Par exemple :

PK décroissants	Sens 2
PK croissants	Sens 1

PK spécifique à chaque sens de circulation

Activité

Les fonctions (à défaut les disciplines) doivent être identifiées rapidement avec une classification adaptée au projet. Par exemple :

GM	Géométrie
AS	Assainissement
GN	Général
EQ	Équipement Sécurité
EX	Équipement d'Exploitation
EC	Éclairage
SI	Signalisation
CH	Chaussée
TE	Terrassement
RT	Rétablissement Voirie
TR	Trafic
AC	Acoustique
EN	Environnement
SE	Sécurité
GC	Génie Civil
GE	Géotechnique
RI	Réseau Incendie
HT	Haute Tension
MS	Multiservice

Charte de nommage des données de l'ouvrage

Æ	Aéraulique
VE	Ventilation
DR	Déviation Réseau
VR	VRD
FO	Fibre Optique
ME	Métallerie
TP	Topographie
FS	Fondation Spéciale
HY	Hydraulique

Chartes de nommage des documents du projet

Nommage des fichiers

Le nommage tient compte des d'informations utiles suivantes :

- Phase.
- Numéro unique d'identification.
- Société du créateur.
- Zone.
- Activité.
- Version du fichier.

Le nommage des fichiers BIM est cohérent avec le système de nommage des documents en GED.

Nommage des incohérences et conflits

Les sujets d'identification des incohérences et conflits sont nommés selon une convention qui permet leur suivi pour leur résolution.

Codification des objets

La codification des objets est établie :

- En fonction de l'exploitant et/ou du mainteneur (selon un cahier des charges proposé).
- À partir d'une classification orientée « système fonctionnel » et d'une instanciation de l'objet (notion de GUID³ unique).

Le but est de retrouver l'objet considéré par sa localisation spatiale, mais aussi par la fonction principale assurée (le système auquel il appartient). Une deuxième clef peut être introduite si un même objet répond à deux fonctions : une barrière de sécurité en béton peut être également une barrière à l'écoulement libre des eaux pluviales.

Pour cela, il est nécessaire de définir les métadonnées des objets, c'est-à-dire les noms des propriétés nécessaires pour caractériser les systèmes fonctionnels auxquels les objets appartiennent.

³ Globally unique identifier — Identifiant globalement unique

6.4. Formats des échanges interphases/intraphase

Avantage des formats neutres

Ces formats neutres présentent un double avantage :

- Assurer des échanges via un format neutre, normalisé, indépendant des logiciels.
- Permettre un stockage pérenne des données projet.

Description

Nous vous proposons ci-dessous une description de ces formats neutres.

Format	Description	Lien
LandXML	Permet l'échange de données descriptives : <ul style="list-style-type: none"> • De MNT. • De fil rouge projet (3D). • De règle de variation des dévers. 	www.landxml.org
InfraGML	Permet l'échange de données descriptives de projets d'infrastructure.	www.opengeospatial.org/standards/infraGML
CityGML	Permet l'échange de données descriptives de modélisations d'émergences bâties dans un contexte urbain, selon plusieurs degrés de détail.	www.citygml.org
IFC 2x3	Permet l'échange de données descriptives de projets de bâtiments.	www.buildingsmart.org
IFC4.1	Permet l'échange de données descriptives de fil rouge (3D) de projets d'infrastructure. Représente un premier pas vers une extension complète des IFC au domaine des infrastructures linéaires.	
Formats neutres CAO	Permettent l'échange de données descriptives d'objets ponctuels non géo-référencés de projets d'infrastructure :	
	IGES Initial Graphics Exchange Specification	Extensions IGS, IGES
	STL Stereolithography Tessellated Language	Extension STL
	STEP Standard for Exchange of Product data	Extensions STEP, STP
	VRML Virtual Reality Modeling Language	Extensions WRL, VRML

6.5. Plateforme des échanges

Description de la plateforme

Une plateforme permet aux acteurs de déposer et de récupérer des documents ou de conteneurs de données nécessaires au projet. Ces derniers n'ont pas vocation à être stockés de façon pérenne.

