

Livrable

Indicateurs de l'usage du BIM

Auteurs/Organismes

Claude DUMOULIN (CDC)

Thème de rattachement :
Thème 0 - Observatoire

MINnD_TH00_03-IndicateursUsageBIM_022B_2018
Novembre 2018

Sommaire

1. RÉSUMÉ / ABSTRACT	2
2. PRÉAMBULE	3
3. DÉFINITIONS.....	5
3.1. Informatique	5
3.2. Numérique.....	7
3.3. BIM	9
4. INDICATEURS.....	17
5. ADOPTION DU BIM : ÉTAT DE LA RECHERCHE.....	22
5.1. Présentation	22
5.2. Cadre de Modélisation Numérique d'un Ouvrage	22
5.3. Mesure de la performance BIM.....	29
6. CONCLUSIONS.....	36
7. RÉFÉRENCES	37

I. RÉSUMÉ / ABSTRACT

Résumé

Objet du présent livrable

L'objet de ce livrable est de faire le point sur les indicateurs disponibles permettant d'évaluer l'évolution des pratiques et de l'usage du concept de « maquette numérique » dans le cadre du cycle de vie d'un ouvrage.

Base de travail

Le travail s'appuie sur :

- les recommandations de réglementations existantes,
- les résultats de travaux préparatoires de normalisation ou de travaux de recherche académique.

Abstract

Aim of the present deliverable

This deliverable aims at identifying available indicators allowing the measurement of the practice progress and usage level regarding Building Information Modeling in the frame of a facility lifecycle.

Work basis

The work is based on:

- the recommendations of existing regulations,
- preliminary standardization works and research publications.

2. PRÉAMBULE

Définition du projet MINnD

Objectifs

MINnD [1] est un projet national de recherche collaborative pour favoriser le développement du BIM (Building Information Modelling) relatif aux infrastructures. Il **améliore la structuration des données de projet** et **permet des échanges et des partages d'informations plus efficaces**.

Ses objectifs sont :

- Spécifier les outils à développer pour intégrer les processus et méthodes de travail BIM.
- Contribuer au développement du BIM et à la transition numérique dans le domaine des infrastructures et de l'aménagement durable.
- Maîtriser et structurer les informations à échanger entre acteurs, durant le cycle de vie complet d'une infrastructure :
 - Conception.
 - Exploitation.
 - Construction.
 - Maintenance.

Observatoire

Description

L'Observatoire [1] est l'un des cinq thèmes du projet.

L'Observatoire des évolutions des pratiques et des connaissances autour de la maquette numérique permet de **partager les informations et les avancées** de ce domaine. Ces dernières peuvent provenir :

- des entreprises partenaires,
- d'expériences d'entreprises d'autres pays relatives dans des publications,
- des éditeurs,
- de publications académiques,
- de la réglementation (exemple : la directive européenne Inspire).

Indicateur

Description

Un indicateur [2] est un **outil d'évaluation et d'aide à la décision**.

Dans le cadre de l'Observatoire et considérant une organisation utilisant un **BIM Infrastructures**, les indicateurs doivent permettre :

- d'évaluer la démarche et la performance d'utilisation,
- de piloter et d'améliorer sa mise en œuvre.

Critères

Un indicateur efficace doit répondre à plusieurs critères [2] :

Robuste, fiable, précis et spécifique	L'interprétation doit être stable et cohérente dans le temps.
Sensible	Il doit refléter les variations de ce qu'il est censé synthétiser ou mesurer.
Compréhensible, simple et utilisable	Par tous les acteurs.
Pertinent	Par rapport à l'objectif concerné.
Coût acceptable	Par rapport au service rendu.
Utile	Le fait de le considérer doit ajouter de l'information à la prise de décision.

Rôle des indicateurs dans le cadre du projet

Le projet MINnD a pour objectif de favoriser le développement du BIM pour les infrastructures. Dans ce cadre, les indicateurs doivent aussi permettre :

- d'évaluer la démarche d'adoption du BIM,

- de mesurer ce qui a déjà été fait,
- de gérer le chemin restant à parcourir.

3. DÉFINITIONS

3.1. Informatique

<p>Définition du dictionnaire Larousse</p>	<p>Selon le dictionnaire Larousse, le mot informatique « est la contraction des mots information et automatique ».</p> <p>L'informatique désigne :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la science du traitement automatique et rationnel de l'information considérée comme le support des connaissances et des communications, • l'ensemble des applications de cette science, mettant en œuvre des matériels (ordinateurs) et des logiciels.
<p>Contexte</p> <p>Émergence du concept de maquette numérique...</p> <p>... visualisable et manipulable au moyen d'un terminal graphique...</p> <p>... permettant de représenter une construction ou un ouvrage d'art...</p> <p>... et ouverte à toutes les industries</p>	<p>Durant le dernier quart du vingtième siècle, les progrès fantastiques de l'informatique ont permis l'émergence du concept de maquette numérique. Ces progrès sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la puissance de calcul, • la capacité de stockage, • la station de travail, • la programmation. <p>Une géométrie 3D est visualisable et manipulable directement au moyen d'un terminal graphique. Il n'est plus nécessaire d'imaginer la forme d'un objet physique à partir de ses projections sur des plans particuliers.</p> <p>Cette capacité à représenter et visualiser facilement une géométrie 3D permet de représenter une construction, un ouvrage d'art comme un objet manipulable et interrogeable. Par conséquent :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plus besoin de plans et de documents pour l'imaginer et comprendre son fonctionnement. • Plus besoin de formation spécifique pour savoir lire un plan. <p>C'est intuitif et accessible à tous. La maquette numérique offre cette même facilité de détailler le projet avec des objets, eux-mêmes décomposables, au fur et à mesure que le projet se précise. Cette approche est :</p> <ul style="list-style-type: none"> • holistique en permettant d'appréhender le projet complet, • réductionniste en autorisant les descriptions par discipline et avec un niveau de détail local croissant. <p>Le développement rapide des stations de travail, de la micro-informatique, des réseaux, des capacités de stockage et d'échange d'information donne accès à toutes les industries au concept de maquette numérique. Cette dernière remplace les maquettes physiques traditionnelles.</p>
<p>Un changement radical de la vision de projet</p>	<p>La vision du projet basée sur une définition abstraite et organisée autour de documents, passe à une définition directe du produit à réaliser représentée par ses composants et de leur assemblage. Les documents sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plans, • schémas, • notes de calcul, • spécifications.

Le changement est radical. Il impacte :

- la façon de travailler de chaque individu,
- l'organisation de l'équipe, de l'entreprise, de tous les acteurs impliqués tout au long du projet.

3.2. Numérique

Deux procédés pour transposer et stocker des données

Deux procédés existent pour transporter et stocker des données de type audio, image, vidéo, photo, etc. :

- Analogique.
- Numérique.

Le tableau ci-dessous décrit le principe général de fonctionnement de chacun de ces procédés :

Procédé analogique	Le procédé analogique reproduit la « courbe » décrivant le signal à enregistrer sous une forme similaire sur un support.
Procédé numérique	Le procédé numérique convertit la « courbe » décrivant le signal à enregistrer en une suite de 0 et de 1. Numérisé, le signal peut être transmis sans pertes, contrairement à un signal analogique sensible aux parasites. Après transport et stockage sous forme numérique, un signal vidéo ou audio est retraduit en forme analogique pour être affiché ou écouté.

Éléments facilitant l'usage de la maquette numérique

L'usage de la maquette numérique est fortement facilité par :

- la numérisation des signaux vidéo,
- la banalisation des stations graphiques permettant la manipulation d'objets géométriques 3D et la modélisation d'ensemble d'objets (créer, modifier, voir, cacher, colorer, pointer, etc.),
- la banalisation des imprimantes couleur ou 3D.

Éléments pour assister un concepteur de produit

Utiliser l'informatique pour assister un concepteur de produit nécessite de :

- convertir en informations numériques toutes les données utilisées, c'est-à-dire interprétables par un système informatique,
- disposer des logiciels et des matériels nécessaires à leur exploitation.

Numérisation

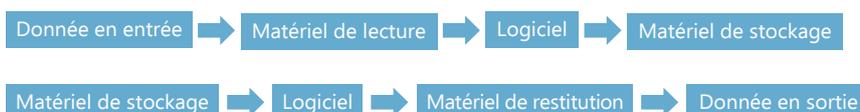
La numérisation est l'opération de conversion d'une donnée en une information numérisée, suite de chiffres 0 et 1. Cette information est numérisée à l'aide :

- d'un logiciel spécifique,
- d'un matériel particulier.

Exemples

Numérisation avec un scanner.

Utilisation d'un logiciel de traitement de texte.



Processus de numérisation

Processus numérique

Définition

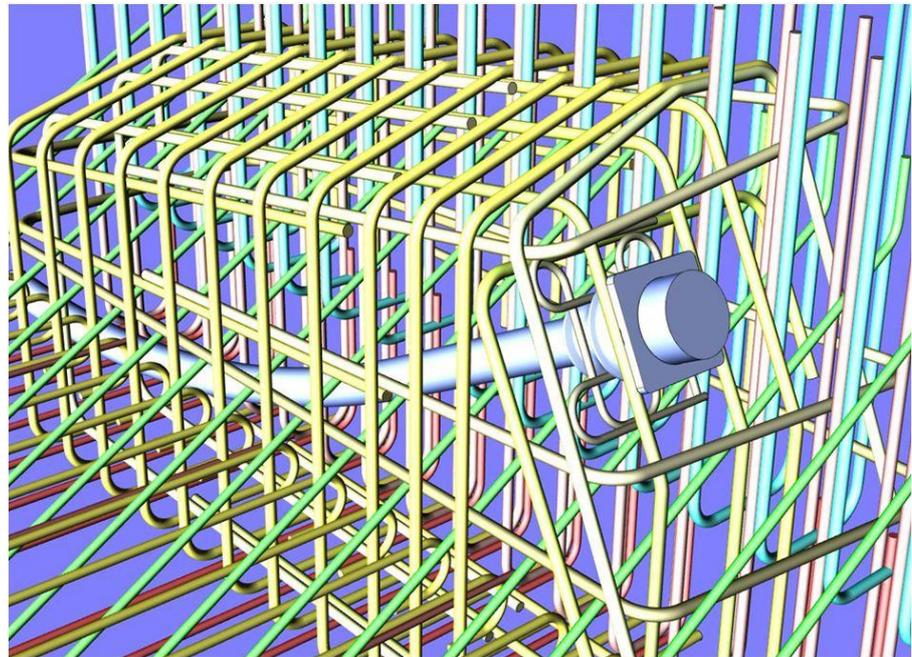
Un processus numérique est la revisite d'un processus de travail d'un individu pour intégrer une séquence :

- de numérisation,
- de traitement de l'information.

