

Université Mohamed Seddik BenYahia-Jijel
Faculté des sciences et de la technologie
Département d'architecture

Licence architecture 3eme Année /S1

Matière :Modélisation- Simulation- BIM

Cours n°:10 La Maquette Numérique Urbaine (suite)

Chargé de cours: M,BLIBLI

Année universitaire 2023/2024

Sommaire

Contexte

1 Genèse de la notion de CIM

1.1 Le SIG

1.2 Le BIM

1.3 Le CIM

2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages

2.1 Échelles d'application

2.2 Cas d'usages

3 Données

3.1 Le modèle CIM

3.2 Formats et interopérabilité

3.2.1 Formats BIM

3.2.2 Formats SIG

3.2.3 Articulation formats BIM et SIG

3.2.4 Autres formats

3.3 L'exploitation des données BIM –

3.4 Qualité des données

3.5 Plateforme collaborative

3.6 Sécurité

3.7 Gouvernance

4 Les acteurs

5 Processus collaboratifs

5.1 Plateformes collaboratives à l'échelle de l'opération d'aménagement

5.2 Revue de maquettes

5.3 Les revues de projet

6 Documents de cadrage d'une démarche CIM

6.1 La Charte CIM

6.2 Le Cahier des Charges CIM

6.3 La Convention CIM MOEU

6.4 Le plan de mise en oeuvre du BIM

Contexte

Aujourd’hui le BIM est incontournable pour les acteurs de la construction. Cette émergence de nouvelles méthodes de travail concerne aussi les aménagements urbains. Les nouvelles méthodes de travail collaboratif à l’échelle du territoire, mènent vers le CIM. Le CIM est une extension du BIM à l’échelle du territoire.

$$\mathbf{BIM} + \mathbf{SIG} = \mathbf{CIM}.$$

Le CIM, basé sur la maquette numérique du territoire, est actuellement en plein développement.

1 Genèse de la notion de CIM

1.1 Le SIG

« Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. » (Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989). Dans un SIG, les données sont organisées sous formes de couches. Chaque couche rassemble généralement des informations appartenant à une même thématique (photographie satellitaire, réseaux routiers, parcelles, points remarquables, etc.). Une couche peut stocker l'information de deux manières différentes :

- Selon le mode « **image** »
- - Selon le mode « **objet** »

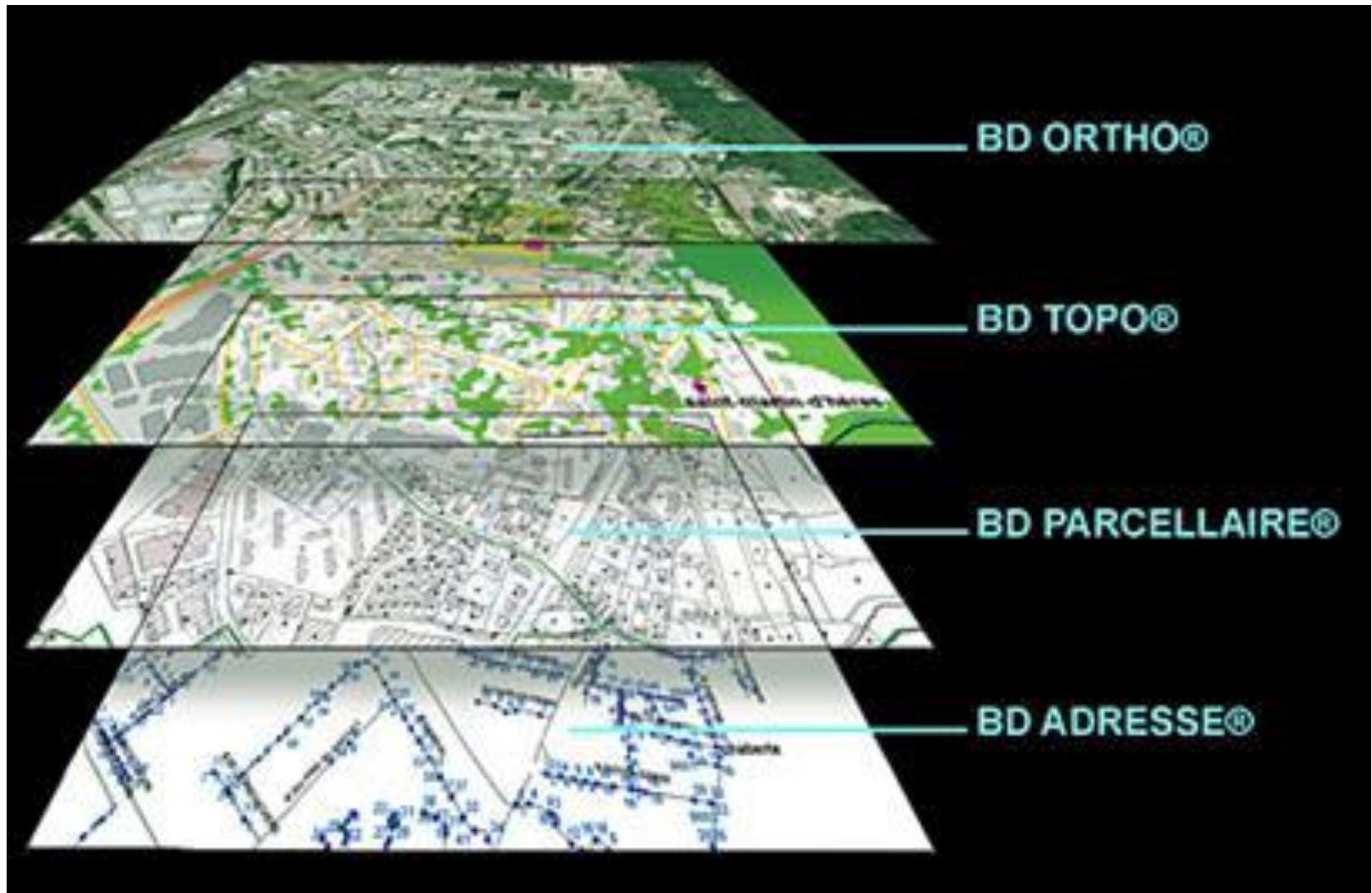


Figure 1-1 SIG (Bases de Données (BD) IGN)

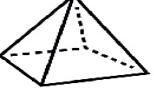
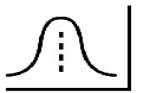
1 Genèse de la notion de CIM

1.2 Le BIM

Le Building Information Modeling (BIM) est défini dans la norme ISO 19 650 comme « l'utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision. »

« Les actifs bâtis comprennent, mais sans s'y limiter, les projets de construction au sens large : les bâtiments, les ouvrages d'arts, les voieries, les usines, mobiliers urbains etc. »

La démarche BIM s'appuie sur des processus collaboratifs autour d'une maquette numérique contenant des données sémantiques et géométriques créées, renseignées et exploitées par les acteurs du projet selon leurs besoins métiers.

	BIM 	SIG 
 OBJET D'ETUDE	Bâtiments / Infrastructures	La ville / Le territoire
 PROFILS UTILISATEURS	Architectes / Ingénieurs Entreprises	Géomaticiens Cartographes / Collectivités
 SOURCE DONNEES	Conception	Monde réel
 GEOMETRIE	3D Solide Paramétrique	2D ou 3D simple (encombrements uniquement)
 SEMANTIQUE	Description / Représentation éléments de construction	Description / Représentation villes et territoire
 GEOREFERNCEMENT	Optionnel	Obligatoire
 PAGE DE DETAILS	100 m < x < 1mm	100 km < x < 1m
 ANALYSES DECISIONS	Au niveau du bâtiment ou de l'infrastructure	Au niveau de la ville et du territoire

1 Genèse de la notion de CIM

1.3 Le CIM

L'acronyme CIM est devenu, depuis peu, un terme admis par un grand nombre d'acteurs, remplaçant progressivement les termes de City-BIM et BIM Multi-échelles.