Liste des documents ou conteneurs

Ces documents ou conteneurs sont :

- Sondages géotechniques avant interprétation.
- Documents réglementaires de référence.
- Fichiers sources Lidar.
- Etc.

Complément de la GED et du modèle central

Cette plateforme complète la GED projet et le modèle central/partagé alimenté par les contributeurs.

Gestion des droits et environnement commun de données

Cette plateforme d'échange intègre la gestion des droits. Elle participe à l'environnement commun de données (CDE en anglais pour Common Data Environment). Ce dernier est un espace partagé comprenant :

- La GED.
- Le SIG.
- Les modèles métadonnées des objets du projet.

6.5 Plateforme des échanges

Norme ISO 19650

La norme ISO 19650 précise la notion de CDE. Elle explicite son intérêt et ses principes directeurs.

Guide d'implémentation

Le guide d'implémentation (ou Guidance implémentation) est pris en compte, il :

- Précise le vocabulaire, les concepts, les processus.
- Donne des exemples de mise en œuvre.

6.6. Hébergement (SaaS/Intranet) du modèle central/partagé

Deux modes d'hébergement...

... pour s'adapter à la stratégie du MOA...

... qui s'inscrit dans la politique SI

... et qui nécessitent des vérifications

Les deux manières d'héberger un modèle de projet en accès multi-contributeurs sont :

- En mode « On Premise » sur un serveur privé au sein d'un intranet propre à l'entité.
- En mode SaaS dans un espace privatisé sur un serveur Cloud partagé, mais sécurisé.

Le choix du mode d'hébergement dépend de la stratégie des acteurs du projet, et notamment du MOA. Ce dernier peut souhaiter que les contributeurs alimentent le modèle central du projet à chaque étape de son développement.

Cette stratégie d'hébergement s'inscrit dans la politique SI :

- Des entités. • Du maître d'ouvrage.

Lors du choix de la plateforme de conception du projet, il convient de :

- S'assurer que les deux approches sont possibles.
- Vérifier que la politique de propriété des données est acceptable par les intervenants.

Outils de conception/contribution et plateforme collaborative

Changement de version de logiciel

Exemples et conseils

Pour faciliter les échanges entre partenaires et gérer l'agrégation des maquettes, il est nécessaire de :

- Lister les logiciels et leur version utilisés pendant la durée du projet.
- Spécifier les versions des formats livrés.

Nous vous déconseillons de changer de version d'un logiciel pendant le projet. Cela permet de conserver une homogénéité des formats entre les partenaires :

- GED. • PLM. • GMAO. • BD Patrimoine.

La plateforme collaborative est l'un des piliers du CDE (Common Data Environment = production BIM/Exclusion GED, etc.).

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous des exemples et des conseils.

Type Outil	Nom	N° version	Éditeur	Langue	Format natif	Export	Remarque
Modélisation						IFC4	
Agrégation							
Simulation							
Planification							
Collaboration							

6.7. Interfaces et liens

Présentation des outils d'interfaçage

Nous vous présentons ci-dessous les outils d'interfaçage.

Outils d'interfaçage

Outils de planification 4D des opérations

Interfaçage avec des outils de planification

La plateforme de conception du projet peut s'interfacer avec des outils de planification. Cela permet d'associer des séquences d'opérations (phasage) avec les entités correspondantes du modèle central/partagé du projet.

Gestion des planifications de type chemin de fer

On traite notamment des planifications de type chemin de fer utilisées pour les projets d'infrastructure et qui gèrent :

- En abscisse, le linéaire.
- En ordonnée, la temporalité.

Elles permettent d'identifier visuellement les opérations de réalisation :

- Concomitantes en un même lieu.
- À éviter.

Outils de dimensionnement/de simulation/d'analyses

Les modélisations utilisées dans les logiciels de CAO et de simulation sont très différentes :

- Résistance des matériaux.
- Aérodynamique.
- Thermique.
- Géotechnique.
- Hydraulique.
- Modélisations environnementales.