Cela nécessite de **prendre en compte la souplesse humaine** indispensable à tout projet face à la rigueur informatique requise par la machine.

Exemple

La modélisation d'un produit avec un logiciel de conception.



Détails de ferrailage autour d'un ancrage de précontrainte d'un pont

Caractéristiques des objets modélisés

Les objets modélisés dans ce cas sont principalement des armatures de ferrailage. Leurs caractéristiques sont décrites ci-dessous.

Géométrie et positionnement	Leur géométrie et leur positionnement sont conformes aux objets physiques.
Relations	Les relations entre eux sont décrites et permettent d'identifier les éventuelles collisions entre éléments.
Propriétés	Leurs propriétés géométriques et non géométriques sont associées.
Couleurs	Les couleurs correspondent à des familles d'objets pour faciliter la compréhension humaine.

Étude indispensable pour une production efficace

Traitée de façon classique, une telle étude est fastidieuse. Elle est pourtant indispensable pour une production sur chantier efficace.

Transformation numérique d'un ensemble de processus

Une transformation numérique est la revisite de processus de travail d'une équipe pour intégrer une séquence :

- de numérisation,
- de traitement de l'information des processus numériques élémentaires.

Exemple : le cas d'une équipe d'études

Un des problèmes associés concerne l'échange d'informations numérisées entre utilisateurs de logiciels différents. L'assemblage des différentes contributions aboutit à un modèle numérique représentant le projet.

Jumeau numérique

Un jumeau numérique est un modèle représentatif du projet permettant des simulations de cas d'usage réels du projet réel.

Exemple

La simulation du phasage de construction.

3.3. BIM

Description

BIM est un acronyme anglais signifiant **Building Information Modelling**. Il se traduit en français par **modélisation de l'information d'une construction**.

Le BIM est l'application de tous les concepts informatiques et numériques précédents au secteur de la construction. Ils sont largement appliqués dans de nombreux secteurs industriels.

Pourquoi la construction est-elle en retard ?

« Chaque projet de construction est différent, car décrivant un ouvrage précis défini par le lieu où il est situé, par son usage, ses exigences, ses acteurs, des conditions locales, une réglementation locale. »

Apports

Les apports du BIM sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Apport du BIM

Une séparation entre le stockage de l'information et sa visualisation

Un plan ou un document sont :

- le support contenant de l'information,
- la visualisation de cette information dans un contexte donné.

Le BIM :

- décrit la géométrie d'un composant de la construction directement dans un repère 3D propre à l'objet,
- positionne le repère dans le projet.

Les propriétés géométriques et non géométriques sont directement attachées à l'objet.

Le processus de conception est calqué sur le processus de réalisation.

La description de l'information est séparée de sa visualisation. Cette dernière peut être multiple. Plus besoin d'imaginer la géométrie 3D du composant à partir de plusieurs vues différentes. Plus besoin d'extraire les caractéristiques du composant de plusieurs documents. Le point d'entrée dans la recherche d'information est le composant concerné.

Apport du BIM

Une navigation dans le projet via ses composants

Le BIM permet de passer d'un ensemble de plans et de documents définissant la construction à un ensemble d'objets décrits par :

- leur géométrie
- des relations entre eux,
- des propriétés non géométriques.

Chaque objet peut être visualisé :

- seul ou avec d'autres objets,
- à différentes échelles,
- sous différents points de vue,
- à différents niveaux de détail.

Chaque objet peut être :

- vu ou masqué,
- désigné par la souris pour être interrogé ou modifié.

L'analyse de la construction ne se fait plus par une exploration documentaire. Elle se fait par un accès direct aux composants, et à toute l'information rattachée.

Une organisation spatiale

Le BIM permet de :

- définir des espaces,
- positionner les composants dans ces espaces.

Cela permet une vue globale du projet, ou une vue restreinte à un espace. Il est possible de voir le bâtiment dans son site ou d'analyser le détail des équipements dans une pièce.

Une organisation fonctionnelle

Le BIM permet de décrire des organisations fonctionnelles.

Exemple

Les réseaux de distribution. Une douche peut être vue comme :

- Un équipement dans une salle de bains : organisation spatiale.
- Un terminal de réseau attaché à des arrivées d'eau froide et d'eau chaude et une évacuation d'eaux usées : organisation fonctionnelle.

Une organisation par métier

Le BIM permet :

- d'attacher à chaque objet le métier qui le définit ou le réalise,
- de voir les objets gérés par le métier, ou les interactions entre métiers et les objets concernés par ces interactions.

Des organisations analytiques

Le BIM permet de définir des modèles analytiques et de les associer au modèle architectural comme :

- un modèle de calcul structurel,
- un modèle de calcul thermique,
- un modèle d'étude acoustique,
- la planification d'incorporation des différents composants dans la construction,
- etc.

Des contrôles de cohérence du modèle

Le BIM permet :

- des analyses de conflits géométriques entre composants,
- des analyses de conflits de planification (modèle 4D),
- des métrés,
- des simulations de la construction et des méthodes employées,
- des contrôles de réglementations (évacuation des personnes, etc.),
- etc.

Lettres de l'acronyme

Signification anglaise

BIM est un acronyme anglais, il possède plusieurs sens. Ces derniers sont décrits dans le tableau ci-dessous :

B	<p>Building a plusieurs sens en anglais :</p> <ul style="list-style-type: none"> un ouvrage de construction avec un toit et des murs, par exemple un bâtiment, l'action de construire un ouvrage, par exemple la construction d'un pont.
	<p>La première définition ne couvre que le bâtiment, la seconde ne couvre pas toutes les étapes du cycle de vie. Les Anglais utilisent dorénavant Built Asset pour inclure les infrastructures.</p>
I	<p>Information.</p>
M	<p>Le M a plusieurs sens :</p> <ul style="list-style-type: none"> M comme Model au sens modèle numérique, c'est-à-dire les informations du projet, géométriques et non géométriques. M comme Modeling au sens modélisation, c'est-à-dire l'organisation et la sélection des informations nécessaires compte tenu des acteurs utilisateurs des données et de la phase du cycle de vie. M comme Management au sens gestion, c'est-à-dire l'organisation nécessaire pour prendre en compte tout ce que l'informatique ne sait pas traiter directement.

Signification française

En français, BIM signifie donc à la fois :

- Modèle Numérique d'un Ouvrage.
- Modélisation Numérique d'un Ouvrage.
- Gestion d'un projet de Modélisation Numérique d'un Ouvrage.

M pour...

... modèle

Un modèle décrit par la norme IFC...

Le modèle de données BIM est décrit par la norme IFC. IFC est l'acronyme anglais de Industry Foundation Classes. Jeffrey Wix suggère que Information For Construction serait plus adapté [3].

... et associé à deux catégories d'entités

Le modèle de données est un modèle orienté objet. Les classes associées sont appelées entités. Il y a deux grandes catégories d'entités :

- celles dérivant de l'entité IfcRoot, pouvant être utilisées indépendamment,
- celles ne dérivant pas de l'entité IfcRoot, ne pouvant être que des attributs d'entités de la catégorie précédente.

Attributs de la classe IfcRoot

Les attributs de la classe IfcRoot sont :

Attributs de la classe IfcRoot

Un IfcGlobalId.	Identifiant global unique permettant sa traçabilité globale.
un IfcOwnerHistory.	Permettant le suivi de l'auteur, des dates de création ou modification.
Un nom propre au projet.	
Une description propre au projet.	

... modèle

Classes dérivant de l'entité IfcRoot

Les classes dérivant de l'entité IfcRoot sont :

IfcObject	Généralisation de tout objet lié à une construction.
IfcRelationship	Généralisation de toute relation entre objets.
IfcPropertyDefinition	Généralisation de toute caractéristique attachée aux objets.

Classes fondamentales de IfcObject

IfcObject se dérive en six classes fondamentales :

Classes dérivées de la classe IfcObject

IfcProduct	<p>Cette classe est une représentation de tout objet relatif à un contexte géométrique ou spatial. L'objet occupe une position dans l'espace et possède une représentation géométrique. Il peut être placé relativement à d'autres produits, mais in fine relativement au système de coordonnées du projet.</p> <p>Un produit peut être :</p> <ul style="list-style-type: none"> un élément préfabriqué, fourni ou créé qui est incorporé dans le projet, un objet créé indirectement par d'autres objets tel un espace défini par les objets qui le bordent, permanent ou temporaire. <p>Un produit est défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> des propriétés, des représentations géométriques.
IfcProcess	<p>Cette classe est définie en tant que tâche ou évènement individuel, ordonnancé dans le temps avec d'autres processus.</p>
IfcControl	<p>Cette classe est une généralisation de tout concept qui contrôle ou contraint une utilisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'un produit, d'un processus, d'une ressource. <p>Elle peut être vu comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> un règlement, un planning, un processus, une demande ou une commande concernant un produit, une ressource.
IfcResource	<p>Cette classe décrit l'information nécessaire pour représenter les coûts, les programmes et autres impacts liés à l'usage d'une chose dans un processus. Cela permet de traiter des informations d'objets qui n'ont pas de représentation géométrique associée dans le modèle.</p>
IfcActor	<p>Cette classe définit les acteurs impliqués dans un projet tout au long de son cycle de vie.</p>
IfcGroup	<p>Cette classe est une généralisation d'un groupe arbitraire. Un groupe est une collection logique d'objets. Il n'a pas de position propre ni de représentation propre. C'est une agrégation d'objets. Ainsi un système regroupe des éléments d'un point de vue de leur rôle sans tenir compte de leur position dans la construction.</p>

Ce type de modèle permet de gérer :

- le niveau de détail de l'information selon une approche holistique ou réductionniste,
- le responsable de l'information (auteur, date),
- la séparation entre stockage de l'information et visualisation,

- l'interopérabilité permettant l'échange entre différents logiciels et l'indépendance des utilisateurs vis-à-vis des éditeurs de solutions logicielles. Cela implique la normalisation du modèle et de sa sémantique.

