

# JUMEAUX NUMÉRIQUES

La normalisation du jumeau  
numérique dans le secteur  
de la construction  
de la rénovation  
et de l'environnement

---



Délégation spéciale  
Jumeaux numériques, construction, rénovation et environnement  
CAP DIGITAL

# Introduction

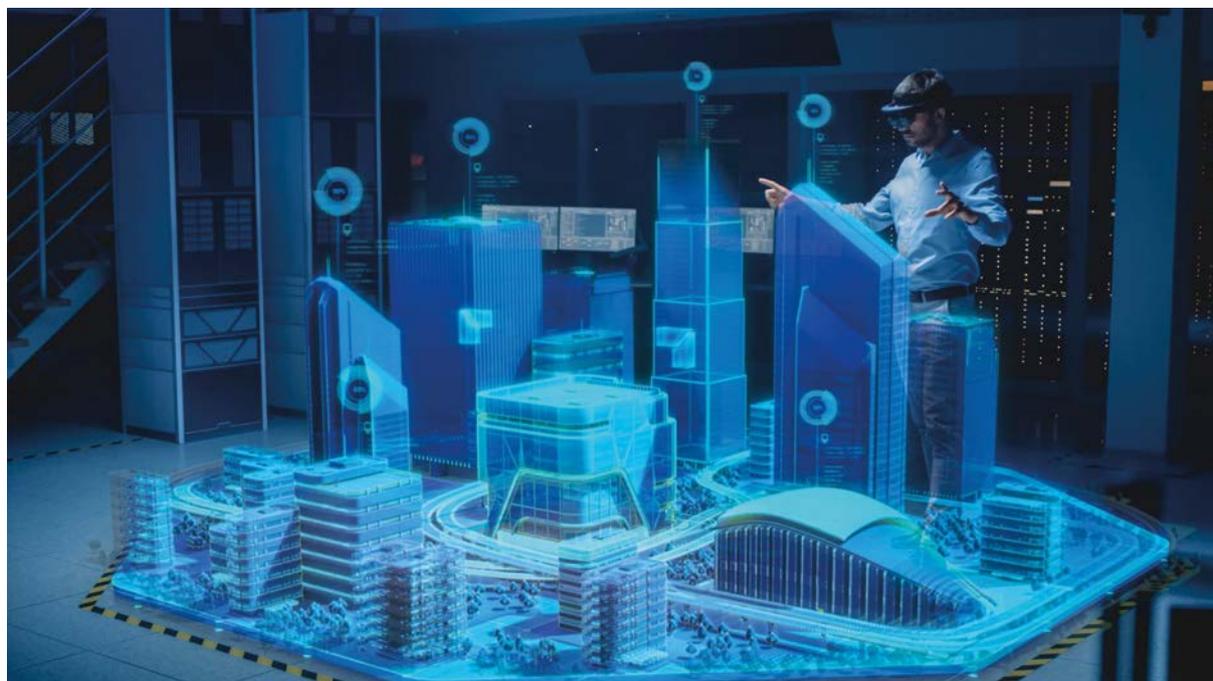
La **définition du jumeau numérique est complexe** et demeure un sujet débattu entre les acteurs du domaine, faisant apparaître des différences concernant le type de données, les outils de visualisation et les cas d'usages. Par souci de clarté et de cohérence, nous nous appuyons sur la définition choisie par Cap Digital dans son *position paper* sur les jumeaux numériques.

Considérons donc cet objet comme une représentation virtuelle d'un objet physique mise à jour à partir de données en temps réel, avec une possibilité d'interaction. Il peut en outre, utiliser la simulation numérique, l'apprentissage automatique et le raisonnement pour faciliter la prise de décision. Ainsi, ce double numérique permettra en permanence de tester, superviser et simuler des actions sur l'objet réel afin d'améliorer ses performances en temps réel.

Le **cycle de vie d'un jumeau numérique** se découpe schématiquement en 4 étapes au cours desquelles l'utilisation des données apparaît :

- la phase de conception d'un projet
- l'étape de construction
- la mise en service et l'exploitation
- la fin de vie (archive).