Cette situation est due à l'état de l'art des pratiques, de la normalisation et de la richesse descriptive des formats d'échanges. Les descriptions des caractéristiques des objets :

- Ne sont pas normalisées.
- Ne suffisent pas à modéliser selon les besoins des logiciels de simulation. Ces logiciels précisent les valeurs caractéristiques à leur transmettre.

Le processus de maillage des structures en volumes élémentaires de calcul est long et complexe pour les calculs aux éléments finis reposant sur les géométries exactes des pièces.

Sauf exception, cet interfaçage fait appel à des opérations :

- Manuelles.
- Semi-automatisées avec ressaisies importantes de certaines données.

Ces opérations sont toujours associées à d'importantes tâches de pré et de post-traitements.

Ces opérations sont renseignées.

Les formats d'échanges des données sont détaillés et archivés. Ceci peut aller jusqu'à archiver les modèles BIM associés servant de support.

Les modèles de calculs et les hypothèses sont échangés. Cela permet à l'intégrateur technique, ou au contrôleur technique de valider les résultats. Ces éléments ne peuvent en aucun cas être considérés comme propriétaires ou privés.

L'alternative est de commander des calculs similaires à des organismes indépendants utilisant des logiciels différents.

Note : ces modèles peuvent s'avérer importants dans le suivi de l'ouvrage en exploitation, ou lors d'interventions lourdes.

Outils d'interfaçage
Outils de guidage engins
Contexte
Dans une approche BIM, et dès le développement des études d'exécution et des dispositions constructives, il faut prévoir les modalités d'optimisation du guidage des engins de réalisation. Ces engins sont alimentés par des données extraites du modèle 3D constructible du projet. Ce modèle est généralement stocké dans une base de données centralisée, il permet de suivre et d'analyser les mouvements des terres.
Description
Ce guidage :
<ul style="list-style-type: none"> Assure l'efficacité continue des méthodes de réalisation sur site. Aide à la prise des décisions d'ajustement.
Les méthodes de réalisation sur site sont :
<ul style="list-style-type: none"> Métrés et mouvements des terres. Répartition des moyens techniques et humains. Gestion des flux.
Connexion à la case de données BIM du projet
Cette démarche est possible par la connexion internet des intervenants à la case de données BIM du projet :
<ul style="list-style-type: none"> Depuis le bureau. Sur le terrain. Dans les engins.
Objectif
L'objectif est d'assurer le récolement du TQC dans la base de données BIM du projet.
Flux type
Le flux type se déroule comme suit :
<ol style="list-style-type: none"> Transfert des levés terrain vers la base de données BIM du projet. Envoi des extraits pertinents de la base de données BIM du projet vers les engins. Récolement au fil de l'eau du réalisé via : <ul style="list-style-type: none"> Le modem des engins. Les contrôleurs/topographes chantier.
Exemple d'usages
Pour la gestion de la flotte :
<ul style="list-style-type: none"> Localisation en temps réel. Surveillance pression et température des pneus. Alerte en cas de sortie du périmètre. Planification de l'entretien préventif. Optimisation des taux d'utilisation.
Pour le suivi des cycles des chargements (quantités réelles vs planifiées) des matériaux contaminés, évaluation de performance d'un engin ou de la flotte.
Pour le suivi 3D :
<ul style="list-style-type: none"> Des déblais/remblais. Des valeurs de compactage. De récolement des passes. Des épaisseurs et surveillances des températures de compactage vs les plages acceptées.
Pour la supervision :
<ul style="list-style-type: none"> De l'avancement (ratios des chargements, volumes, distances de déplacement, temps d'attente, par engins, par types d'engins). Des déblais/remblais. Du compactage avec nombre de passes et cycles d'exécution.
Éléments précisés dans le plan de mise en œuvre BIM du projet
Les exigences de la démarche BIM pour la production de la base de données BIM du TelQueConçu.
Les protocoles d'alimentation depuis celle-ci des terminaux embarqués de guidage des engins de type pelles, niveleuses, raboteuses, bulldozers ou compacteurs.
Les modalités de la collecte temps réel sur site du réalisé (récolement automatisé) et du reversement (en asynchrone) de celui-ci dans la base de données BIM du TelQueConstruit du projet.