... modélisation

▼ Définition

Selon CNRTL¹, « la modélisation est une opération par laquelle on établit le modèle d'un système complexe afin d'étudier plus commodément et de mesurer les effets sur ce système des variations de tel ou tel de ses éléments composants. »

▼ Objectifs

Modéliser permet de représenter l'ouvrage à concevoir, construire et exploiter dans les différentes étapes de son cycle de vie, pour imaginer, évaluer, organiser, réaliser, prendre les bonnes décisions au bon moment. Chaque projet est différent. Ils décrivent un ouvrage précis défini par :

- sa localisation,
- son usage,
- ses exigences,
- ses acteurs,
- des conditions locales,
- une réglementation locale.

▼ Modélisation dans le cas du BIM

Dans le cas du BIM, la modélisation est aussi l'art d'adapter la variabilité des projets à la rigueur du modèle imposé par le besoin d'interopérabilité. Mais cette différence s'estompe au niveau :

- des composants,
- des rôles,
- des processus de réalisation.

Ces derniers sont une déclinaison particulière d'un modèle général.

▼ Adaptation du modèle

La modélisation permet d'adapter le modèle aux spécificités du projet :

- type d'ouvrage,
- acteurs et rôles,
- particularismes locaux.

... management

Le management concerne l'organisation du support de l'informatique, autrement dit la gestion :

- des données,
- des processus,
- de la spécificité régionale du projet.

Adoption BIM

Objectif du BIM et implication

L'objectif premier du BIM est de s'appuyer sur la technologie informatique pour faciliter :

- la conception,
- la réalisation,
- l'exploitation d'un ouvrage.

Cela implique de :

- numériser les informations décrivant l'ouvrage tout au long de son cycle de vie. Les documents « papier » décrivant l'ouvrage sont remplacés par un modèle numérique créé, modifié, exploité au moyen de systèmes informatiques,
- développer les processus d'échanges et de partage d'information entre acteurs impliqués dans le cycle de vie de l'ouvrage,
- revisiter les processus associés à la gestion du cycle de vie d'un ouvrage.

Adoption progressive d'une démarche BIM

L'adoption d'une démarche BIM est progressive et doit tenir compte de l'expertise des acteurs impliqués sur ce sujet compte tenu :

- de la complexité d'un projet de construction et du nombre d'acteurs qu'il nécessite,
- du changement radical apporté par le BIM et des nouvelles pratiques qu'il requiert.

¹ Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales

**Demande forte du
secteur de la construction**

Les entreprises éprouvent certaines difficultés à gérer cette transition.

Pouvoir évaluer et mesurer l'adoption du BIM dans le cadre d'un projet est donc une demande forte du secteur de la construction. Et cela nécessite des indicateurs pertinents.

4. INDICATEURS

Présentation

Après un rappel de la définition de la notion d'indicateur, nous présentons deux exemples simples :

- le premier issu d'une spécification britannique,
- le second d'un groupe de travail du CEN/TC 442, comité technique en charge de la normalisation européenne du BIM.

Définition

Critères d'un indicateur efficace

Un indicateur est un outil d'évaluation et d'aide à la décision [2].

Un indicateur efficace doit répondre à plusieurs critères :

Robuste, fiable, précis et spécifique	L'interprétation doit être stable et cohérente dans le temps.
Sensible	Il doit refléter les variations de ce qu'il est censé synthétiser ou mesurer.
Compréhensible, simple et utilisable	Par tous les acteurs.
Pertinent	Par rapport à l'objectif concerné.
Coût acceptable	Par rapport au service rendu.
Utile	Le fait de le considérer doit ajouter de l'information à la prise de décision.

Mesures des indicateurs dans une démarche d'adoption

Dans une démarche d'adoption, les indicateurs permettent de mesurer :

- ce qui est fait,
- le chemin restant à parcourir.

PAS 1192:2

Objet

Paru en 2013, le PAS (Publicly Available Specification) 1192:2 est une spécification britannique. Il définit le niveau de maturité de niveau 2 pour le BIM (Building Information Modelling) pour tous les appels d'offres publics britanniques.

L'objet du document est de spécifier les exigences requises pour atteindre le niveau 2 dans le cadre d'un travail collaboratif en BIM.

Niveaux de maturité

▼ Niveaux identifiés

Quatre niveaux de maturité sont identifiés :

Niveau de maturité		
Niveau 0 CAD	Computer Aided Drafting (Dessin assisté par ordinateur)	Les plans produits sont constitués de traits et de texte.
		Les documents produits sont des copies papier.
		Ce niveau se situe avant l'utilisation du BIM.
Niveau 1 2D, 3D	Computer Aided Design	La conception est assistée par ordinateur avec des logiciels manipulant de la géométrie 2D ou 3D.
		Les fichiers (plans ou documents) sont produits à partir des modèles.
		Les échanges sont des fichiers numériques.
Niveau 2		Chaque discipline produit son BIM particulier (architecte, ingénierie, exploitation, corps d'état techniques, synthèse) :

Niveau de maturité**BIMs**

- AIM : Architects Information Model.
- SIM : Structural Information Model.
- FIM : Facilities Information Model.
- BSIM : Building Services Information Model.
- BRIM : Bridge Information Model.

Niveau de maturité

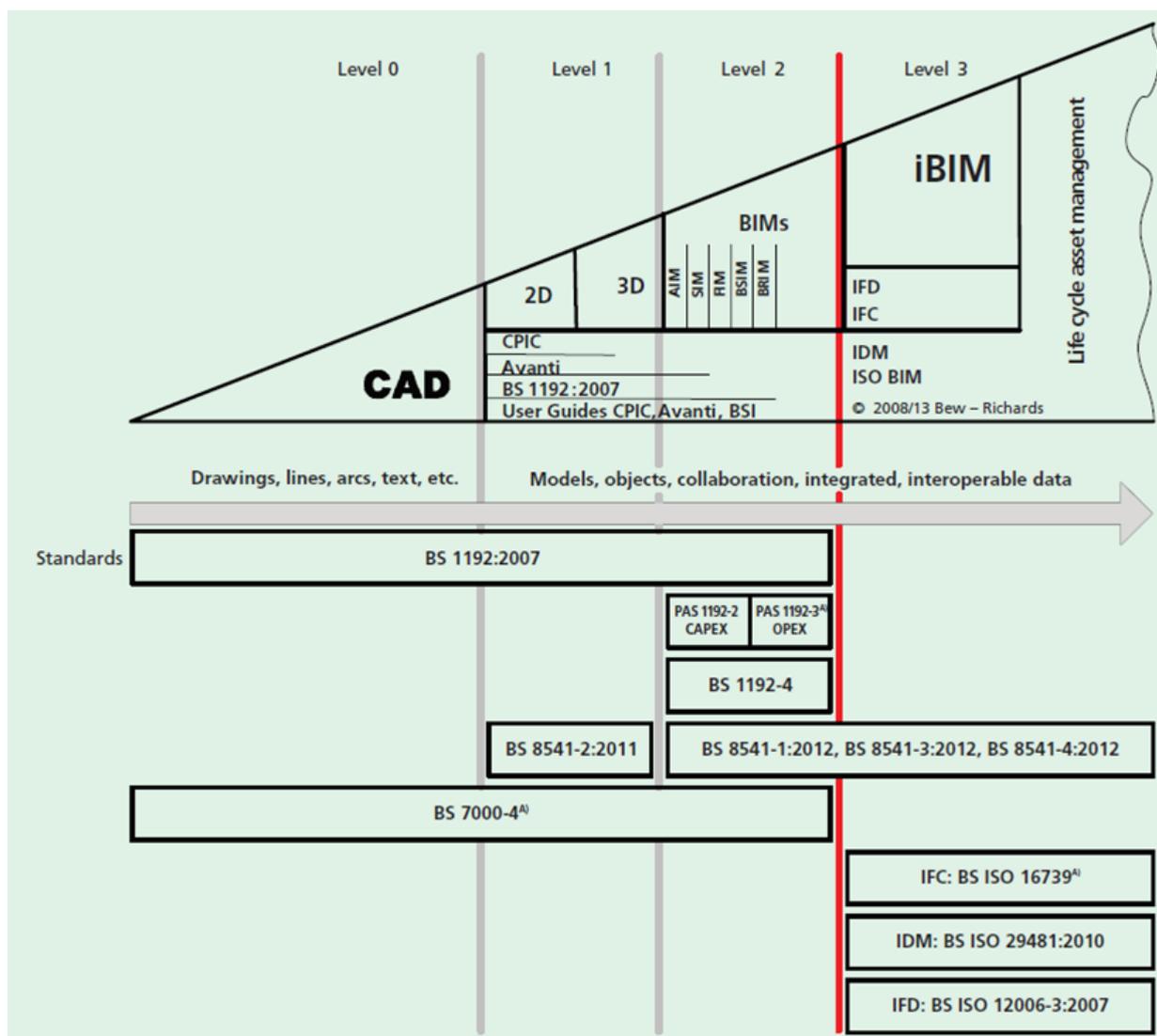
Niveau 3
iBIM

Integrated Building Information Modeling

Les échanges sont codifiés avec les normes :

- IFC² (modèle),
- IDM³ (processus),
- IFD⁴ (sémantique).