Grâce au jumeau numérique **l'utilisateur est en mesure de visualiser, modifier et interagir avec les données**. Pour cela, il est impératif qu'elles soient facilement accessibles aux parties prenantes du projet, notamment en open data. A l'heure actuelle, la concurrence est forte et chaque acteur lance son propre dispositif de visualisation numérique, cherchant à répondre à ses cas d'usage. La normalisation de l'outil engagera les acteurs vers une meilleure intégration du jumeau numérique dans les processus de fabrication de la ville et donc vers un plus grand degré de collaboration.



**Rédaction :** Stéphane Singier, Quentin Dupety et Benoît Gufflet

**Mise en page :** Service Communication Cap Digital

La délégation remercie toutes les personnes qui ont, par leurs conseils et relectures permis l'amélioration de cette note de veille.

# La normalisation selon l'échelle

Représenter toutes les échelles des territoires est l'un des principaux défis de la normalisation des jumeaux numériques. La gestion automatisée des niveaux de détails permet de naviguer d'un simple objet urbain à un territoire étendu, grâce à une représentation numérique adaptée au champ de la vision humaine.

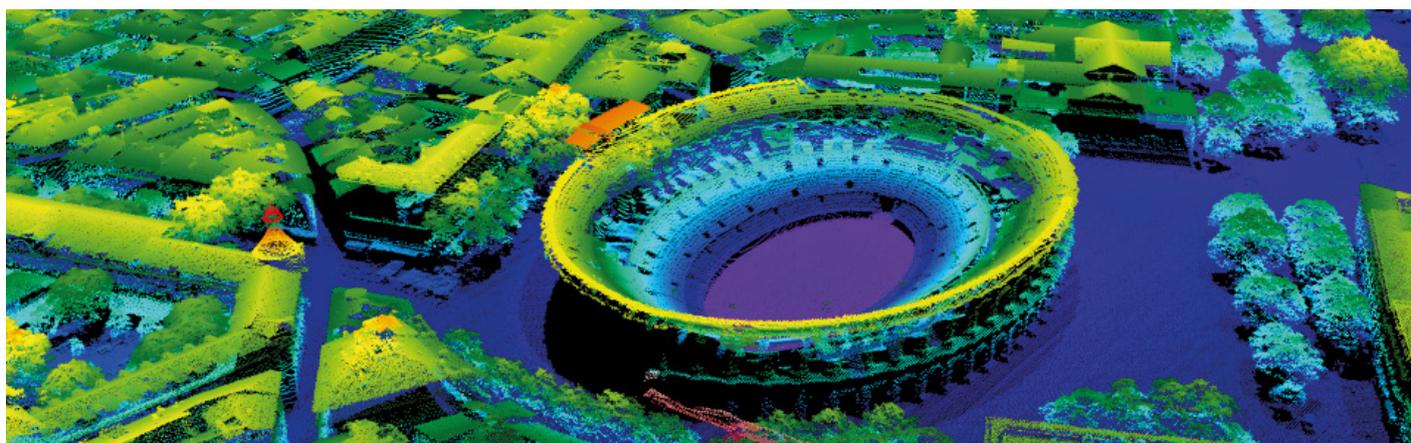
Faisons l'état des lieux des normes et solutions actuelles en fonction de l'échelle.

## Le territoire (TIM : Territory Information Modeling)

A l'échelle du globe, [Google Earth](https://earth.google.com)<sup>1</sup> travaille sur la couverture de la terre avec des nano satellites qui permettra dans quelques années d'avoir une « terre » en temps réel. Pour le territoire français, le CNIG (Conseil National de l'Information Géolocalisée) se charge de répertorier les différentes couches de données environnementales, toponymiques, d'occupation des sols, etc.

Par exemple OCSGE (occupation des Sols à Grande Echelle) est une base de données vectorielle pour la description de l'occupation des sols. Numériser le territoire français est un enjeu clé et une condition nécessaire pour

accompagner le développement des jumeaux numériques pour la construction, la rénovation et l'environnement. C'est pourquoi l'IGN, à travers son initiative [France LIDAR HD](https://geoservices.ign.fr/lidarhd)<sup>2</sup>, a débuté en 2020 ce programme national pour numériser et diffuser une cartographie 3D de l'intégralité du sol et du sursol de la France sur l'ensemble du territoire métropolitain et ultramarin (à l'exception de la Guyane) d'ici à fin 2025.