Le concept de City Information Modeling émerge par parallélisme avec le BIM, et concerne des échelles plus larges : le quartier, la ville.

Il n'en existe pas de définition de référence, mais par extension avec le BIM, et en m'appuyant sur les différents projets suivis et acteurs interviewés, le CIM peut être défini comme l'utilisation d'une représentation numérique partagée d'une partie de territoire pour faciliter les processus de programmation, conception et construction.

2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages

2.1 Échelles d'application

Un quartier, une ville peut être considéré comme un ensemble d'espaces privés et un ensemble d'espaces publics. Chacun de ces espaces (publics et privés) ont leur contraintes et objectifs propres.

Pour construire le quartier, la ville, il y a également la notion de coordination urbaine d'ensemble. Il s'agit de la vision globale et systémique où les espaces publics et privés sont parties prenantes de cette stratégie urbaine globale.

Sur cette base, nous pouvons considérer 3 échelles pour la construction et gestion de la ville :

- L'échelle globale et transversale de **coordination urbaine d'ensemble** (intégrant notamment le plan guide établi par l'urbaniste) ;
- L'échelle des **espaces publics** ;
- L'échelle des **espaces privés** (également appelés **lots immobiliers**).

2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages

Pour les espaces privés, les projets des lots immobiliers répondent à deux principales exigences dont :

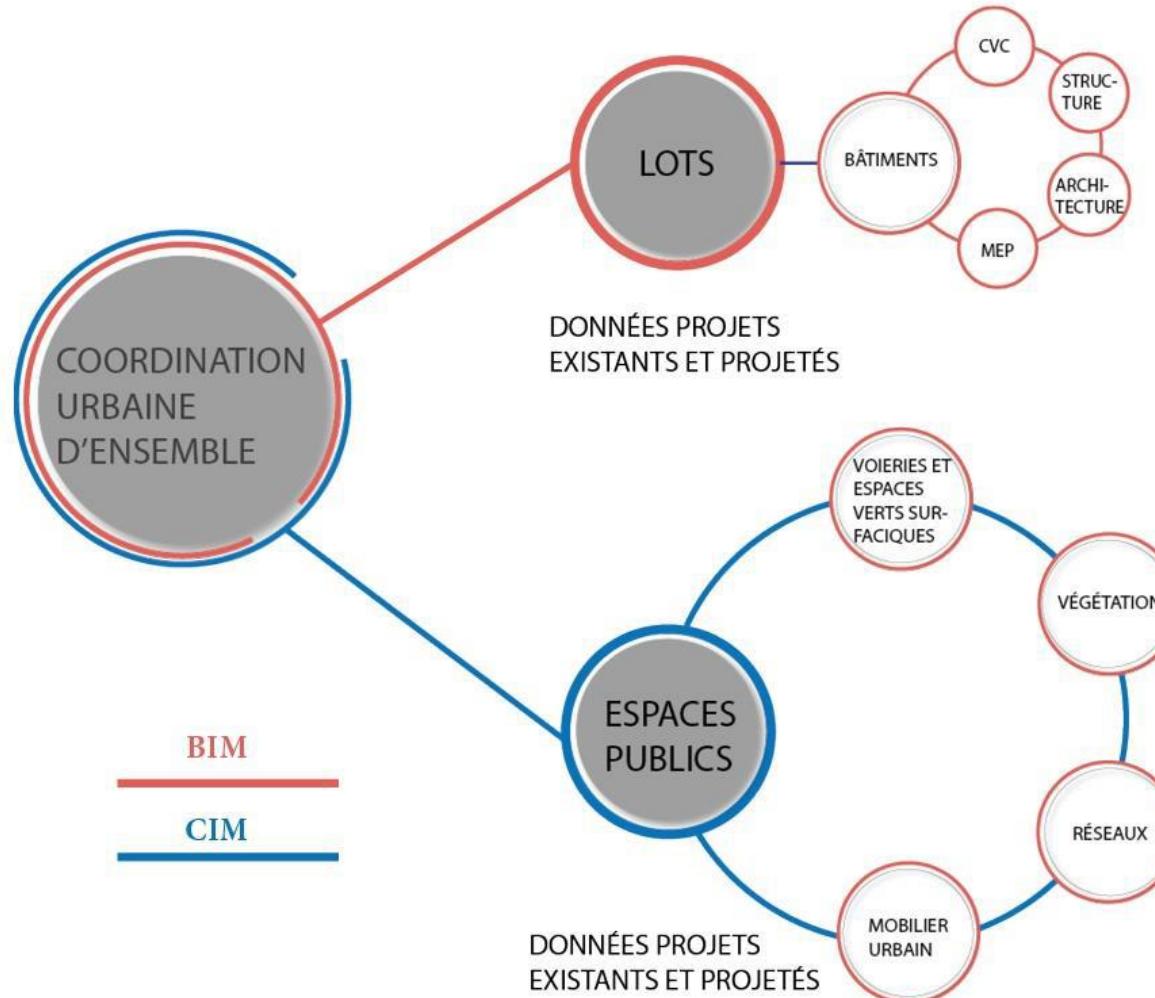
- Des exigences propres à l'opérateur immobilier (indépendant de l'aménageur) ;
- D'autres exigences visées par l'aménageur dans un but de contribuer aux objectifs globaux.

Pour une opération d'aménagement, le CIM va principalement cibler deux de ces trois échelles :

- Les **espaces publics** et ;
- La coordination urbaine d'ensemble.

Les espaces privés ne sont pas un objectif du CIM mais plutôt un entrant pour alimenter l'échelle de coordination urbaine d'ensemble (gestion des interfaces privé/public, suivi des indicateurs de performance des lots, suivi du programme).