Les échanges restent à base de fichiers.



Niveaux de maturité (PAS 1192-2:2013)


 Indicateur

L'indicateur est très rustique. Il se focalise sur la technologie et son utilisation.

Il ne parle pas de la modélisation (qui, quoi, comment) ni de son organisation pour un projet donné. Il fait référence à des documents normatifs d'application, mais cela reste extrêmement vague.

² IFC signifie Information Foundation Classes, ou comme dirait Jeffrey Wix, Information for Construction. C'est une norme qui décrit les informations associées à un ouvrage.

³ IDM signifie Information Delivery Manual. C'est une norme qui permet de définir quelles informations sont échangées entre des acteurs donnés dans une phase donnée.

⁴ IFD signifie International Framework for Dictionaries. C'est une norme permettant de décrire un dictionnaire partagé par tous les acteurs échangeant de l'information.

Niveaux de maturité

Résumé

En résumé, nous pouvons traduire les niveaux de maturité comme ceci :

Niveau 1	Chaque acteur :
	<ul style="list-style-type: none"> fait de la géométrie 2D ou 3D avec des logiciels de modélisation, échange comme avant des plans et des documents produits à partir des logiciels de modélisation.
	La coordination des contributions et le traitement des modifications restent traditionnels.
Niveau 2	Chaque acteur :
	<ul style="list-style-type: none"> fait du BIM géométrie 3D et propriétés associées, échange comme avant des plans et des documents.
	Il peut fournir en plus son modèle. Ce dernier n'est pas contractuel.
	La coordination des contributions est facilitée l'usage de logiciels permettant la superposition des contributions.
	L'organisation de la modélisation BIM doit être spécifiée pour faciliter les échanges.
Niveau 3	Chaque acteur fait du BIM :
	<ul style="list-style-type: none"> géométrie 3D, propriétés associées.
	Les modèles sont échangés en s'appuyant sur les normes ISO CEN BIM.
	La coordination des contributions est facilitée par la superposition des différents modèles.
	L'organisation de la modélisation BIM est décrite pour faciliter les échanges.
	Les modèles partiels peuvent être agrégés dans un modèle projet global avec gestion des échanges.

CEN/TC 442 (BIM)

Description du comité technique

Le CEN est le Comité Européen de Normalisation.

Les travaux s'organisent au sein de Comités Techniques (TC, Technical Committees). Le TC 442 a la charge du développement de normes concernant le BIM.

Pour présenter sa stratégie, le TC 442 s'appuie sur un schéma proposé par SYHUS-BYGG (organisme norvégien en charge de la construction des hôpitaux) pour définir la progression des niveaux de Maturité BIM (BIM Maturity wedge). Il a une forme de « coin » (wedge en anglais) pour imaginer la progression dans l'appropriation de la démarche BIM.

Niveau de maturité selon l'axe horizontal

Comme sur le schéma du PAS 1192-2, on retrouve selon l'axe horizontal les niveaux de maturité suivants :

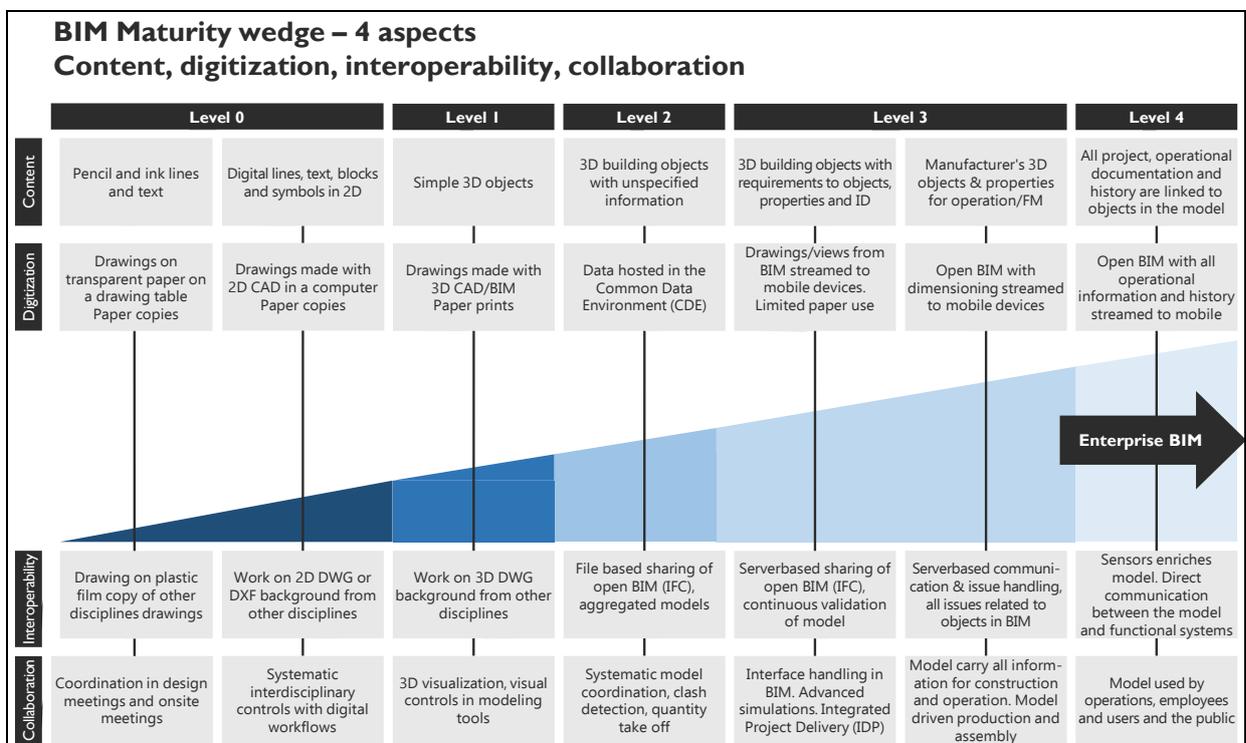
Niveau de maturité	
Niveau 0	Avant le BIM.
Niveau 1	Modélisation orientée objets en mode autonome.
Niveau 2	Modélisation mode collaboration.
Niveau 3	Modélisation basée modèle partagée en réseau.
Niveau 4	Utilisation étendue vers les nouvelles technologies.

Indicateurs

Ajout de quatre indicateurs...

L'ajout de quatre indicateurs est un élément intéressant. L'évaluation est possible indicateur par indicateur. Il est donc possible d'avoir des niveaux de maturité différents selon les indicateurs. Les indicateurs sont décrits dans le tableau ci-après :

Indicateurs	
Contenu (Content)	Il définit la richesse des informations, depuis des traits sans relation entre eux jusqu'à une représentation d'un objet par une géométrie, des propriétés non géométriques et des relations avec d'autres objets.
Numérisation (Digitization)	Il définit le niveau de numérisation, depuis un trait classique au crayon, de la modélisation par des traits en 2D, 3D, des géométries d'objets, des objets BIM dans des bases de données, exportables sur d'autres machines.
Interopérabilité (Interoperability)	Il définit le niveau d'interopérabilité, depuis des échanges papier simples à des plans numérisés, des modèles échangeables propriétaires, des modèles dans un format ouvert, des échanges avec des capteurs, etc.
Collaboration (Collaboration)	Il définit le niveau de collaboration depuis la coordination plans papier, des superpositions numériques de plans, les analyses de conflits géométriques entre modèles, des analyses de conflits entre métiers différents, jusqu'à des collaborations complètes entre métiers différents.



Indicateurs (CEN/TC 442)

▼ ... qui se limitent à la technologie...

Les indicateurs se limitent à la technologie. Cela est compréhensible dans le cas d'organismes de normalisation qui ne normalisent en fait que la technologie. En effet, les processus et les procédures relèvent plutôt de décisions prises au cas par cas au niveau des projets.

▼ ... et identifient les étapes clés sur la route du BIM

Les indicateurs identifient les étapes clés sur la route du BIM d'un point de vue technologie.

Spécifications à définir par projet

Les spécifications concernant l'organisation de la modélisation et la gestion des informations restent à définir projet par projet. **Des indicateurs permettant de mesurer la qualité de ces spécifications restent à définir.**

5. ADOPTION DU BIM : ÉTAT DE LA RECHERCHE

5.1. Présentation

Évaluation de l'adoption du BIM

Billal Succar apporte une contribution majeure à l'évaluation de l'adoption du BIM [4, 5, 6].

Objet du présent chapitre

Deux articles majeurs sont résumés dans les sections ci-après. Ces articles sont souvent repris par d'autres auteurs [7, 8].

5.2. Cadre de Modélisation Numérique d'un Ouvrage

Contexte

L'article en anglais s'intitule Building Information Modelling Framework [4]. Il est publié dans Automation in Construction en 2009.

Description de l'article

Concept BIM

Le concept BIM est un ensemble de procédures, processus et technologies. Ces derniers interagissent entre eux et créent une méthodologie pour gérer les données essentielles d'un projet de construction dans un format numérique tout au long du cycle de vie de l'ouvrage.

Modèle de connaissance du cadre BIM

Le cadre BIM est multidimensionnel. Il peut être représenté par un modèle de connaissances [4] comprenant les éléments représentés sur le tableau ci-dessous. Ces éléments sont également illustrés dans les pages suivantes.