LIDAR HD - IGN

1- Pour accéder à Google Earth : <https://earth.google.com>

2- Pour en savoir plus sur la cartographie 3D LIDAR HD : <https://geoservices.ign.fr/lidarhd>

## La ville (CIM : City Information Modeling)

A l'échelle de la ville, **CityGML3** est un modèle de données standardisé ouvert et un format d'échange pour stocker des modèles numériques 3D de villes et de paysages. Il définit les moyens de décrire la plupart des caractéristiques et objets 3D courants trouvés dans les villes et les relations entre eux. Ce standard décrit les règles et une sémantique commune pour la modélisation, le stockage et l'échange de modèles de ville 3D. Elle intègre 5 niveaux de LoD (*level of Detail*/niveau de détail) pour la représentation des bâtiments en ville.

Le **City Information Modeling** tisse les données recueillies à partir de diverses

sources pour créer un modèle 3D des environnements urbains.

Par ailleurs, **Smart Ile de France**<sup>1</sup> a cartographié 2,5 millions de bâtiments franciliens en 3D et peut ainsi représenter le territoire régional sous forme de jumeau numérique.

Il y a aussi « **Plateau**<sup>2</sup> », un jumeau numérique à l'échelle urbaine lancé par le gouvernement japonais pour créer un double numérique de ses villes afin de prédire un plan d'évacuation lors de catastrophes naturelles.



Les cinq niveaux de détails de l'OGC CityGML 2.0.

## Le bâtiment (BIM)

On remarque que les premières initiatives de normalisation dans le BIM se mettent en place pour accompagner la conception et la construction. En France, la norme de statut expérimental NF EN ISO 23386 publiée en mars 2020 par **AFNOR**<sup>3</sup>, sur la sémantique utilisée en Building Information Modeling devient internationale. C'est un procédé informatique qui donne l'opportunité aux profes-

sionnels du bâtiment de concevoir et de documenter les projets de construction et d'architecture. Il fonctionne comme un catalogue numérique d'objets et de matériaux, qui permet de modéliser numériquement un projet, objet par objet, avec toutes ses caractéristiques techniques, au-delà de sa représentation visuelle.

1 - Pour accéder à Ile de France Smart Services : <https://smartidf.services/fr/IDF-3D>

2 - Pour en savoir plus sur PLATEAU by MLIT : <https://www.mlit.go.jp/plateau/>

3 - « Norme NF EN ISO 23386 : le dico du BIM », Afnor Groupe, octobre 2020 : <https://www.afnor.org/actualites/norme-nf-en-iso-23386-le-dico-du-bim/>

La norme NF EN ISO 23386 crée de l'interopérabilité et de la confiance pour le BIM. Le 15 février 2021, le Comité européen de normalisation a organisé un [webinaire](#)<sup>1</sup> sur le sujet.

Plusieurs normes ISO concernent le BIM. La norme [ISO 19650](#)<sup>2</sup> est certainement l'une des plus importantes. En effet, celle-ci nous éclaire sur les relations entre :

- la production des informations (**Building Information Modeling**),
- leur gestion (**Building Information Management**)
- et la livraison de ces informations.

La première édition des parties 1 et 2 de cette norme est parue en décembre 2018. Par la suite, les troisième et cinquième parties ont été publiées au troisième trimestre 2020.

De la conception jusqu'au bâtiment achevé, l'IFC (Industry Foundation Classes) formate le plan 3D du bâtiment et permet à une quarantaine d'acteurs de la construction d'utiliser le

même jumeau numérique pour bâtir une infrastructure dans le monde réel. En revanche, ce processus reste embryonnaire et très peu utilisé aujourd'hui.

A partir de la maquette BIM, le but est ensuite de mettre en relation le réel et virtuel pour une autogestion du bâtiment (**Building Information Management**).

Par exemple, la SED (Simulation Energétique Dynamique) est un projet de gestion énergétique plus automatisée et performante d'une infrastructure à l'aide d'un jumeau numérique et d'une simulation. Le projet est mené en ce moment à IntenCity, le centre de recherche mondial de Schneider Electric.



