

La démarche GéoBIM : de la gestion du territoire à celle d'un bâtiment

Par Dimitri SARAFINOF

Institut national de l'information géographique et forestière

Arnaud MISTRE

et Guillaume PICINBONO

CSTB

Bruno VALLET et

Laurent HEYDEL

IGN

La connaissance précise d'un territoire est un élément clé pour son aménagement et son développement durable. Elle passe par une modélisation et une cartographie précises, et ce à différentes échelles, allant jusqu'à celui d'un bâtiment et de son intérieur. Les enjeux sont multiples : expansion urbaine, valorisation du territoire, transports et infrastructures...

La démarche GéoBIM allie les compétences de la modélisation et de la représentation de l'ensemble des domaines du bâtiment (BIM) et de la cartographie conventionnelle (Géo) afin d'offrir une approche globale et multiniveaux en réponse au besoin de mutualisation de l'information cartographique.

Des travaux de recherche et de normalisation ainsi que des expérimentations contribuent à cette démarche GéoBIM, dont l'objectif est de converger sur les formats, les outils et les modalités d'échange de cette information cartographique/géographique nécessaire à la visualisation, à la compréhension et à l'analyse de notre environnement et des projets visant à son développement.

Présentation du concept GéoBIM

Les domaines d'application

Le domaine géospatial ou encore celui de la géomatique sont des domaines recourant à la modélisation et à la cartographie du monde réel afin d'avoir une meilleure compréhension de l'environnement qui nous entoure. Après la carte des Cassini, première représentation du royaume de France dans son ensemble du moins tel qu'il était au XVIII^e siècle, c'est l'entrée dans l'ère du numérique et de l'Internet qui a facilité l'accès pour tout un chacun à cette vision représentée de notre environnement et son partage, notamment au travers d'infrastructures de données géospatiales (<https://www.geoportail.gouv.fr/>).

L'acronyme BIM (Building Information Model/Modelling) représente, quant à lui, le domaine de la construction et ses contraintes, avec un objectif : faire travailler ensemble les différents acteurs, de la maîtrise d'ouvrage jusqu'à l'architecte, en passant par les différentes maîtrises d'œuvre impliquées dans la réalisation d'un projet.

L'avènement du GéoBIM

Grâce à des cartes de notre territoire toujours plus précises et l'acquisition 3D des bâtiments et des structures, notamment dans nos villes, les frontières de ces deux domaines se sont peu à peu rapprochées. De nouveaux enjeux ont émergé : la mise à jour en quasi-temps réel du modèle 3D d'une ville, une gestion plus poussée des infrastructures (et de leurs cycles de vie), la navigation *indoor/outdoor*...

Afin de répondre à ces problématiques transverses, la démarche GéoBIM s'est peu à peu mise en place en France et en Europe, et ce depuis le début des années 2010 (démarche également appelée GIS/BIM à l'international, GIS (Geospatial Information System) étant l'acronyme anglophone désignant le domaine géospatial). Cette dernière a vocation à proposer des solutions permettant une meilleure intégration des données et processus spécifiques à ces deux communautés. Des activités de normalisation, de recherche et des expérimentations sont ainsi menées, auxquelles l'IGN et le CSTB prennent part. Ces deux

établissements nationaux, complémentaires au regard de leur domaine de compétences, sont devenus des acteurs incontournables sur le sujet.

Les travaux de normalisation menés sous l'égide...

... de l'ISO...

Les activités de normalisation des deux domaines considérés (Géo et BIM) sont menées au sein de deux comités techniques distincts de l'ISO (l'Organisation internationale de normalisation).

Le comité technique 211 de l'ISO (ISO TC211) est en charge de la normalisation de l'information géospatiale au niveau international : il en définit les normes de base (modélisation géométrique/topologique, métadonnées, imagerie...). Un travail important en cours concerne le projet de norme ISO 19166 – BIM to GIS Conceptual Mapping, qui a pour objectif la description du processus de mise en correspondance dans le domaine géospatial des concepts du BIM avec le GIS, pour permettre notamment la construction de bases de données mixtes BIM/GIS.