2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages



2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages

2.2 Cas d'usages

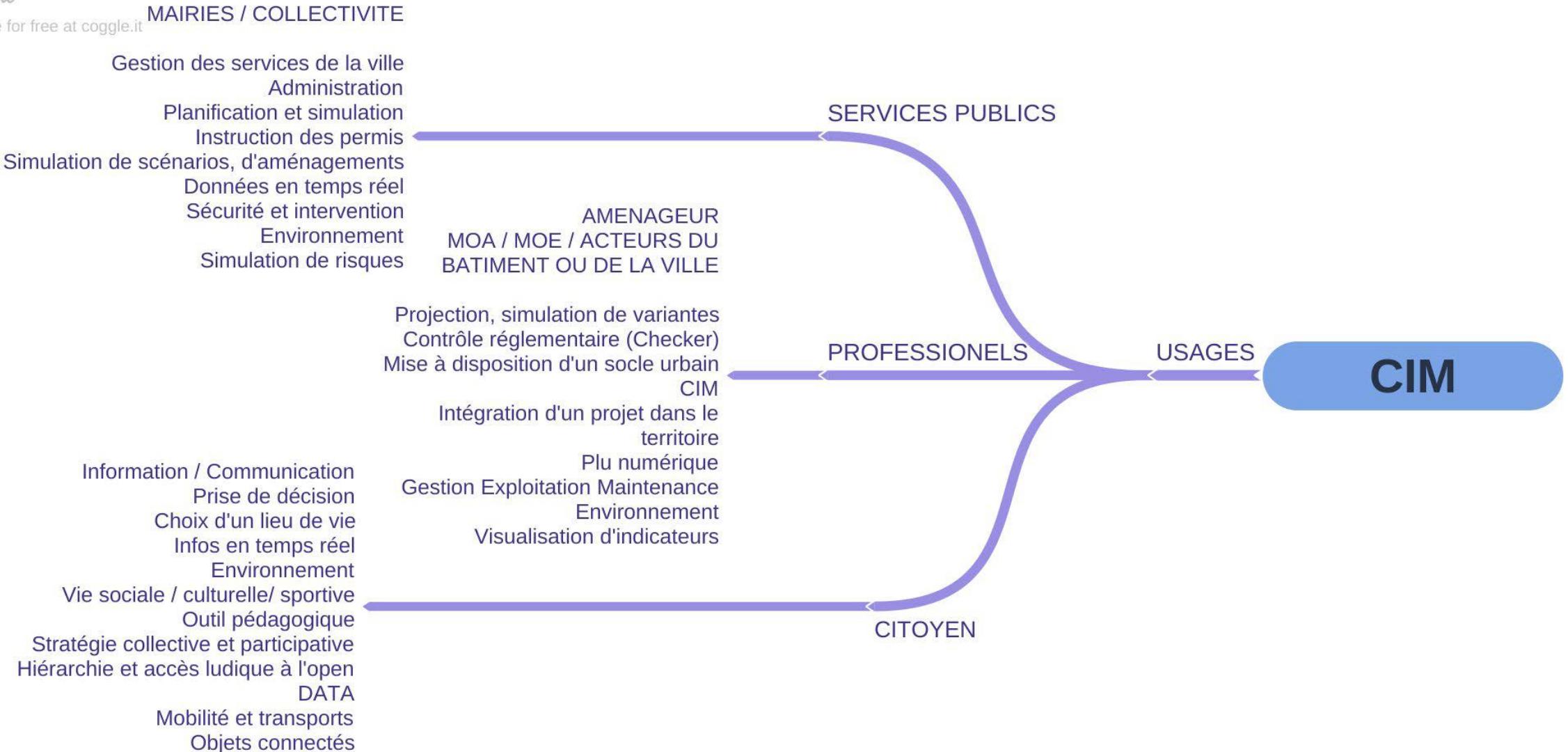
Le schéma ci-dessous présentent une liste, non exhaustive, des usages CIM identifiés pour répondre aux besoins suivants :

- Améliorer le suivi et l'évaluation de l'opération d'aménagement ;**
- Optimiser la qualité des projets par une meilleure collaboration et coordination entre acteurs des projets.**
- Faciliter la communication en s'appuyant sur le modèle CIM comme support de dialogue ;**

2 Échelles d'application du CIM et cas d'usages

coggle

made for free at coggle.it



3 Données

« Les données sont du contenu et les métadonnées sont le contexte. Les métadonnées peuvent être beaucoup plus révélatrices que les données, en particulier lorsqu'elles sont collectées dans l'ensemble. »
Bruce Schneier, *Data and Goliath*.

Actuellement les démarches CIM s'inscrivent dans le cadre d'un « BIM niveau 2 ». Il s'agit « d'un BIM **collaboratif** où chaque acteur de la construction travaille sur sa propre maquette en fonction des outils métiers actuellement présents sur le marché avec échanges de fichiers entre ces acteurs dans le cadre d'une **interopérabilité** entre les différents logiciels »⁵.

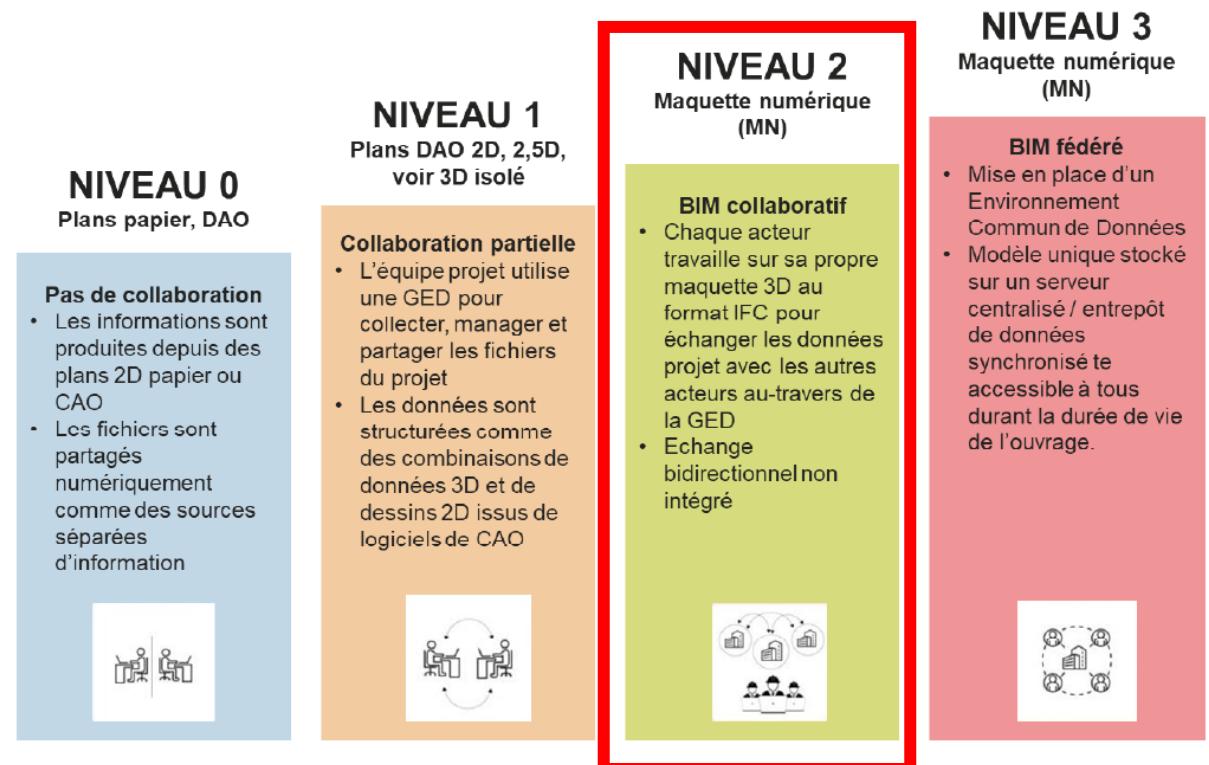


Figure 3-1 Différents niveaux de maturité du BIM⁶

3.1 Le modèle CIM

Le modèle CIM se définit comme un référentiel de données (ou système d'information) composé de plusieurs sources de données : maquettes numériques, SIG, données liées au projet (base de données, diagnostics, classeur Excel, etc.).

Ce modèle CIM est notamment constitué de données « **projets** » (des lots immobiliers, des espaces publics) également des données de « **l'existant** » (topographie, bâti existant, réseaux, etc.). Il comporte des données **géométriques** (pour la visualisation) mais également des informations **sémantiques** relatives aux objets associés.

Ci-dessous, à titre indicatif, une vue globale des éléments qui peuvent composer le modèle CIM. Suivant le contexte du projet, la maturité des acteurs et surtout les objectifs CIM fixés, son contenu peut varier. Les données contenues dans les maquettes numériques des lots et maquettes numériques espaces publics dépendront des usages CIM déployés.