6.7 Interfaces et liens

Liens
**Liens avec GED et PLM
(liens vers/depuis
documents associés
aux données)**

Nous vous présentons ci-dessous les liens avec :

- La GED et PLM.
- Les flux Web-Services.
- Les SIG.
- La GMAO et SGBD patrimoine.

L'abréviation GED signifie Gestion Électronique de Documents. Cette plateforme collaborative est une base de données documentaire. Elle permet :

- D'organiser, stocker et archiver des fichiers informatiques au sein d'une organisation.
- De retrouver facilement des documents par pertinence grâce à des requêtes basées sur des algorithmes statistiques.

Le terme GED est également attribué aux logiciels permettant la gestion de ces contenus documentaires.

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous ses caractéristiques.

Gestion des documents

La GED participe aux processus de collaboration, de capitalisation et d'échange d'informations. Elle prend en compte le besoin de gestion des documents selon leur cycle de vie :

- Création.
- Archivage.
- Gestion des versions.

Fonctionnalités

Une GED dispose de fonctions de classement/navigation et d'un moteur de recherche permettant de retrouver les contenus gérés au moyen :

- De vues.
- De recherches structurées ou plein texte.

Intégration de documents**Types de documents intégrés**

L'intégration des documents suivants doit être possible :

- Fichiers bureautiques (DOC, XLS, PPT).
- Maquettes numériques.
- Fichiers PDF.
- Plans DAO/CAO (DWG).

Outil de prévisualisation

La GED intègre des outils de visualisation permettant aux utilisateurs de prévisualiser les fichiers avant téléchargement.

Workflow de validation de document

Quel que soit le moyen par lequel le document intègre le système de gestion, il peut passer par une chaîne de validation pour aboutir à une version finale approuvée par les utilisateurs concernés. Le workflow lié à la validation d'un document :

- Est paramétrable.
- Prend en compte les droits d'accès et les profils des utilisateurs du système.
- Agit sur le statut, la version et la visibilité du document.

Dépôt de document	
Principe de codification	
Le dépôt de document dans la GED respecte la codification de nommage définie par le BIM Management.	
Le principe de codification établi pour les documents reçus et émis permet aux utilisateurs :	
<ul style="list-style-type: none"> De réaliser des recherches précises. D'avoir le bon document à disposition avec sa dernière version, sans doublon. 	
Numéro d'identification	
Les documents concernés par la codification comportent un numéro d'identification. Cette identification s'applique à tous les documents de production et doit être indiquée dans le cartouche prévu à cet effet.	
Les fichiers informatiques correspondants portent la même dénomination complétée de l'extension informatique résultante (. dwg, .doc, .xls, etc.). Les champs sont dans ce cas séparés par le caractère « - ».	
Champs courants	
Le numéro d'identification est composé de champs plus ou moins nombreux en fonction de l'opération et des recherches souhaitées sur ces documents. Ci-dessous les champs les plus courants :	
Section	En fonction de l'opération.
Phase	Phase d'étude ou de mission.
Domaine	Domaine technique.
Ouvrage	Ouvrage sur lequel porte le document.
Type de document	Précise la nature de la pièce.
Émetteur	Nom de l'entreprise de la personne qui dépose un document.
Numéro d'ordre	Numéro qui permet l'unicité des documents.
Indice	Version du document.
Statut	Caractérisation du document indépendamment des workflows.
Exemple : T1-EXE-EQU-PI154-VP-MINND-4564-A2.	

Nous vous présentons ci-dessous un exemple de workflow.