Le comité technique 59 de l'ISO (ISO TC59) est en charge de la normalisation dans le domaine des bâtiments et des ouvrages de génie civil : plus particulièrement le sous-comité 13 (ISO/TC 59/SC 13), qui se concentre sur l'organisation et la numérisation de ces informations, y compris la modélisation des informations relatives à la construction (BIM). Il est en charge du standard IFC (ISO 16739), le standard d'échange des informations relatives à un projet de construction. Il étudie également le projet de norme ISO/DIS 23386, initié en France sous le pseudonyme de PPBIM (propriétés des produits pour le BIM). Ce futur standard fixera la méthodologie nécessaire à la mise en place et à la gestion des dictionnaires de données utilisés dans le BIM, quelle qu'en soit l'échelle. Le TC59/SC13 travaille bien entendu en liaison avec BuildinSMART International, l'organisation développant et gérant les standards de l'Open BIM (voir *infra*).

Enfin, il faut noter l'engagement de travaux communs à ces deux comités au sein du groupe de travail joint 14 (JWG14 GIS (Geospatial)/BIM interoperability), qui est chargé d'établir un rapport technique identifiant les principaux axes de travail (référencement, représentation géométrique, principes de modélisation, terminologie, processus...) devant permettant la fusion prochaine des environnements Géo et BIM.

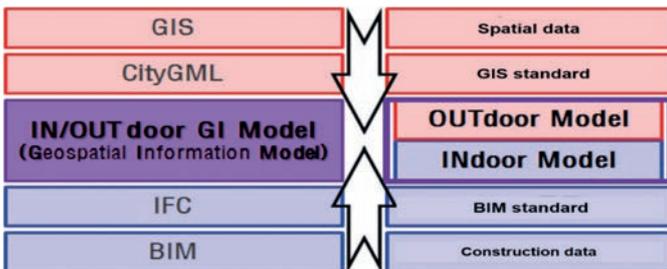


Figure 1 : Fusion des espaces *indoor* et *outdoor* au travers de standards (source : projet de rapport technique JWG14 ISO TC59/TC211).

... de l'Open Geospatial Consortium (OGC)...

L'OGC est un organisme majeur de normalisation dédié à l'information géospatiale. Ses standards sont ouverts et accessibles sur Internet (<http://www.opengeospatial.org/>). Il est constitué à la fois d'organismes publics, de fournisseurs de logiciels et d'universités.

Plusieurs standards sont pertinents dans le cadre de la réflexion GéoBIM.

Le standard CityGML définit un modèle de données et un format permettant une description 3D de la ville et de son environnement, et ce à différents niveaux de détail (jusqu'à l'intérieur même des structures). Les bâtiments, les réseaux (routiers, ferrés, transport par voies fluviales...), l'hydrographie, la végétation sont notamment représentés. Les données permettent une visualisation 3D de l'environnement urbain, de réaliser des simulations ou encore de faire des requêtes sémantiques sur les objets du modèle.

Le standard IndoorGML, quant à lui, permet exclusivement la représentation de l'intérieur d'un bâtiment ou d'une structure, sous la forme d'espaces au sein desquels il est possible de naviguer. L'objectif est de localiser des entités fixes ou mobiles présentes à l'intérieur du bâtiment et de fournir des services d'information spatiale permettant de préciser leur position dans l'espace intérieur ; il n'a pas pour but de représenter les composants architecturaux du bâtiment.

Enfin, le standard LandInfra découle de la volonté de standardiser les concepts présents dans le format LandXML, qui est aujourd'hui le standard le plus utilisé pour la modélisation des informations de terrain et d'infrastructures. Il est ainsi dédié à la modélisation des infrastructures, notamment de génie civil (routes, chemins de fer, arpentages, parcelles cadastrales, infrastructures de drainage et de distribution d'eau...). En réussissant à fédérer les acteurs du monde du terrain, des infrastructures et de l'architecture, le standard LandInfra réalise la prouesse de proposer un schéma commun à toutes les implémentations « Infra » dans les différents formats standards : InfraGML (implémentation du modèle au format GML) pour l'OGC et IFC-Infra pour BuildingSMART International.