Élément	Rôle
Les Champs BIM (BIM Fields)	Identifier les acteurs de domaines et leurs livrables représentés selon l'axe x.
Les Niveaux BIM (BIM Stages)	Délimiter les niveaux de maturité de mise en œuvre représentés selon l'axe y.
Les Loupes BIM (BIM Lenses)	Fournir la profondeur et l'ampleur de l'enquête nécessaire pour identifier, évaluer et qualifier les domaines d'activité et les étapes représentées selon l'axe z.

Champs BIM

Trois champs et deux sous-champs BIM interconnectés...

Il existe trois champs BIM interconnectés :

- Technologie (T).
- Processus (P).
- Procédures (P).

Ils possèdent chacun deux sous-champs : les acteurs et les livrables. Ces trois champs sont décrits ci-dessous.

Champs	
Technologie	La technologie représente l'informatique (logiciel, matériel, équipement et réseaux) nécessaire pour augmenter l'efficacité et la productivité du secteur de la construction.
Processus	Le processus représente une commande spécifique d'activités de travail dans le temps et l'espace. Il possède : <ul style="list-style-type: none"> • un début, • une fin, • des entrants clairement définis, • des sortants. C'est une structure pour une action. Les processus regroupent des acteurs qui fournissent, conçoivent, construisent, fabriquent, utilisent, gèrent, et maintiennent des ouvrages.
Procédure	La procédure est une règle ou un principe écrit pour guider la prise de décision.

... qui interagissent et se recouvrent entre eux

Il existe des interactions et des recouvrements entre les champs BIM.

Niveaux BIM

Les niveaux BIM sont les suivants :

Pré-BIM	Approche documentaire traditionnelle d'avant l'adoption du BIM.
Niveau 1	Modélisation d'objets au niveau de l'individu, échange classique.
Niveau 2	Collaboration entre modèles.
Niveau 3	Intégration sur le réseau.

Variables associées

Parmi les nombreuses variables associées, il est important d'en retenir au moins deux :

- les flux de données de types variés entre systèmes informatiques,
- les principales étapes du cycle de vie.

Ces variables sont décrites ci-dessous.

Flux de données de types variés entre systèmes informatiques

▼ Variabilité dans les données et les moyens d'échange

Les flux de données de types variés entre systèmes informatiques comprennent les éléments suivants :

- le transfert de données structurées (bases de données),
- semi-structurées (tableur par exemple),
- non structurées (images).

Cet échange peut être basé sur des fichiers ou des dialogues entre serveurs.

Les flux de données BIM comprennent :

- des échanges d'objets riches en sémantique. Ce sont les principaux composants de modèles BIM,
- des informations contenues dans des documents.

▼ ... qui peut être classifiée et mesurée

Cette variabilité dans les données et les moyens d'échange entre acteurs BIM peut être classifiée et mesurée **vis-à-vis des niveaux de maturité d'une multitude de façons**. Cependant, l'auteur identifie une classification générale. En effet, les flux de données ne peuvent être que :

- des échanges structurés et exploitables par une machine,
- des échanges non structurés.

▼ Niveau d'interopérabilité possible

Le niveau d'interopérabilité possible est soit :

- sans format,
- un format propriétaire,
- un format ouvert et normé tel que IFC.

Principales étapes du cycle de vie

Le cadre du BIM subdivise les étapes du cycle de vie en :

- sous étapes,
- activités,
- sous activité,
- tâches.

Les étapes sont décrites dans le tableau ci-après.

Principales étapes du cycle de vie

Pré-BIM

Cette étape se caractérise par des relations conflictuelles entre acteurs. Les accords contractuels encouragent l'évitement et le délestage de risques.

Une grande dépendance est mise dans une documentation 2D pour décrire une réalité 3D. Les visualisations 3D produites sont souvent disjointes et s'appuient sur de la documentation et des détails 2D.

Les quantités, les coûts et les spécifications ne sont ni déduits de la visualisation du modèle ni liés à la documentation.

Les pratiques collaboratives entre acteurs ne sont pas priorisées.

Le flux de travail est linéaire et asynchrone.

L'investissement en technologie est faible. On observe un manque d'interopérabilité.

BIM niveau 1 : modélisation des objets

Le BIM est la mise en œuvre par l'usage d'outils de modélisation. Les modèles sont réalisés au niveau de chaque discipline.

Ils permettent de produire et coordonner la documentation 2D et la visualisation 3D.

Les pratiques de collaboration sont celles du niveau pré-BIM. Il n'y a pas d'échanges de modèles entre acteurs. Les échanges sont comme en pré-BIM.

Ce niveau permet de découvrir la puissance du BIM et d'encourager le passage à l'échange de modèles.

BIM niveau 2 : échange de modèles

Chaque discipline ayant développé son propre modèle, les acteurs commencent à échanger des modèles. Cela permet de :

- construire le modèle de coffrage à partir du modèle architecte,
- d'enrichir le modèle architecte avec les quantités ou d'enrichir un modèle avec les données de planning fournies par une autre discipline.

Une autre discipline profite directement du modèle de la première. En changeant de phase, on reprend le modèle de la phase précédente pour en augmenter le niveau de détail. Un modèle d'une discipline est repris pour être enrichi par les données d'une autre discipline.

BIM niveau 3 : intégration réseau

À ce niveau des modèles intégrés riches en sémantique sont créés, partagés et maintenus de façon collaborative au long des étapes du cycle de vie.

Cette intégration est réalisée au moyen de technologies de serveur de modèles. Elle utilise des formats propriétaires, ouverts ou non propriétaires, dans une base de données ou des bases fédérées distribuées ou en SaaS (Software as a Service).

Les modèles de niveau 3 deviennent des modèles nD interdisciplines. Ces derniers permettent des analyses complexes dès les premières phases d'une conception ou construction virtuelle.

Le modèle de connaissances permet la « construction simultanée ». Des tâches de conception peuvent se réaliser en parallèle plutôt qu'en séquence.

La mise en œuvre du niveau 3 requiert une reconsidération majeure des :

- relations contractuelles,
- modèles d'attribution des risques et des flux procéduraux.

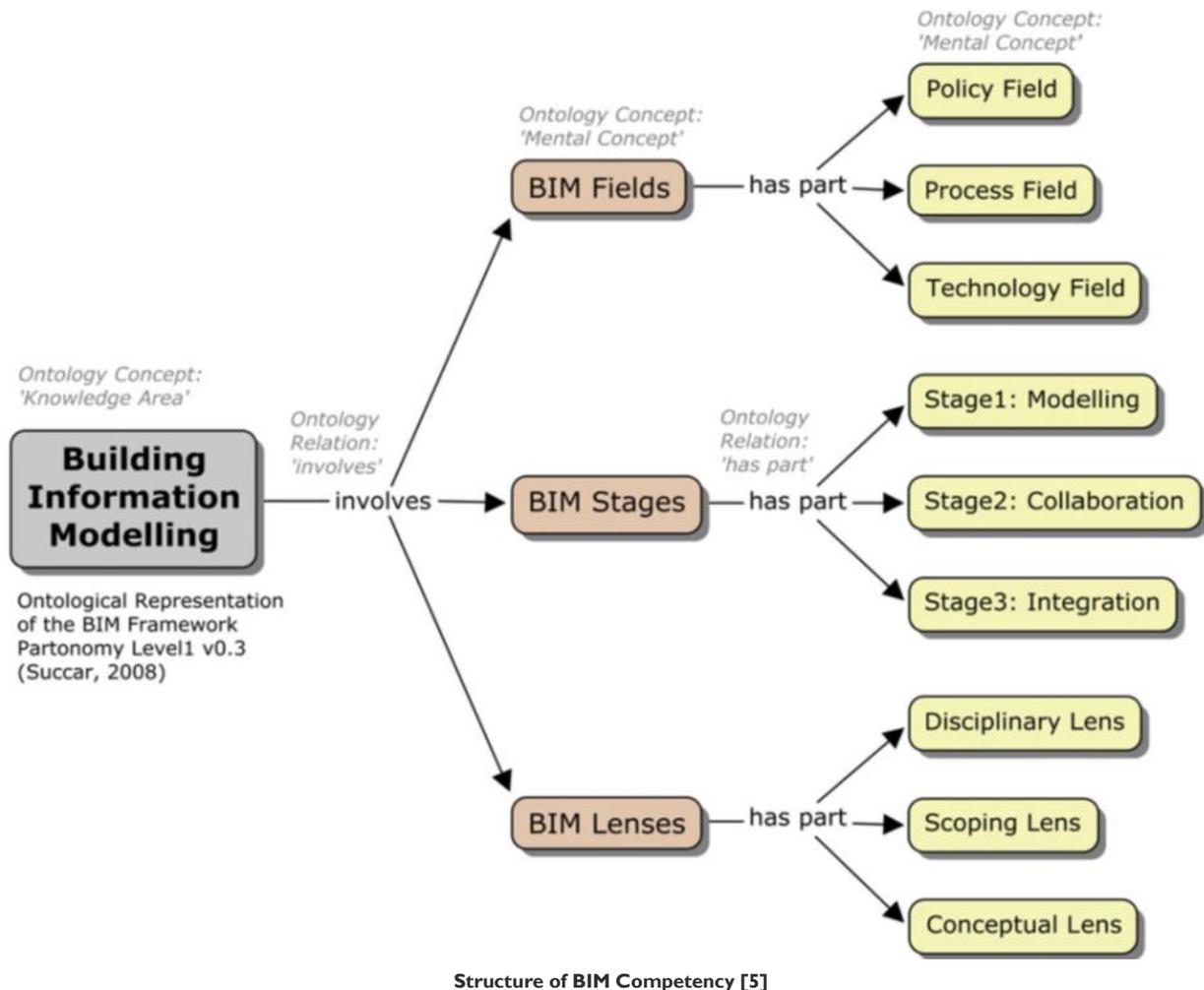
Le prérequis à de tels changements est la maturité des technologies réseau et logicielle permettant un modèle partagé inter-disciplines.

La maturité de ces technologies, processus et procédures facilite éventuellement le niveau livraison intégrée de projet.