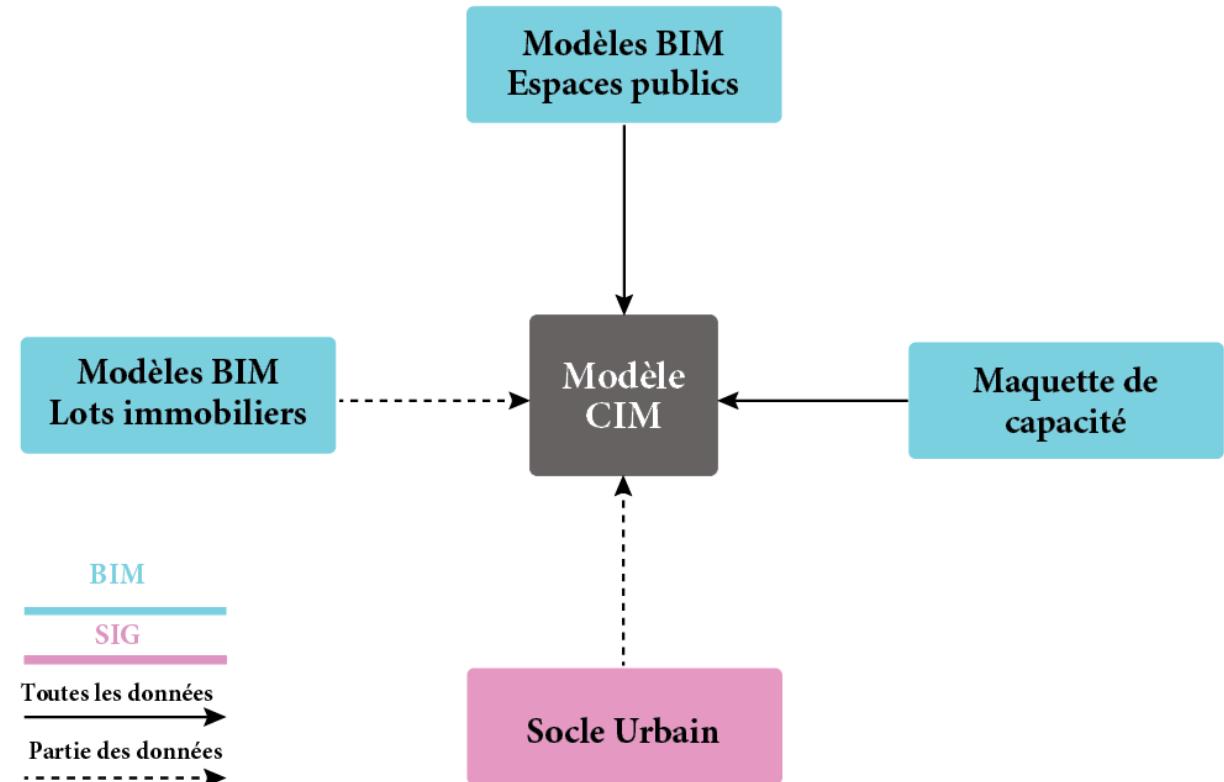


Figure 3-2 Schéma des composantes du modèle CIM.

3.2 Formats et interopérabilité

La collaboration entre les intervenants, la **réPLICABILITÉ** des démarches et la **pérennité** des données reposent sur la capacité d'échanger les données indépendamment des outils utilisés par chaque acteur. L'interopérabilité est donc un enjeu essentiel des démarches CIM. C'est pourquoi, il est important de se baser sur des **formats standards ouverts** (comme l'IFC développé spécialement pour améliorer l'interopérabilité des logiciels utilisés dans le secteur de la construction).

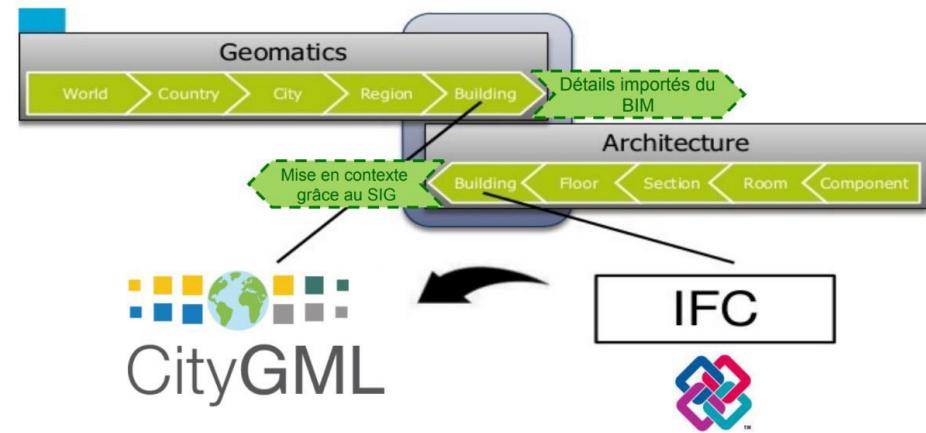
3.2.1 Formats BIM

3.2.1.1 IFC « Industry Foundation Classes »

3.2.1.2 CityGML

3.2.1.3 Interopérabilité entre formats BIM

Le modèle CIM peut intégrer des données aux formats IFC et CityGML. La question de l'interopérabilité de ces formats est donc un enjeu important dans la démarche CIM.





CityGML

BÂTIMENT



Description de l'ensemble des composants d'un bâtiment et des relations existantes entre eux : murs, toits , fenêtre, équipement, etc..



Modélisation de l'enveloppe externe des bâtiments selon 5 niveaux de définition. Bien moins détaillé que l'IFC.

INFRASTRUCTURE



Prise en charge de certaines infrastructures depuis la sortie de l'IFC 4. IFC Bridge , IFC Tunnels, IFC Road etc... À ce jour peu de logiciels sont capables d'intégrer l'IFC 4.



Permet de décrire et stocker des composants d'infrastructure tels que les ponts, les routes, les tunnels, etc. Format de "surface" bien moins détaillé que l'IFC.

ESPACE PUBLIC



Pas de prise en compte de l'espace public et des aménagements.



Définit les éléments de mobilier urbain.