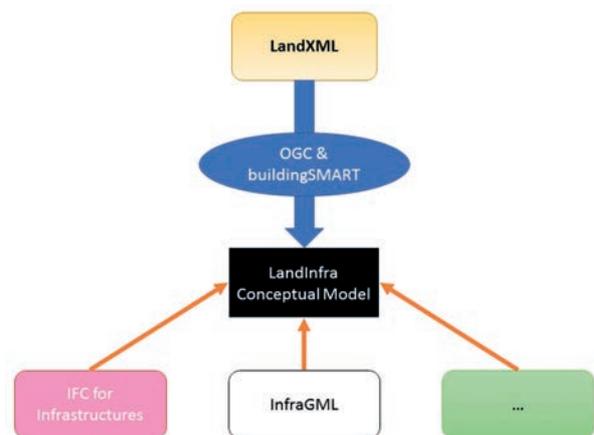


Figure 2 : Processus de définition des standards LandInfra & InfraGML.

... et du BSI – Building SMART International

BuildingSMART International est l'organisation faisant autorité dans l'accompagnement des secteurs de la construction et des infrastructures dans la réussite de leur révolution numérique, à travers la définition, la gestion, la normalisation et la promotion de formats d'échange ouverts (« Open BIM »). Le plus connu des standards développés par BuildingSMART est l'IFC, lequel est devenu, depuis sa version IFC4 (2014), le standard ISO d'interopérabilité dans le domaine de la construction.

Parmi les travaux les plus ambitieux actuellement menés au sein du BuildingSMART International peuvent être mentionnés les projets d'extension de ce standard aux domaines de l'infrastructure et du génie civil. En liaison avec l'OGC en ce qui concerne la définition du modèle conceptuel LandInfra, BuildingSMART a élaboré une feuille de route visant à intégrer dans le standard IFC un ensemble de concepts communs à tous les sous-domaines de l'architecture (en particulier, les « alignements » dans IFC 4.1), puis, successivement, les différentes extensions spécifiques aux différents types d'infrastructures (IFC4.2 s'agissant des ponts, de la modélisation des réseaux routiers et ferrés à venir).

Les travaux de recherche et expérimentations en cours

Le projet national MINnD

Lancé en 2014, le projet national MINnD (Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables : <https://www.minnd.fr/>) est un projet de recherche collaborative qui a pour objectif de favoriser le développement du BIM (Building Information Modelling) en matière de construction d'infrastructures, à travers l'amélioration de la structuration des données des projets pour faciliter les échanges et le partage des informations

les plus pertinentes. MINnD mobilise un grand nombre d'acteurs ayant des activités liées à la conception, à la construction et à l'exploitation d'infrastructures. Ces acteurs collaborent en particulier à la définition des extensions du standard IFC nécessaires à la prise en compte des spécificités de leurs différents domaines d'activité en matière d'infrastructures.

Le projet national MINnD va poursuivre ses travaux de recherche dans le cadre d'une « saison 2 », prévue de 2019 à 2021. Le nouveau programme a été labellisé « Projet national » par le comité d'orientation du réseau RAGC (recherche appliquée en génie civil), le 21 novembre 2018. Le démarrage opérationnel du projet est programmé pour mars 2019 ; un appel à participation a été lancé. Cette saison 2 vise à progresser sur des sujets tels que la modélisation de l'existant, la gestion du patrimoine et des actifs, les modalités de réception en BIM, la gestion des incertitudes et des tolérances, la poursuite du développement des IFC infra... Le programme de recherche est structuré autour des thématiques suivantes : la structuration des données, leur qualification, leur génération, leur collecte et leur utilisation, ainsi que la collaboration entre les différents acteurs.