Livraison intégrée de projet

L'intégration de toute la technologie :

- robotisation,
- capteurs,
- jumeau numérique,
- etc.



Loupes BIM

Présentation

Les loupes BIM sont la troisième dimension du cadre BIM. Elles :

- Gèrent la profondeur de la demande d'information.
- Contrôlent et gèrent la complexité du domaine BIM en retirant des détails inutiles selon la demande d'information.
- Permettent à l'expert d'un domaine de se focaliser sur un sujet et de générer les vues de connaissances qui :
 - mettent en évidence des objets qui répondent aux critères de recherche,
 - filtrent et éliminent ceux qui ne conviennent pas,
 - toutes les vues de connaissances sont des abstractions déduites de l'application d'une ou plusieurs loupes ou filtres.

Différenciation des loupes et des filtres

La différence entre les loupes et les filtres est la suivante :

Loupes	Les loupes sont additives et servent à enquêter.
Filtres	Les filtres sont soustractifs pour ôter ce qui ne concerne pas l'enquête.

Loupes et filtres

Typologie

Il existe trois types de loupes et filtres qui peuvent être appliqués individuellement ou collectivement pour générer une vue de connaissances. Ces types sont décrits ci-après.

▼ Loupes et filtres par disciplines

Les loupes et les filtres par disciplines sont :

Loupes	Filtres	
Gestion du changement.	Changement	Mécanismes, incitations freins.
Gestion du projet de construction.	Planning projet	Ressources activités.
Gestion des données.	Données	Standards, sécurité flux.
Gestion de la conception.	Conception	Direction, communication créativité.
Gestion financière.	Finance	Stratégies, contrôles budgets.
Gestion de la connaissance.	Connaissances	Acquisition, représentation transfert.
Gestion des processus.	Organisation	Culture, développement planning.
Gestion des risques.	Processus	Rôles, procédures tâches.
Etc.	Risques	Identification, allocation atténuation.

▼ Loupes et filtres de cadrage

Les loupes de cadrage diminuent la vue des connaissances :

- en changeant sa granularité,
- en filtrant l'information non souhaitée.

Ces loupes ont trois niveaux de complexité :

Loupe macroscopique	Un champ de couverture large, mais peu de détail.
Loupe mésoscopique	Un champ de couverture moyen, mise au point et détail.
Loupe microscopique	Un champ de couverture réduit, et beaucoup de détails.

▼ Loupes et filtres par concepts basés sur l'ontologie

Ce type de loupe conçoit des vues de connaissance en appliquant des filtres par concepts dérivés de l'ontologie BIM. Le cadre BIM permet d'examiner et de représenter une série de concepts et de relations. Une ontologie spécifique aux concepts BIM est développée pour :

- réduire la complexité,
- faciliter l'acquisition de connaissance et la validation des sujets du cadre BIM.

L'ontologie est la description d'un univers par un réseau de concepts composant cet univers. Elle définit un vocabulaire commun pour partager l'information d'un domaine de connaissances. Les deux usages principaux de l'ontologie sont :

- Génération d'un langage permettant la communication entre personnes.
- Ou l'interopérabilité entre systèmes informatiques.

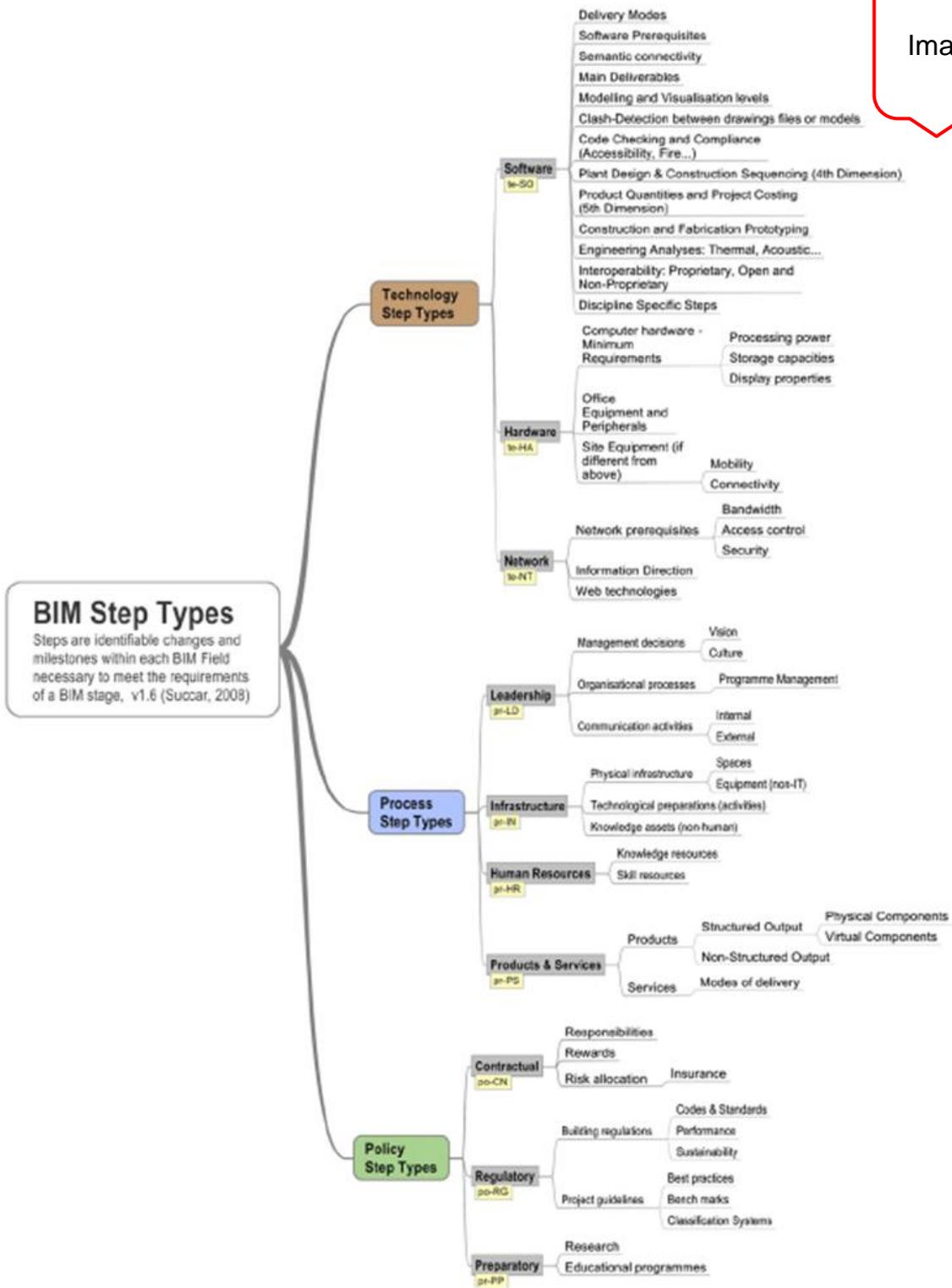
En tant que langage décrivant le cadre BIM, l'ontologie BIM :

- agit comme une description formelle des éléments et des relations entre les éléments dans un domaine,
- assiste la mise en œuvre d'outils d'acquisition de connaissance, de techniques et de méthodologies,
- facilite la construction de modèles de domaine et la réutilisation de connaissances entre domaines.

L'ontologie BIM comprend quatre objets de connaissances de haut niveau :

- concepts, • attributs, • relations, • vues de connaissance.

Image floue



BIM Competency Sets [5]

5.3. Mesure de la performance BIM

Contexte

Dans son livre “The Five Components of BIM Performance Measurements” [5], publié en 2010, Billal Succar identifie cinq composantes élémentaires spécifiquement mises au point pour évaluer la performance d’une adoption BIM :

Composantes pour évaluer la performance du BIM

Les niveaux de capacité BIM	Ils définissent les étapes de transformation tout au long de la mise en œuvre.
Les niveaux de maturité BIM	Ils caractérisent la qualité, la prévisibilité et la variabilité au sein des niveaux de capacité.
Les ensembles de compétences BIM	Ils caractérisent les progressions incrémentielles et les améliorations dans les niveaux de capacité.
Les échelles organisationnelles	Elles caractérisent la diversité des marchés, les disciplines et les tailles des entreprises.
Les niveaux de granularité	Ils permettent des analyses de performance très ciblées et flexibles allant de l’auto-évaluation informelle à des audits hautement détaillés.

Niveaux de capacité BIM

Les niveaux de capacité BIM sont :

BIM niveau 1	Modélisation basée objets.
BIM niveau 2	Modélisation basée collaboration.
BIM niveau 3	Modélisation basée réseau.

Niveaux de maturité BIM

La maturité BIM se réfère aux éléments suivants :

Définition

- la qualité,
- la répétabilité,
- le degré d’excellence dans un niveau de capacité BIM.

Différence entre compétence et maturité

Contrairement à la compétence qui traduit une aptitude minimale, la maturité traduit une extension de cette aptitude dans la réalisation d’une tâche ou d’un service BIM.

Cinq niveaux de l’index de maturité BIM

La maturité est associée à un index de maturité BIM. Ce dernier comporte cinq niveaux distincts :

- Initial/Ad-hoc.
- Defined.
- Manage.
- Integrated.
- Optimised.

Ensembles de compétence BIM

Signification du terme « compétence » pour l'auteur

Cas d'utilisation de l'ensemble de compétences BIM

Structure

Un ensemble de compétence BIM est une collection hiérarchique de compétences individuelles. Cette collection est identifiée pour les besoins :

- de la mise en œuvre du BIM,
- de son évaluation.