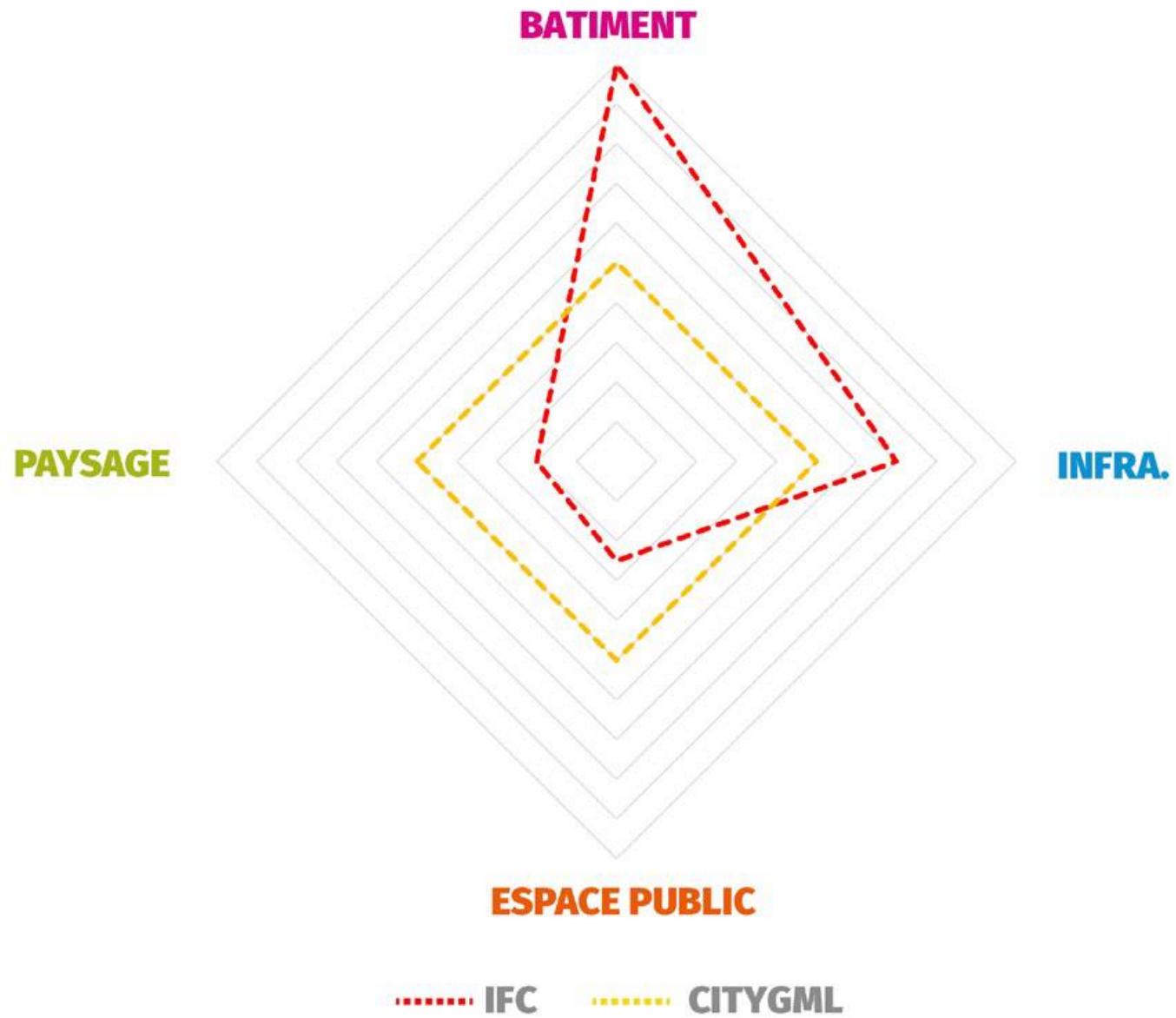
PAYSAGE

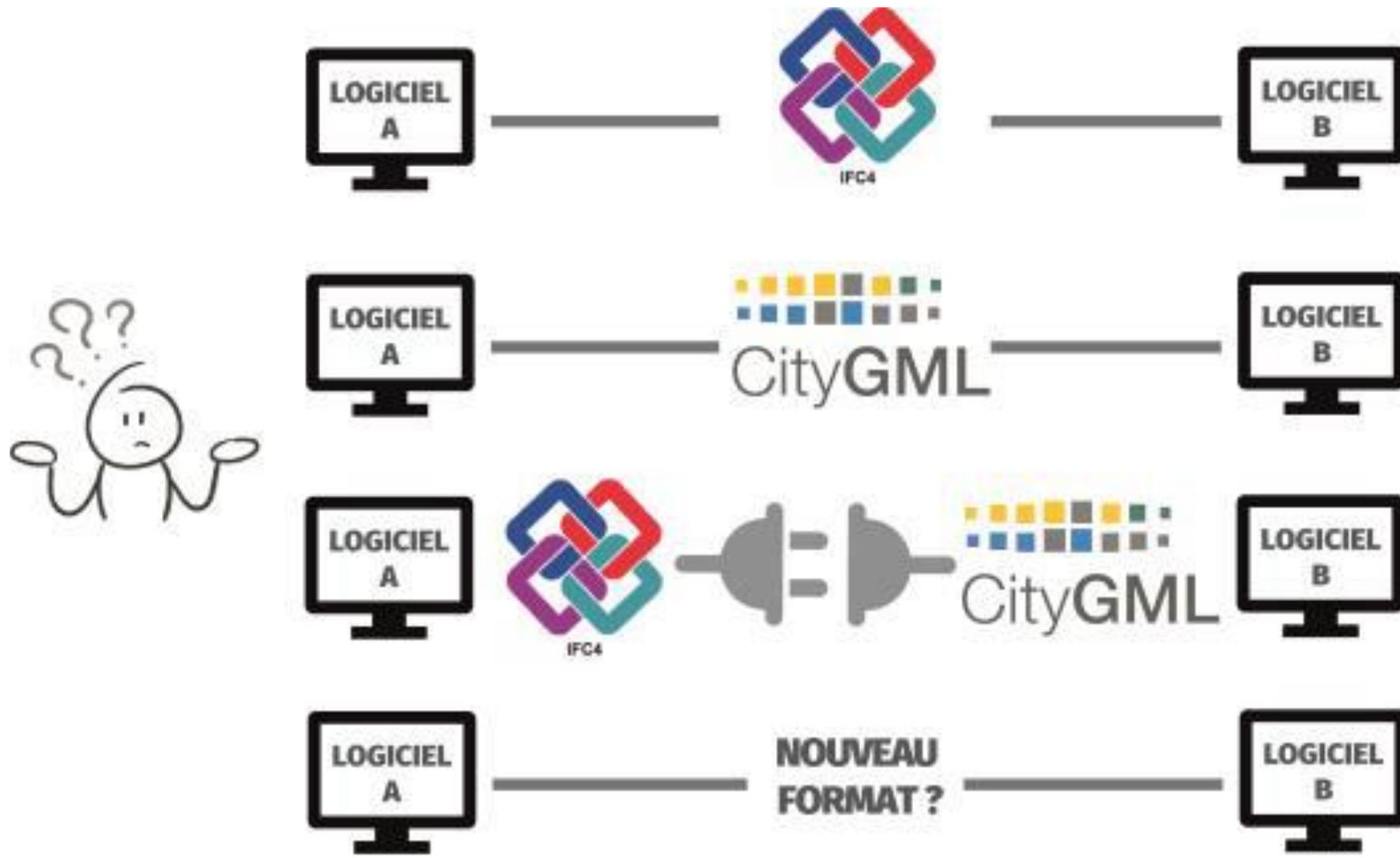


Pas de prise en compte du paysage en dehors d'une modélisation du terrain limitée au relief.



Permet de décrire et stocker des composants du paysage tels que la végétation ou l'hydrographie.





3.2.2 Formats SIG

3.2.2.1 ShapeFile

Il s'agit d'un format de stockage des données vectorielles (2D) permettant d'archiver l'emplacement, la forme et les attributs des entités géographiques. Il est stocké sous la forme d'un ensemble de fichiers associés et contient une classe d'entités unique (point, ligne, polygone). Initialement développé par ESRI pour ses logiciels commerciaux, ce format est désormais devenu un standard de facto, dont les spécifications sont ouvertes.

3.2.3 Articulation formats BIM et SIG

Étendre les usages de la maquette numérique BIM à l'échelle d'un territoire en y associant les usages de planification et de coordination urbaine accordés par le SIG,

3.2.3.1 FME

FME (Feature Manipulation Engine) est un outil de traitement des données développée par Safe Software spécialisé en données géographiques.

3.2.3.2 Solutions propriétaires (Autodesk – ESRI)

Depuis 2017, le partenariat entre Autodesk et Esri a permis la réalisation de développements pour charger les modèles Revit nativement dans ArcGIS, c'est-à-dire sans transformation de format de fichier (via FME ou autre).

3.2.4 Autres formats

3.2.4.1 DXF (Drawing eXchange Format)

Le DXF est un format de fichier initialement créé par Autodesk pour échanger les conceptions et dessins assistés par ordinateur CAO/DAO n'utilisant pas le même format de fichier natif.

3.2.4.2 LandXML

Le LandXML est un format d'échanges de données ASCII basé, sur le XML. Il est utilisé en génie civil et géomatique afin de transmettre les données comme les axes de routes, les surfaces de terrain, etc. adopté comme standard OGC.

3.4 Qualité des données

Avant d'exploiter les données contenues dans les maquettes, il est nécessaire de s'assurer que les informations qu'elles contiennent soient fiables. Les types de contrôles peuvent être géométriques (chevauchement, collisions) ou non géométriques (manque d'information, erreur sémantique). Il existe différents outils pour effectuer des vérifications de façon automatique¹⁰.