Le projet BIOM

Dans le cadre de la thématique GéoBIM, il est important de mentionner le projet de recherche BIOM (Building Inside/Outside Modeling). Ce projet financé par l'ANR réunit le CSTB, l'ENPC (laboratoire LIGM, équipe Imagine), l'Inria Sophia Antipolis (équipe Titane), l'INSA Strasbourg (Unité de recherche ICUBE, équipe TRIO) et l'IGN (UMR Lastig) qui en assure la coordination. L'objectif de BIOM est d'automatiser au maximum la modélisation conjointe intérieure et extérieure de bâtiments existants à partir de données images et LIDAR acquises à partir de points de vue aériens et terrestres. Les enjeux scientifiques associés

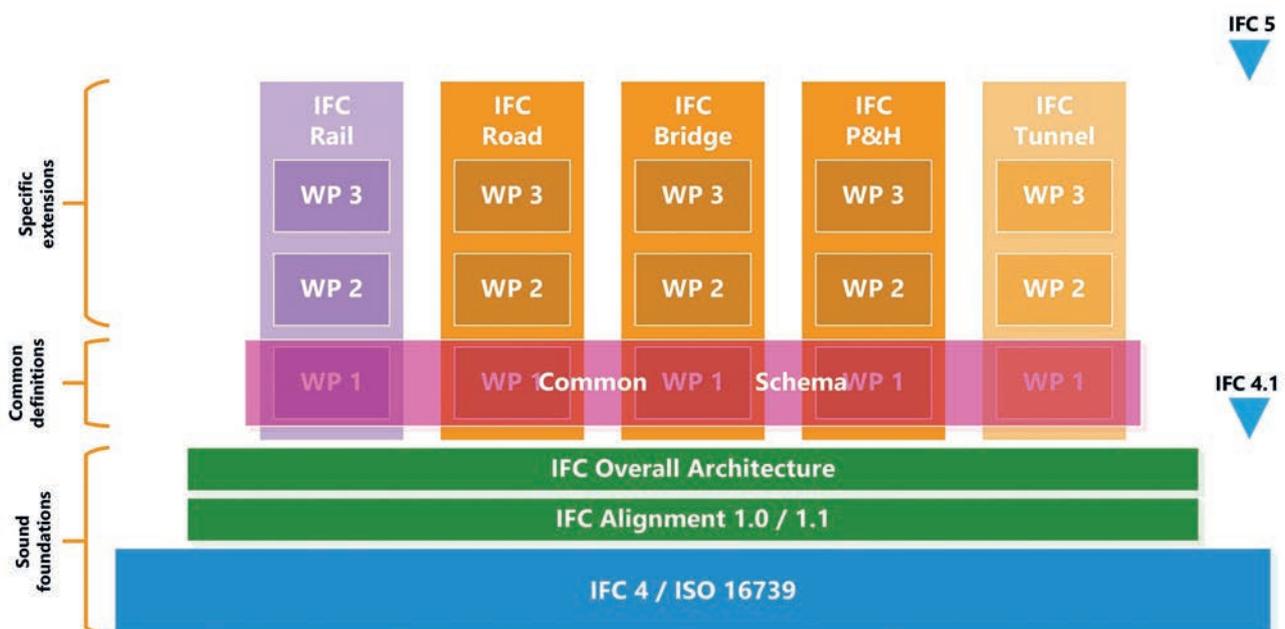


Figure 3 : Feuille de route de la transposition du standard IFC aux infrastructures.



Figure 4 : Les différentes entreprises partenaires du projet MINnD.

sont ceux :

- du traitement de données de télédétection : le recalage et la fusion de données hétérogènes ;
- de la vision par ordinateur : la segmentation sémantique de ces données et leur généralisation pour remonter à un modèle de bâtiment structuré et sémantisé comme ceux décrits par les standards CityGML ou les IFC.