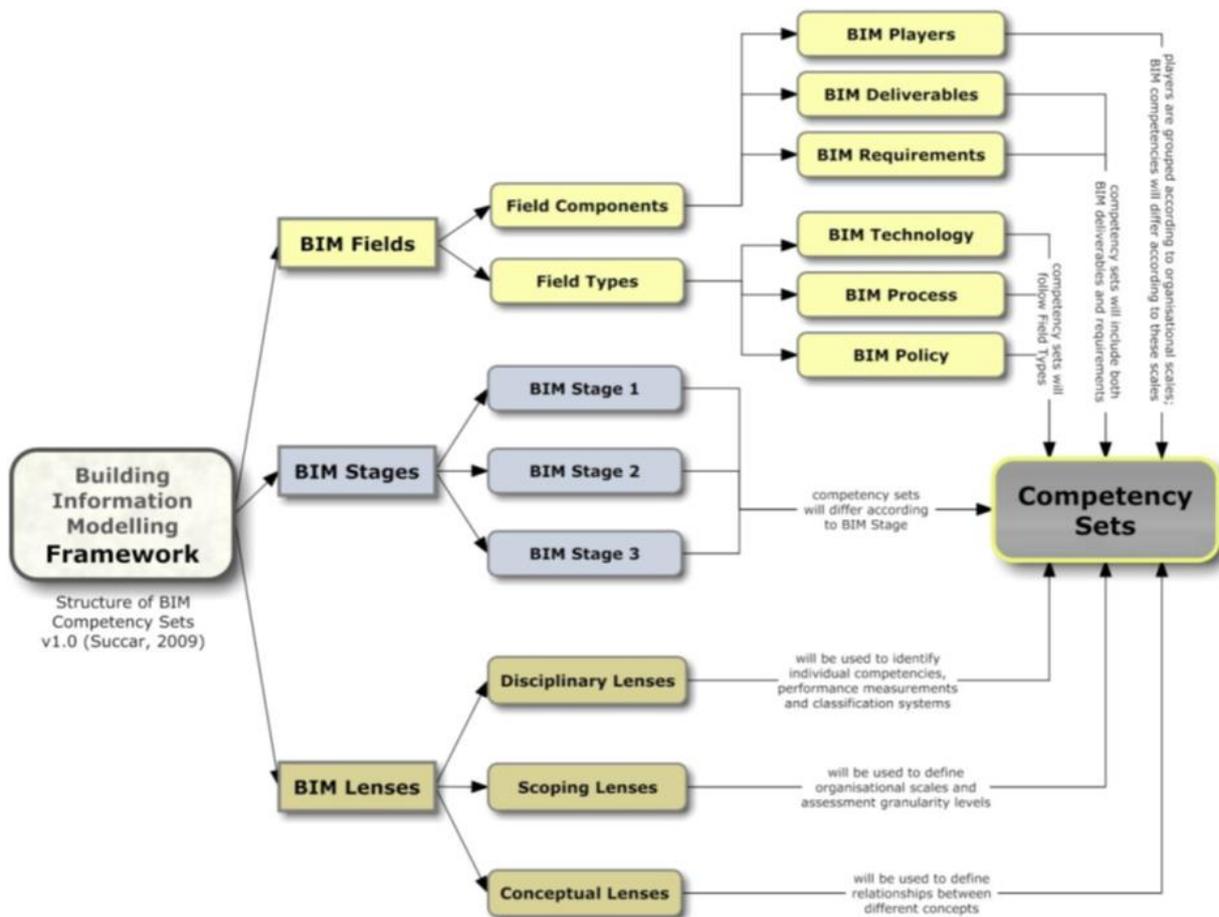
Selon l'auteur, le terme compétence ne reflète pas nécessairement des compétences humaines. Il signifie un ensemble générique de compétences adapté à la mise en œuvre et à l'évaluation :

- des niveaux de capacité BIM,
- des niveaux de maturité BIM.

Les cas d'utilisation des ensembles de compétences BIM et les éléments associés sont :

Si l'ensemble de compétences BIM est utilisé...	Alors il est associé...
... pour réaliser une mise en œuvre	... aux étapes de mises en œuvre BIM.
... pour évaluer une mise en œuvre existante	... aux domaines d'évaluation BIM.

Le schéma ci-dessous illustre comment le cadre BIM génère des ensembles de compétence BIM à partir de multiples champs, niveaux et loupes.



Structure des ensembles de compétences BIM [4]

Éléments associés aux compétences

Les compétences BIM sont directement associées :

- aux exigences ou requirements,
- aux livrables ou deliverables,
- aux acteurs ou players.

Regroupement des compétences en trois ensembles

Les compétences peuvent être regroupées en trois ensembles :

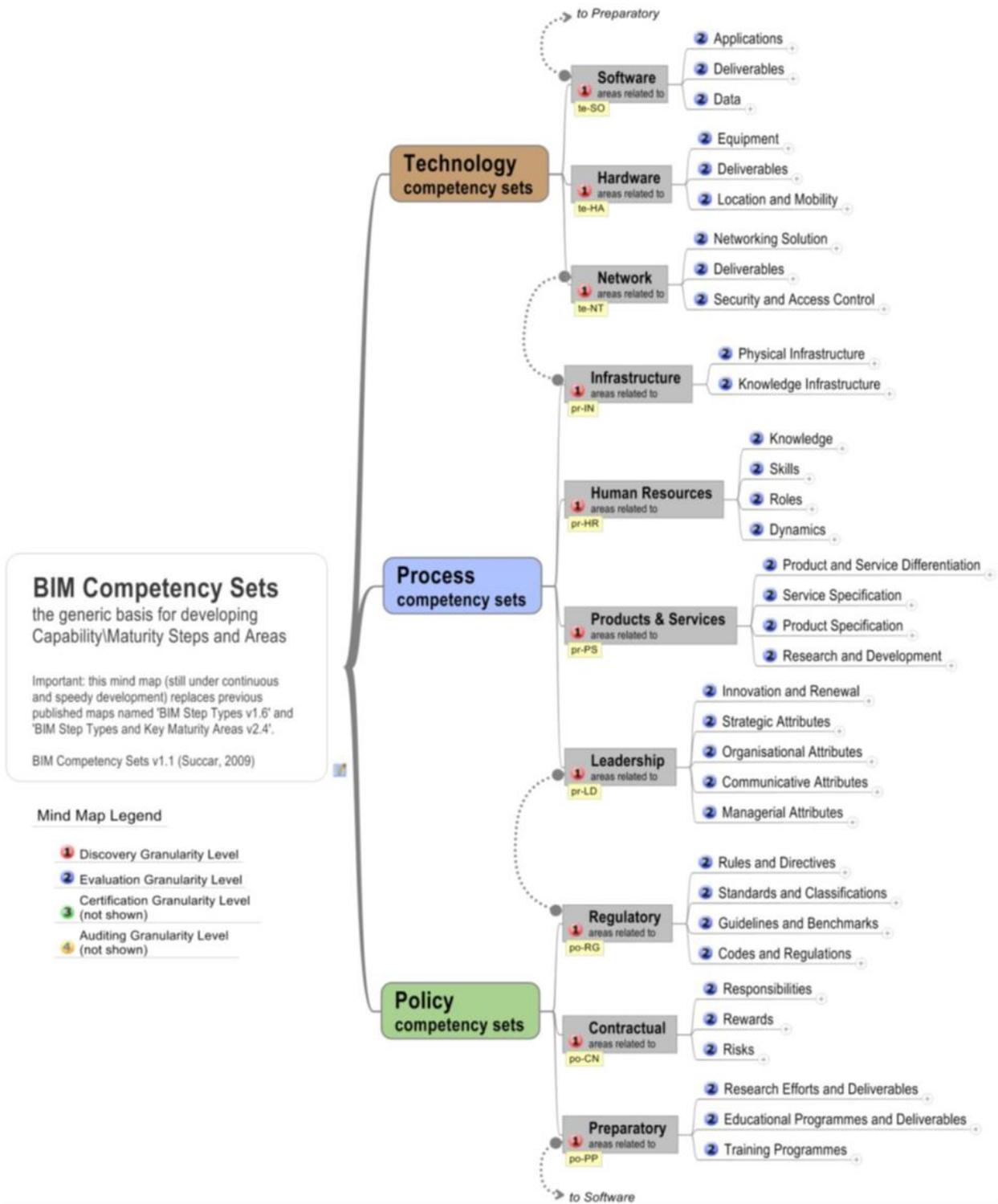
- technologie (Technology),
- processus (Process),
- procédures (Policies).

Ces ensembles sont décrits ci-dessous.

Ensemble de compétences	Éléments liés	Exemple
Compétence technologie	Logiciel	La disponibilité d'un outil BIM permettant la migration d'une approche document à une modélisation basée objets (exigence BIM niveau 1).
	Matériel	
	Réseau	
Compétence processus	Leadership	Les processus de collaboration et les compétences d'échange de base de données sont nécessaires pour permettre une modélisation basée collaboration (BIM niveau 2).
	Infrastructure	
	Ressources humaines	
	Produits et services	
Compétence procédures	Contrats	Les accords contractuels basés sur un groupement ou un partage de risque sont des prérequis pour une modélisation basée réseau (BIM niveau 3).
	Règlements	
	Formation	

Ensemble de compétences BIM au niveau de granularité 2

Le schéma ci-après est une présentation partielle d'un ensemble de compétences adaptée au niveau de granularité 2 (le niveau de granularité est détaillé plus loin).



Ensemble de compétences BIM au niveau de granularité 2 [4]

Échelles d'organisation BIM...

... pour évaluer la performance du BIM

... pour personnaliser l'évaluation du BIM

Image floue

Une échelle d'organisation est développée pour évaluer la performance BIM au regard :

- de la diversité des marchés,
- des disciplines,
- de la taille des entreprises.