3.5 Plateforme collaborative

Une plate-forme collaborative est un maillon essentiel dans une démarche CIM et à ce titre, elle doit gérer :

- L'accessibilité (et droits d'accès) ;
- La traçabilité ;
- La prise en charge d'un grand nombre de formats de données ;
- Le stockage et la mise à jour dans le temps ;
- La confidentialité et la sécurité

Un système de classification permettrait d'assurer une homogénéité dans les nommages des objets et de leurs propriétés. Cela assurerait également une pérennité des données lors des échanges réguliers durant le cycle de vie d'un ouvrage, mais aussi pour leur archivage dans un entrepôt de données.

3.6 Sécurité

La sécurité des données des maquettes numériques produites durant l'ensemble des phases de projet, est un sujet prépondérant à prendre en compte. Il faut donc, en amont, penser à les héberger sur des serveurs identifiés avec une localisation connue, soumis aux réglementations européennes (en particulier la RGPD) et dont les accès sont parfaitement gérés. .

3.7 Gouvernance

En complément à la sécurité des données, la gestion des données sensibles (données des lots privés, contrats, données chiffrées), et en particulier les droits d'accès attribués aux utilisateurs ou aux groupes d'utilisateurs en fonction des métiers et des responsabilités est un point important à ne pas négliger. Par conséquent, la question de la gouvernance des données un enjeu stratégique et politique pour les territoires.

4 Les acteurs

L'acte d'aménager est un processus complexe associant de nombreux acteurs et nécessitant d'importants efforts de coordination, depuis la programmation initiale des projets jusqu'à la remise à la collectivité des espaces livrés.

Ci-dessous, une liste, non exhaustives des acteurs concernés, qui pourra être complétée au regard du projet.

4.1 Le Maitre d'Ouvrage (aménageur)

4.2 A l'échelle de la coordination urbaine d'ensemble

4.2.1 L'Assistant à Maîtrise d'Ouvrage CIM

4.2.2 Le CIM Manager

4.3 A l'échelle des espaces publics

4.3.1 La maîtrise d'oeuvre urbaine et son BIM Manager

4.3.2 Les Entreprises de Travaux des espaces publics

4.4 Autres acteurs

D'autres acteurs, communément présents dans les projets d'aménagements urbains et les démarches BIM sont impliqués dans la démarche CIM. Il s'agit :

- De la Maîtrise d'Ouvrage des lots (opérateurs immobiliers) ;
- De la maîtrise d'oeuvre urbaine et son BIM Manager ;
- Des entreprises de travaux des lots immobiliers ;
- De l'OPC dont les missions de planification peuvent être intégrées dans la démarche CIM ;
- Du géomètre expert ou topographe, qui peuvent être producteurs de données BIM ;
- Des collectivités locales, qui peuvent être impliquées dans la démarche CIM notamment pour la reprise en gestion des espaces publics réalisés.