## Le cœur des Jumeaux Numériques : la remontée et l'affichage de données en temps réel issues du monde réel en 3D, en images ou textuelles

Enfin, au sein même d'un bâtiment, les données sont collectées via des objets équipés de capteurs (fenêtre, radiateur, compteur Linky). Apportant des informations telles que l'ensoleillement, la température, la qualité de l'air, etc. La méthode actuelle pour rassembler toutes ces données s'appelle le data Lake : elle permet de structurer des formats de fichiers très différents, pour ensuite permettre

une visualisation globale des données. C'est ce qu'utilise 2IN, une plateforme permettant de visualiser, requêter et valoriser un patrimoine de données. C'est une technique fonctionnelle mais particulièrement lente.

L'enjeu à ce niveau de détail est de parvenir à ne pas alourdir la maquette 3D en optimisant les données qu'elle comporte.

1- «10-10 webinar - Standardization Requests - State of play » CEN and CENELEC, février 2021 : [https://youtu.be/HopACs\\_-x6E](https://youtu.be/HopACs_-x6E)

2- PAS 1192 (Publically Available Specification), publiée par la British Standards Institution, a inspiré très nettement la norme ISO 19650.

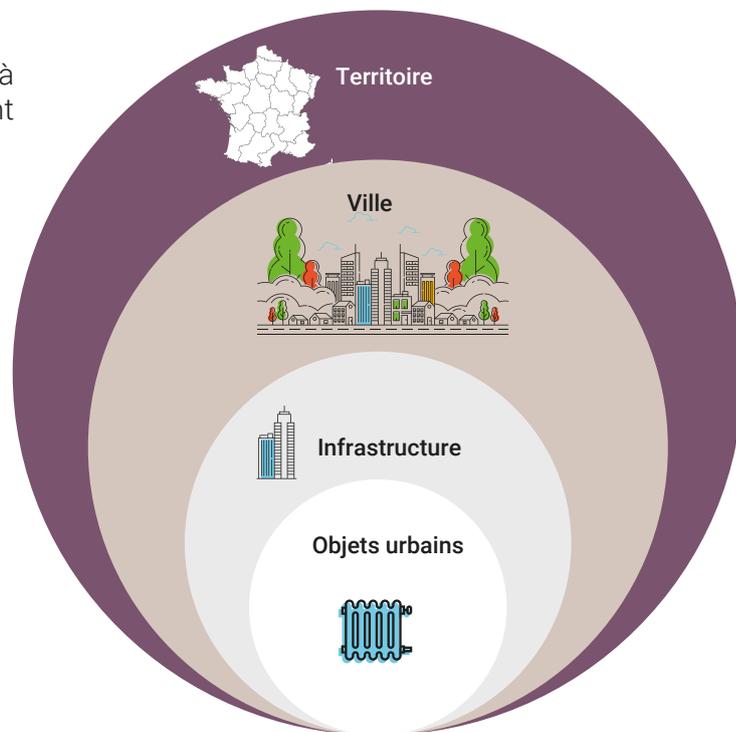
•ISO 19650-1 : explique les concepts et principes généraux de la norme pour une démarche BIM.

•ISO 19650-2 : traite des phases de programmation, de conception et d'exécution d'un projet de construction.

•ISO 19650-3 : traite du BIM GEM, gestion de patrimoine et BIM Exploitation-Maintenance.

•ISO 19650-5 : est une approche axée sur la sécurité des données et le Building Information Modeling.

L'enjeu à ce niveau de détail est de parvenir à ne pas alourdir la maquette 3D en optimisant les données qu'elle comporte.



Nous pouvons rassembler ces informations dans le tableau suivant :

Couche	Norme	Description	Solution/organisation
Geographie du territoire/Pays	OCSGE	Norme d'occupation du sol	CNIG, France LIDAR HD
Ville	City GML 3	Norme internationale de modélisation, stockage et échange de modèles dans la ville	Plateau Japon, Smart Ile de France
Infrastructure, bâtiment	IFC (ISO 19650)	Normes d'interopérabilité entre acteurs de la construction, de niveau de détail des données	MINnD, SED, Afnord
Objets urbains	DataLake	Méthode de structuration des formats de fichiers très différents	2IN

# Les enjeux futurs

## Interopérabilité

L'objectif principal du jumeau numérique est de parvenir à un unique double virtuel totalement interopérable et utilisable par tous. Il faut donc que les normes respectives à chaque échelle soient alignées pour permettre l'échange de données.