Cette échelle peut être employée pour personnaliser l'évaluation comme le décrit le visuel ci-dessous :

Low Detail			High Detail			
Name	Sym	Granularity	Name	Sym	Granularity	Short Definition
MACRO Markets and Industries	M	Markets 1	(Macro M)	M	Market 1	Markets are the "world of commercial activity where goods and services are bought and sold" http://bit.ly/piB3c
			(Meso M)	Md	Defined Market 2	Defined Markets can be geographical, geopolitical or resultant from multi-party agreements similar to NAFTA or ASIAN.
			(Micro M)	Ms	Sub-Market 3	Sub-markets can be local or regional.
	I	Industries 4	(Macro I)	I	Industry 4	Industries are 'the organised action of making of goods and services for sale'. Industries can traverse markets and may be service, product or project-based. The AEC industry is mostly Project-Based. http://bit.ly/ieLY3
			(Meso I)	Is	Sector 5	A sector is a "distinct subset of a market, society, industry, or economy whose components share similar characteristics" http://bit.ly/15UkZD
			(Micro I)	Id	Discipline 6	Disciplines are industry sectors, "branches of knowledge, systems of rules of conduct or methods of practice". http://bit.ly/7jT82
			Isp	Specialty 7	Specialty is a focus area of knowledge, expertise, production or service within a sub-discipline.	
MESO Projects and their teams	P	Project Teams 8	n/a	P	Project Team 8	Project Teams are temporary groupings of organisations with the aim of fulfilling predefined objectives of a project - a planned endeavour, usually with a specific goal and accomplished in several steps or stages. http://bit.ly/dqMYg
MICRO Organisations Units, their Teams & Members	O	Organisations 9	(Macro O)	O	Organisation 9	An organisation is a 'social arrangement which pursues collective goals, which controls its own performance, and which has a boundary separating it from its environment' http://bit.ly/v7p9N
			(Meso O)	Ou	Organisational Unit 10	Departments and Units are specialised divisions of an organisation. These can be co-located or distributed geographically.
				Ot	Organisational Team 11	Organisational Teams consist of a group of individuals (human resources) assigned to perform an activity or deliver a set of assigned objectives. Teams can be physically co-located or formed across geographical or departmental lines.
			(Micro O)	Om	Organisational Member 12	Organisational members can be part of multiple Organisational Teams.

Organisational Scale [5]

Niveaux de granularité BIM

Développement d'un filtre avec quatre niveaux de granularité BIM...

... révélant une variabilité de détail des aires de compétences

Les ensembles de compétences BIM contiennent un grand nombre de compétences individuelles regroupées sous des en-têtes.

Un filtre avec quatre niveaux de granularité BIM est développé pour améliorer la flexibilité et les évaluations :

- des niveaux de capacité BIM,
- des niveaux de maturité BIM.

La progression du plus bas au plus haut niveau traduit un accroissement en :

- largeur d'évaluation,
- formalité,
- détail de notation,
- spécialisation de l'expert.

L'utilisation de niveaux de granularité de haut niveau (3 ou 4) révèle des aires de compétences plus détaillées que des niveaux plus bas (1 ou 2).

Cette variabilité permet la préparation de plusieurs outils de mesure de la performance BIM allant :

- d'évaluations peu détaillées, informelles et auto-administrées,
- à des évaluations très détaillées, formelles et menées par des spécialistes.

Vous pouvez trouver plus d'informations dans la référence [6].

GLevel Number, GLevel Name, Description and Scoring System (Numerical and/or Named)			OScale applicability	Assessment By, Report Type and Guide Name	
1	Discovery	A low detail assessment used for basic and semi-formal discovery of BIM Capability and Maturity. Discovery assessments yield a basic numerical score.	All Scales	Self	Discovery Notes <i>BIMC&M Discovery Guide</i>
2	Evaluation	A more detailed assessment of BIM Capability and Maturity. Evaluation assessments yield a detailed numerical score.	All Scales	Self and Peer	Evaluation Sheets <i>BIMC&M Evaluation Guide</i>
3	Certification	A highly-detailed appraisal of those Competency Areas applicable across disciplines, markets and sectors. Certification appraisal is used for Structured (Staged) Capability and Maturity and yields a formal, Named Maturity Level.	8 and 9	External Consultant	Certificate <i>BIMC&M Certification Guide</i>
4	Auditing	The most comprehensive appraisal...In addition to competencies covered under Certification, Auditing appraises detailed Competency Areas including those specific to a market, discipline or a sector. Audits are highly customisable, suitable for Non-structured (Continuous) Capability and Maturity and yield a Named Maturity Level plus a Numerical Maturity Score for each Competency Area audited.	8, 9, 10 & 11	Self, Peer and External Consultant	Audit Report <i>BIMC&M Auditing Guide</i>

Niveaux de granularité du BIM [5]

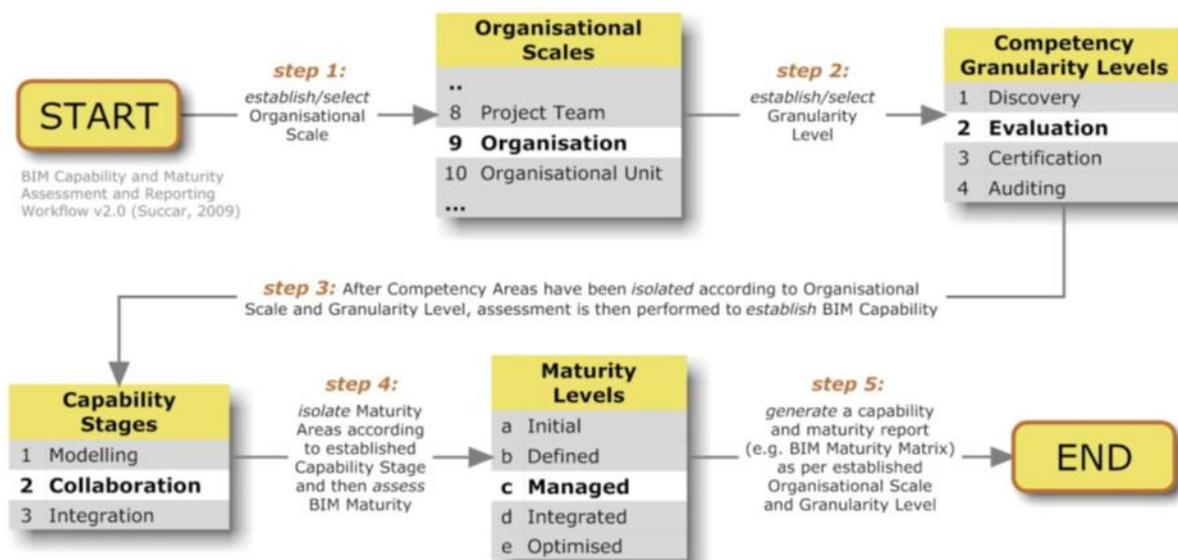
Utilisation des cinq composantes d'évaluation

Développement d'un workflow d'évaluation et de reporting

Les évaluations de performance BIM utilisent les cinq composantes complémentaires du cadre BIM. Conformément aux principes décrits ci-dessus, les évaluations de performance BIM peuvent être réalisées à partir de multiples combinaisons des :

- niveaux de capacité ou Capability Stages,
- niveaux de maturité ou Maturity Levels,
- ensembles de compétences ou Competency Sets,
- échelles organisationnelles ou Organisational Scales.
- niveaux de granularité ou Granularity Levels.

Un workflow d'évaluation et de reporting est développé pour gérer les configurations possibles (voir figure ci-dessous).



Workflow d'évaluation et de reporting des niveaux BIM de capacité et de maturité [5]

6. CONCLUSIONS

Avancée du projet

Après comparaison des résultats de recherche de Bilal Succar avec les mises en œuvre pratiques, nous nous situons encore au début du déploiement du BIM, c'est-à-dire au niveau 2.

Exigences du BIM

L'adoption du BIM demande :

- une évolution des outils informatiques,
- une adaptation des méthodes de travail des personnels impliqués dans les projets.

L'échange d'information entre logiciels différents requiert des règles d'échange très strictes.

Normalisation des formats d'échange et de la méthodologie

Nous pouvons normaliser :

- les formats d'échange, par exemple avec la norme IFC ISO-EN 16739,
- la méthodologie de description des échanges, par exemple avec la norme IDM ISO-EN 29481.

Normalisation de l'organisation des données au cas par cas

Nous ne pouvons pas normaliser l'organisation des données d'un projet précis. Cette normalisation :

- se fait au cas par cas par projet,
- est défini dans le protocole BIM appelé BIM Execution Plan.

Pistes pour la suite du projet

Identifier des indicateurs permettant d'évaluer la mise en œuvre d'un protocole BIM est une tâche restant à faire. Les travaux de Bilal Succar donnent de bonnes pistes théoriques à mettre en pratique.

7. RÉFÉRENCES

Tableaux des références Les références sont les suivantes :

Références	
[1]	www.minnd.fr
[2]	https://fr.wikipedia.org/wiki/Indicateur
[3]	http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/building_smart/WS3_IDM_WhatIsTheIFCModel.pdf
[4]	Bilal Succar 2008, Building Information Modelling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, October 2008, <i>Automation in Construction</i>
[5]	Bilal Succar 2010, The Five Components of BIM Performance Measurements, 2010, <i>Conference Paper, CIB World Congress</i>
[6]	Bilal Succar 2012, Measuring BIM performance : Five metrics, 2012, <i>Architectural Engineering and Design Management</i>
[7]	Jemi Gabro 2014, iBIM - integrated Building Information Modeling, <i>master thesis 2014, Chalmers University Of Technology, Göteborg, Sweden</i>
[8]	Robert Eadie 2014, Building Information Modelling Adoption: An Analysis of the Barriers to Implementation, <i>Journal of Engineering and Architecture</i>
[9]	Ammar Azzouz 2016, The Emergence of Building Information Modelling Assessment Methods (BIM-AMs), <i>Ammar Azzouz, Paul Shepherd, and Alex Copping, Department of Architecture and Civil Engineering University of Bath, UK</i>