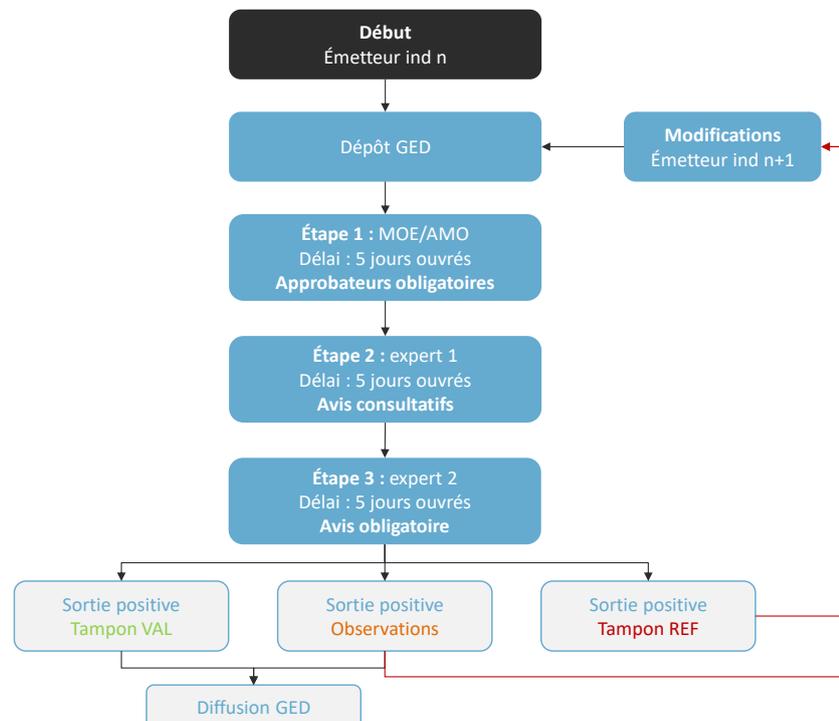


Figure 10 : exemple de Workflow de validation en GED

6.7 Interfaces et liens | Liens

Liens avec SIG

Les systèmes d'information géographique permettent :

- De visualiser les données d'un projet dans un territoire.
- De connecter ce projet aux données existantes, patrimoine, IGN, réglementaires, foncières, etc.

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous ses caractéristiques.

Données SIG

Les données SIG décrivent le contexte du projet et font le lien entre :

- La maquette numérique.
- L'environnement géographique de l'opération.

Ces données sont essentielles dans le cycle de vie d'un ouvrage. Elles contiennent par exemple la documentation réglementaire associée à l'ouvrage.

Les données SIG ont un faible niveau de détails et décrivent un territoire.

La maquette numérique intègre des données très précises et souvent limitées à un ouvrage.

Connexion ou intégration des maquettes numériques

Les maquettes numériques doivent pouvoir être connectées ou intégrées dans le SIG de l'opération.

Les maquettes numériques enrichissent les données SIG existantes.

Le SIG permet de visualiser dans son contexte le projet modélisé. Pour cela chaque modèle 3D est identifié, nommé et repéré géographiquement.

Cahier des charges

Les données SIG sont structurées en fonction d'un cahier des charges précis, répondant aux attentes du processus BIM.

Le système de projection est identifié pour permettre :

- Les échanges des objets 2D et 3D entre les systèmes.
- Le géo référencement de la documentation associée si nécessaire.

Compatibilité et détail des formats d'échanges

Le SIG mis en place lit et intègre des modèles 3D dans un modèle numérique de terrain issu des relevés topographiques initiaux. Les formats d'échanges entre les deux outils doivent donc être connus et détaillés au début du projet.

Liens avec flux Web-Services

Les technologies web-services sont largement répandues. Elles permettent à 2 ou plusieurs nœuds informatiques de dialoguer entre eux selon un protocole. Ce dernier est résumé comme suit :

1. Le nœud A se connecte à l'URL du nœud B.
2. Le nœud B répond en indiquant les services/données qu'il sait rendre/fournir.
3. Le nœud A choisit ce qu'il recherche parmi ces services/données.
4. Le nœud B réalise/transmet ces services/données au nœud A selon un protocole dont il a au préalable décrit le métalangage.

Appliqués aux sujets de l'information géographique ou de la construction, ce sont des services de mises à disposition de données publiques ou payantes via des flux d'échanges régis par les protocoles WMS/WFS (WebMappingServices/WebFeatureServices).