A titre d'illustration, il arrive parfois qu'entre le BIM et le CIM, aucunes interactions ne soient possibles. Pour relever ce défi, il serait préférable que les acteurs du jumeau numérique discutent entre eux d'un langage commun. Malheureusement, on constate une tendance à privilégier la protection de la donnée plutôt que son partage.

La plateforme pivot **USD** – Universal Scene Description permet la construction collaborative de scènes 3D animées. Elle permet de combiner des actifs provenant de différentes sources ou formats 3D dans des assemblages plus grands avec différents flux de travail qui permettent à de nombreux utilisateurs de collaborer simultanément et sans conflit.

nVidia a évalué USD comme un écosystème ouvert et extensible pour la création de monde 3D notamment pour les jumeaux numériques, nVidia propose sa plateforme [Omniverse](#)<sup>1</sup> basée sur USD pour développer des jumeaux numériques.

## Retro-saisie

Un des enjeux du jumeau numérique est la collecte de la donnée existante : la retro-saisie. Cette collecte permet d'intervenir dans l'existant, et ainsi cartographier virtuellement la ville au-delà de ce qui est actuellement en conception/construction. Par exemple, Colas s'est lancé dans une retro-saisie de tous les ouvrages au format BIM dans leurs agences du territoire français. Pour cela ils font appel à des juniors entreprise issue d'écoles d'ingénieurs.

## Formation

Une transition des métiers vers le numérique est indispensable pour progresser sur le sujet du jumeau numérique en entreprise. Pour accompagner cette transition, les écoles doivent s'adapter et inclure cette notion dans leurs cursus.

## Conclusion

La normalisation du jumeau numérique engendre des enjeux complexes : la notion d'interaction entre les niveaux de détails, inclure la mise à jour de données en temps réel mais aussi la capacité de gestion d'un nombre de valeurs important à grande échelle. Beaucoup d'intervenants tentent de tirer leur épingle du jeu mais cela va à l'encontre de l'impératif d'Open Data et la mise en relation de tous les acteurs d'un bâtiment nécessaire pour la création d'un jumeau numérique abouti et performant au service de son double réel.

<sup>1</sup> Pour plus d'informations sur la plateforme Omniverse : <https://www.nvidia.com/fr-fr/omniverse/solutions/digital-twins/>

# Membres de la délégation Jumeaux numériques

## CONTACTS



### Vincent Maret

Délégué spécial Jumeaux numériques  
& membre de la Gouvernance de Cap Digital  
Directeur Innovation, Groupe Bouygues  
vmaret@bouygues.com



### Benoît Gufflet

Chef de projet Innovation, Groupe Bouygues  
bgufflet@bouygues.com



### Ingrid-Bérénice Yapo

Cheffe de projet Innovation, Groupe Bouygues  
ibyapo@bouygues.com



### Stéphane Singier

Prospectiviste – Architecte de projet  
stephane.singier@capdigital.com



### Pierre Perrin

Chef de projet Innovation Urbaine  
& Community Leader Territoires Intelligents et Durables  
pierre.perrin@capdigital.com

cap-digital  
Paris Region

14 rue Alexandre Parodi 75010 Paris

[www.capdigital.com](http://www.capdigital.com)



[www.linkedin.com/company/cap-digital](https://www.linkedin.com/company/cap-digital)



@Cap\_Digital



[www.youtube.com/c/CapDigitalParisRegion](https://www.youtube.com/c/CapDigitalParisRegion)



[www.medium.com/cap-digital](https://www.medium.com/cap-digital)



LE PROGRAMME BÉNÉFICIE  
DU SOUTIEN DU FONDS SOCIAL  
EUROPÉEN ET DU FONDS EUROPÉEN  
DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