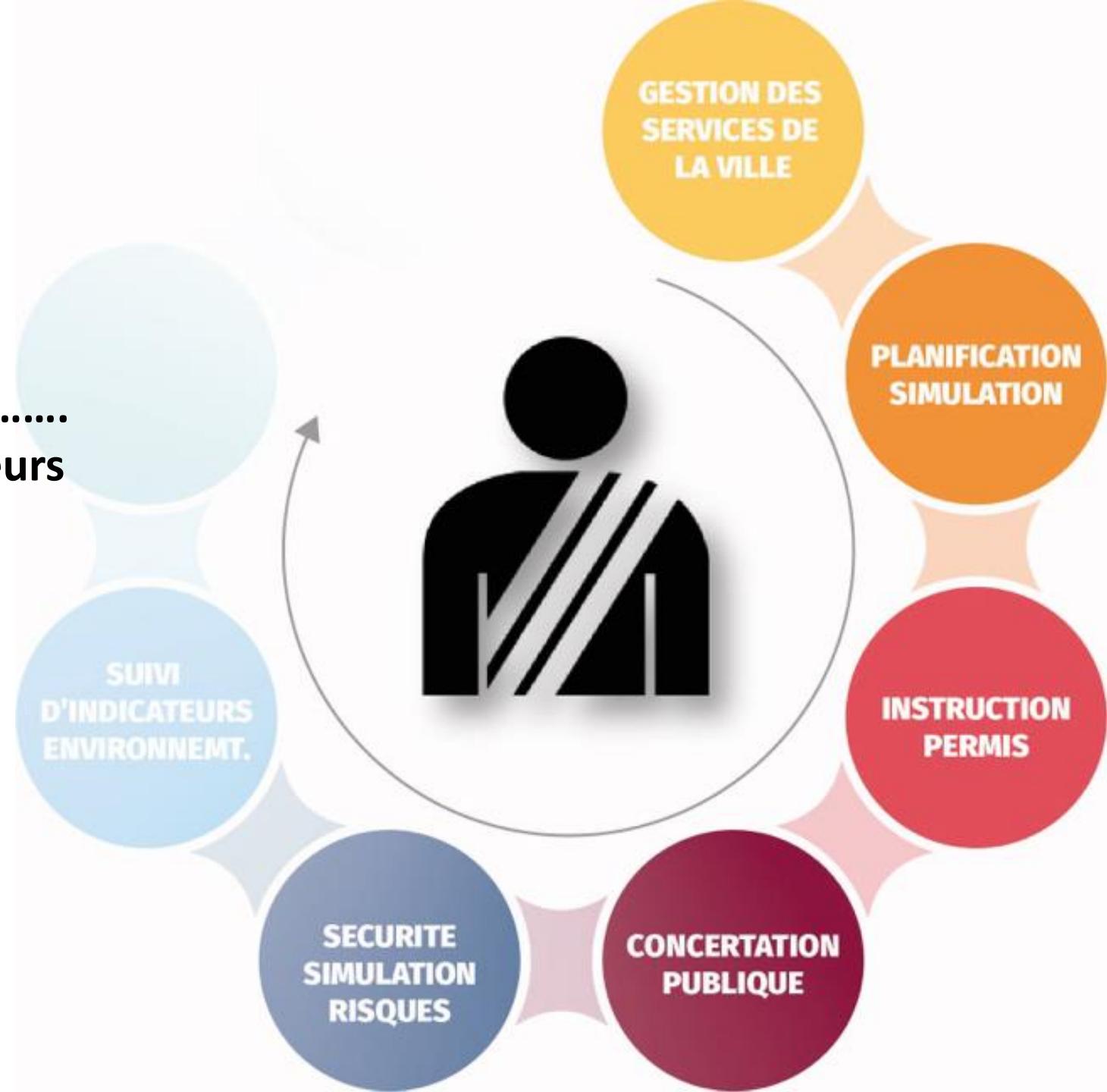
4 Les acteurs

Sont multiples



4 Les acteurs

Les plus importants
Les élus et administration décideurs



4 Les acteurs

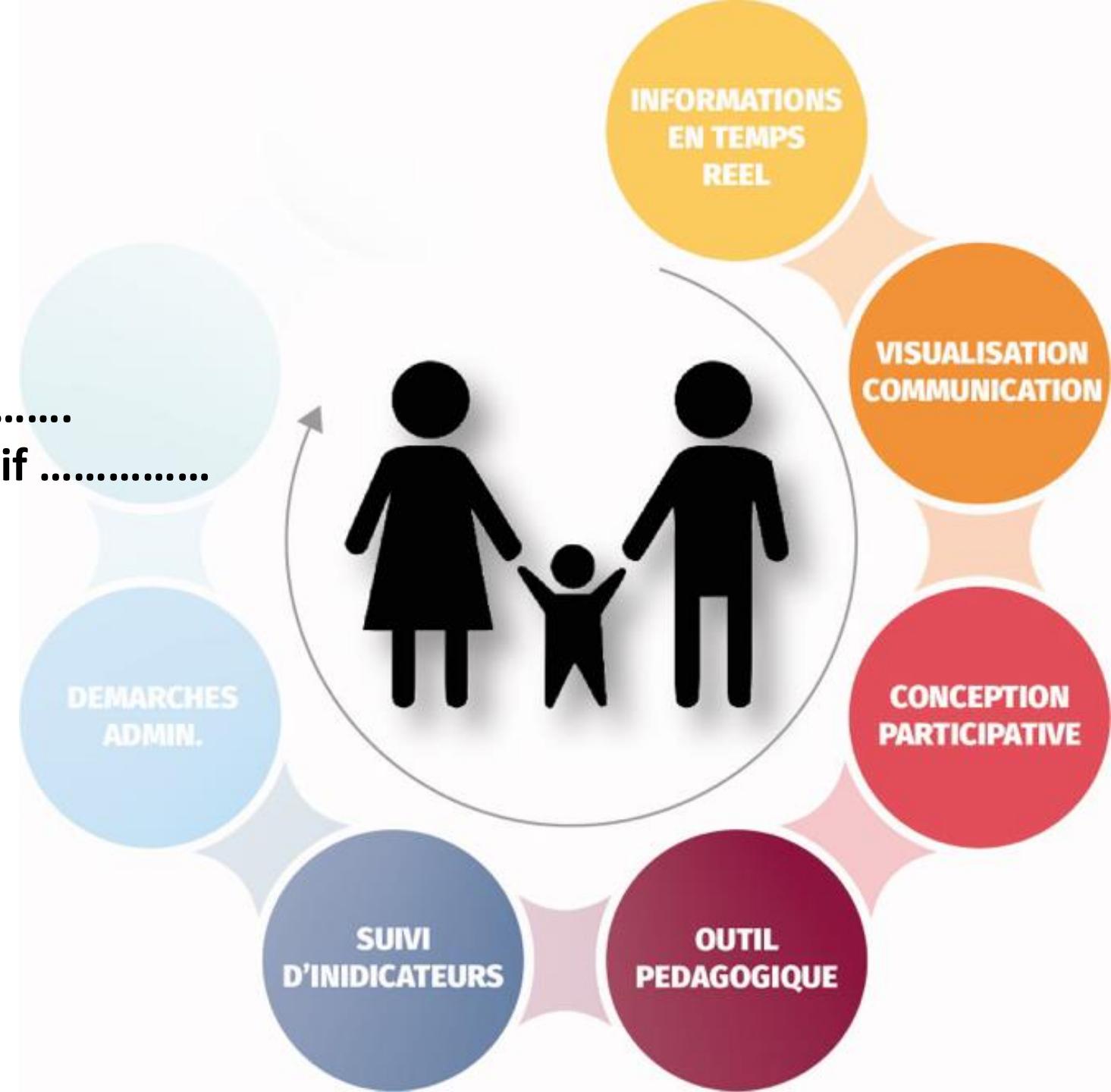
Les plus importants
La maitrise doeuvre , BET



4 Les acteurs

Les plus importants

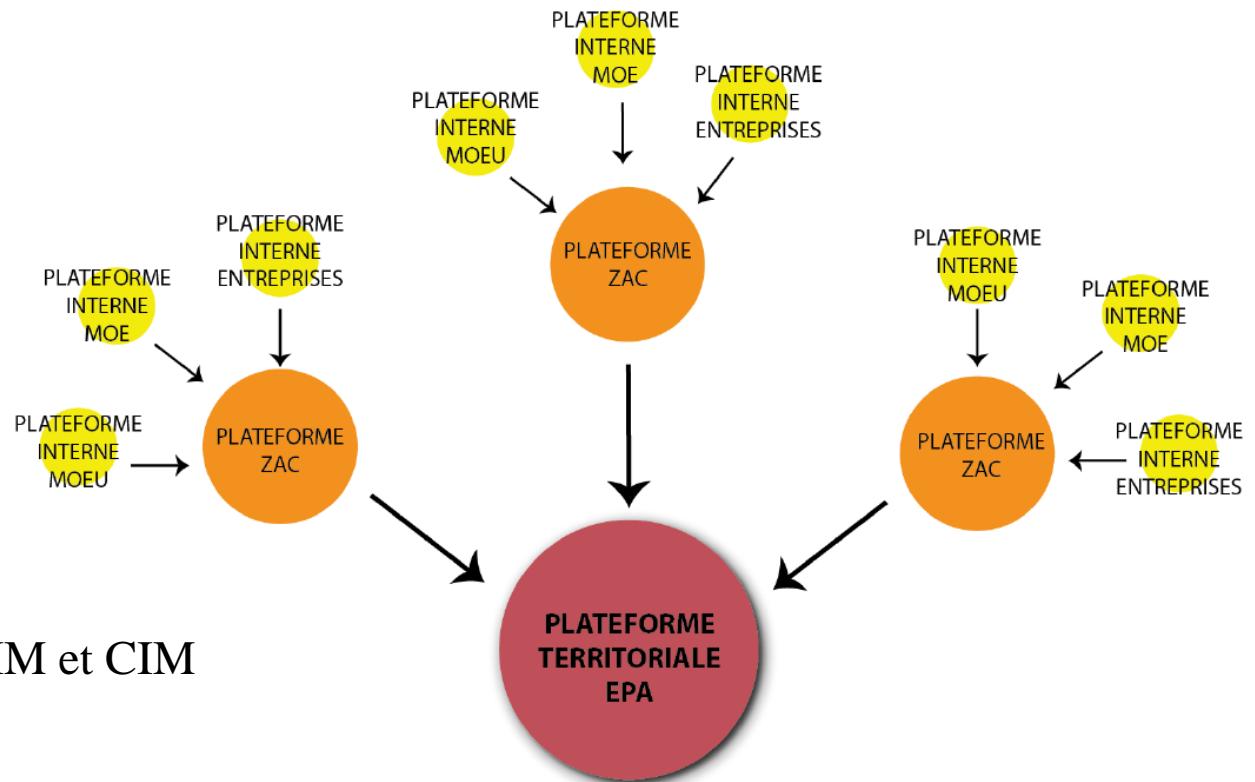
Le public le mouvement associatif



5 Processus collaboratifs

Au travers de la démarche CIM, de nouvelles dynamiques de collaboration, de suivi et d'aide au pilotage des projets d'aménagement peuvent être mises en oeuvre.

5.1 Plateformes collaboratives à l'échelle de l'opération d'aménagement



5.2 Revue de maquettes

Un processus de contrôle qualité des livrables BIM et CIM

5.3 Les revues de projet

revues de projet BIM,
revues de projet CIM

6 Documents de cadrage d'une démarche CIM

La mise en place de la démarche CIM nécessite de faire évoluer les façons de travailler entre les acteurs. Les documents contractuels doivent intégrer des clauses liées au CIM.

6.1 La Charte CIM

6.2 Le Cahier des Charges CIM

6.3 La Convention CIM MOEU

La convention CIM comporte deux volets distincts :