Parmi les principaux fournisseurs, on peut citer :

- L'IGN.
- Les collectivités locales (PLU). DREAL.
- Mappy.
- Le BRGM.
- MétéoFrance.
- Etc.

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous leurs caractéristiques.

Accès des documents en streaming

L'intérêt principal de cette approche est de disposer en streaming des données recherchées sans les télécharger sur le poste du nœud consommateur.

Exemples d'application pour les projets d'infrastructures de transport :

- Consommation de fonds orthophotographiques.
- Appel et analyse de données géologiques.
- Appel et analyse de données foncières ou cartographiques.

Mise à disposition des documents en temps réel sans SIG ni stockage

La finalité est de mettre à disposition l'information géolocalisée descriptive du contexte :

- À la demande du concepteur Infra ou du décideur.
- En temps réel.
- Sans constituer un SIG ni à stocker de l'information géographique en local.

Exemples d'usages :

- Identification des rétablissements.
- Identification des zones d'évitement (problèmes géologiques/problèmes fonciers).
- Identification des emprises des déblais/remblais.

Développements spécifiques

Ces web-services peuvent faire l'objet de développements spécifiques à usage privé pour le compte d'un maître d'ouvrage ou pour un projet spécifique.

Exigences du guide d'application BIM du projet

Le guide d'application BIM du projet précise les exigences de la démarche BIM pour :

- Les web-services d'intérêt.
- Les modalités de l'interconnexion de la plateforme BIM de conception collaborative avec ces web-services.

Liens avec GMAO et SGBD patrimoine

Les bases de données descriptives du patrimoine d'un maître d'ouvrage public ou privé :

- Permettent d'appuyer ses processus opérationnels d'exploitation, d'intervention, d'entretien et de maintenance préventive.
- Servent de référentiel actualisé auquel connecter les futures extensions ou réhabilitations du patrimoine en question.

Ces bases de données permettent la réalisation des documents suivants :

- Support à la gestion du trafic.
- Support à l'entretien de l'infrastructure et à la gestion des stocks.
- Support à la planification des grands travaux
- Support à la maintenance des équipements énergisés.

Nous vous présentons dans le tableau ci-dessous leurs caractéristiques.

Sources de pertes d'efficience

Description littérale (SGBDR/Tableurs)

Ces bases de données proposent une description littérale (SGBDR/Tableurs) des ouvrages et équipements qui composent le patrimoine en question.

Dissociation des armoires à plans numériques et GED/PLM

Ces bases de données sont dissociées des armoires à plans numériques et GED/PLM.

Fonctionnement asynchrone

Elles fonctionnent en mode asynchrone vis-à-vis des systèmes temps réel de gestion du trafic et des interventions, même si elles sont susceptibles de les alimenter.

Compatibilité avec le processus GMAO

Une démarche BIM prévoit dès l'amont d'alimenter ces bases de données patrimoine, de façon compatible avec les processus GMAO. Notamment via le DOE numérique et les DIUO numérisés.

Différence de niveau de granularité

Le niveau de granularité de ces bases de données patrimoine diffère de celui des bases de données BIM. Ces dernières décrivent le projet tel que conçu/tel que construit.

Un travail de façonnage doit être mis en œuvre lors de la préparation du reversement de la base de données BIM vers une base de données patrimoniale.

Exemples d'ajustement :

- La base de données BIM porte la localisation de tous les équipements de type A, de tous ceux de type B, et de tous ceux de types C.
- La base de données patrimoine porte l'information du nombre d'équipements de type A, de type B, et de type C, etc., et répartit les interventions de maintenance sur chaque type.
- La base de données patrimoine (comme la GMAO qu'elle supporte) ne sait/doit pas gérer les équipements à l'unité, mais uniquement par leur type. Le besoin est différent.

Exigences du guide d'application BIM du projet

Le plan de mise en œuvre BIM du projet précise :

- Les exigences pour la production du DOE numérique.
- Les modalités de l'alimentation de la BD patrimoine et du façonnage éventuel des données de la BD BIM TQc/TQC susceptibles d'y être reversées.