- **Volet BIM espaces publics :**
- **Volet CIM projet d'ensemble :**

6.4 Le plan de mise en oeuvre du BIM

LA DEMULTIPLICATION DES DOCUMENTS DES ACTEURS ET DES DOCUMENTS STRUCTURANTS



BATIMENTS

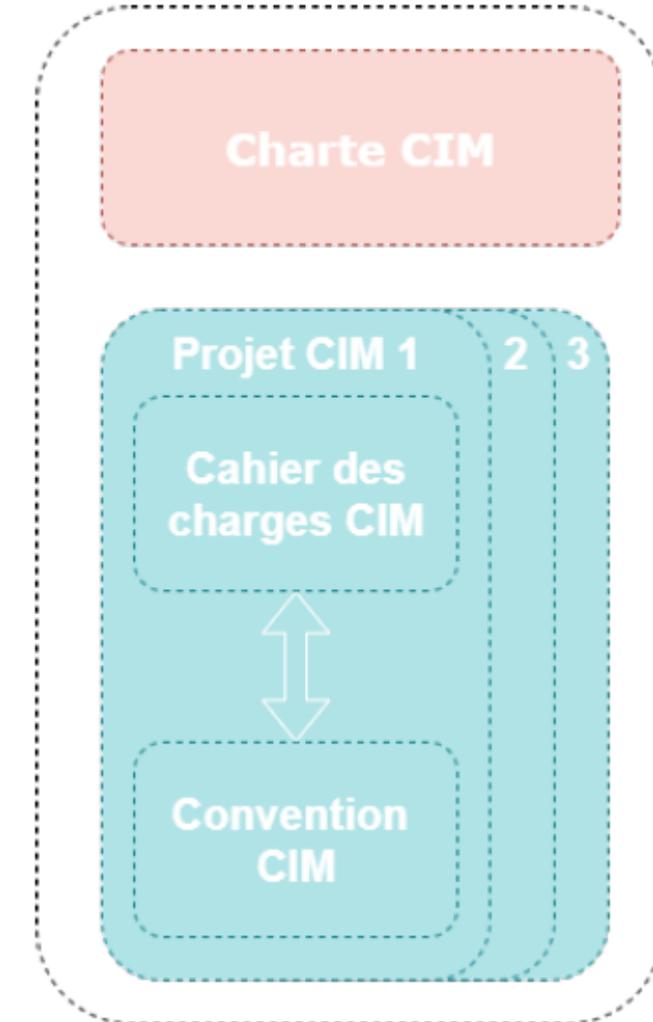


ESPACES PUBLIQUES

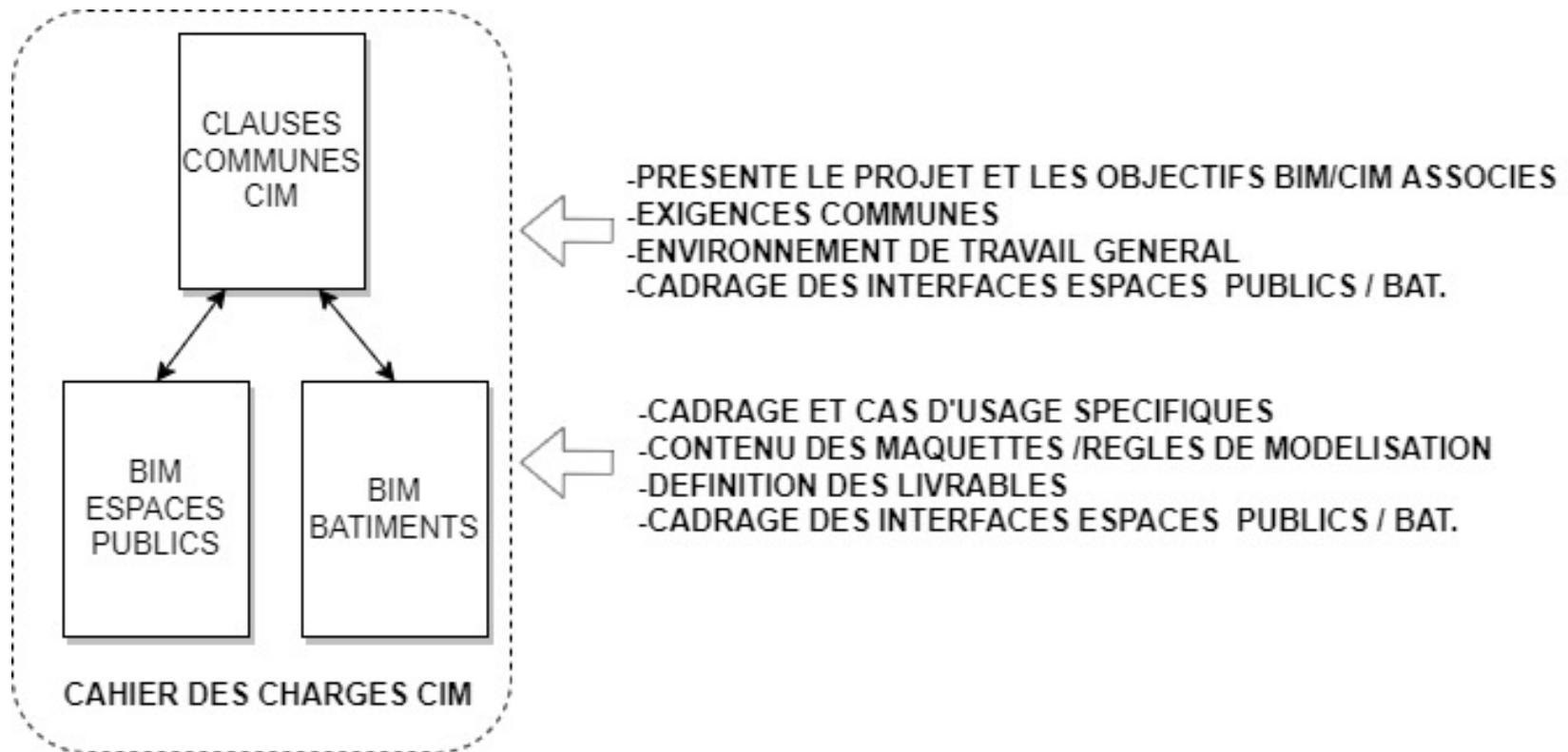
6 Documents de cadrage d'une démarche CIM

6.1 La Charte CIM

La charte CIM est un document non contractuel qui précise la stratégie de déploiement du CIM au sein de l'établissement public d'aménagement. Il s'agit d'un document non spécifique à une opération qui contient les enjeux et objectifs de la démarche CIM ainsi que certaines précisions techniques communes des livrables CIM attendus.



6 Documents de cadrage d'une démarche CIM



6.2 Le Cahier des Charges CIM

Le Cahier des Charges CIM est un document contractuel rédigé par le Maître d’Ouvrage avec l’assistance de son AMO CIM, à destination de la maîtrise d’oeuvre et des entreprises. Son but est de préciser les attendus et exigences de la démarche CIM, en particulier les exigences en termes d’échanges de données et les modalités de livraison des données.

6 Documents de cadrage d'une démarche CIM



+



**CONVENTION
CIM**

ou



**PLAN GUIDE
CIM**

?

6 Documents de cadrage d'une démarche CIM

6.3 La Convention CIM MOEU

La convention CIM MOEU est un document contractuel élaboré par le CIM manager de la maîtrise d'oeuvre urbaine en réponse au Cahier des Charges CIM du Maitre d'Ouvrage.

La convention décrit la mise en oeuvre opérationnelle du CIM à l'échelle de l'opération d'aménagement dans son ensemble. Elle définit les processus de travail collaboratif entre les différents projets, et la gestion des données numériques à l'échelle du projet d'ensemble.

La convention CIM comporte deux volets distincts :

- **Volet BIM espaces publics** : convention pour la réalisation en BIM des espaces publics. Suivant les cas, ce volet peut être rédigé et piloté par le CIM manager global de l'opération, ou bien confié à un intervenant dédié qui assure la fonction de BIM manager des espaces publics, rattaché à la maîtrise d'oeuvre des espaces publics.
- **Volet CIM projet d'ensemble** : il s'agit des dispositions liées au suivi et pilotage de l'opération d'ensemble.

6 Documents de cadrage d'une démarche CIM

6.4 Le plan de mise en oeuvre du BIM

Le plan de mise en oeuvre du BIM ou Plan d'Exécution BIM (BEP) est un document spécifique élaboré par le BIM Manager des entreprises de travaux en réponse au Cahier des Charges BIM du dossier de consultation des entreprises des espaces publics. Il décrit les rôles et responsabilités des acteurs, les méthodes organisationnelles et la gestion et transmissions de données pour l'atteinte, en fonction des particularités du projet, des objectifs fixés dans le Cahier des Charges.