Les modèles BIOM en résultant doivent être aussi détaillés que les données le permettent et aussi fidèles que possible à la réalité. Ces modèles doivent en outre pouvoir adresser de multiples usages :

- inventaire et études urbaines : l'inventaire et la surveillance des bâtiments peut intéresser les autorités locales dans le cadre d'une gestion patrimoniale ;
- gestion du cycle de vie : les architectes peuvent utiliser les modélisations de BIOM dans un projet de rénovation pour restituer l'état initial d'un chantier et celui de la conception.
- construction : comparer le modèle BIOM d'un bâtiment déjà construit avec la conception que peut avoir l'architecte d'une nouvelle construction peut servir aux autorités compétentes pour étayer leur acceptation (ou non) de celle-ci.
- phase d'occupation : les modèles BIOM peuvent alimenter des moteurs de simulation en vue d'une optimisation de la performance et de la durabilité des bâtiments existants, mais aussi en matière de santé, de bien-être et de gestion des risques.

Le projet ne traite pas directement des questions de normalisation relatives à la convergence GéoBIM, mais il les suivra de près en tant qu'utilisateur, puisque la reconstruction de l'enveloppe externe des bâtiments sera opérée à l'échelle du quartier, voire de la ville, dans la logique de l'information géographique, alors que les intérieurs seront modélisés à une échelle plus localisée, sur des bâtiments ciblés, en y intégrant l'enveloppe externe, dans une logique plus proche du BIM.

Technologies d'acquisition et expérimentations

Parmi les différentes technologiques d'acquisition de l'existant, nous pouvons citer entre autres : la photogrammétrie par autocorrélation qui a beaucoup évolué ces dernières années ; le laser *via* vecteurs fixes ou mobiles ; les mesures dites ponctuelles ; la lumière structurée de type kinect ; les capteurs RGBD qui apparaissent sur les *smartphones* et autre radars et sondes plus spécifiques. Afin de produire des données pertinentes, ces procédés d'acquisition s'appuient souvent sur d'autres technologies : le SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) qui est indispensable aux procédés mobiles ; la centrale inertielle qui délivre les mêmes services et est souvent associée au précédent ; ou les GNSS (Global Navigation Satellite System) souvent improprement désignés par l'acronyme GPS.

De nombreux acteurs, notamment de grands groupes industriels ou des institutions publiques, prennent conscience des enjeux que recouvre la numérisation de leur parc immobilier, en lien avec l'évolution de leur métier face à l'essor du numérique. Le CSTB a ainsi pu réaliser avec le service Infrastructure de la Défense (SID) – pour le compte du ministère des Armées, dont l'ampleur de son patrimoine immobilier l'incite à préparer l'avenir –, plusieurs expérimentations à Versailles : acquisitions photogrammétriques par drones, modélisations automatiques à partir de plans, de relevés laser mobiles ou fixes (stations laser extérieures et intérieures), ces derniers ayant fait l'objet en outre d'une modélisation automatique au titre de la confection de la maquette BIM. Tous ont donné lieu à des analyses comparatives et à l'établissement de rapports complets.

L'IGN a également mené plusieurs expérimentations en ce sens. Le lever d'une station de métro avec modélisation 3D a permis de mettre à disposition une maquette numérique fiable et précise. Des millions de points ont été levés en recourant à un scanner laser terrestre, en différentes positions couvrant l'ensemble de la station.

En complément de ces scènes laser, des mesures topométriques (classiques pour un géomètre) ont également été effectuées, permettant ainsi à l'issue des traitements de disposer d'un résultat dont la précision est évaluée à quelques centimètres. L'objectif était de produire une surface 3D « étanche » permettant des simulations de flux d'air, et donc la possibilité de tester différentes configurations en matière d'aération.

L'IGN a en outre effectué une expérimentation d'acquisition permettant de proposer une modélisation 3D du réseau des égouts de Paris, l'objectif étant, grâce à une préparation en amont, de minimiser au maximum les temps d'intervention des égoutiers, en particulier en raison du caractère confiné et nocif du milieu. Plusieurs processus d'acquisition ont été testés, notamment un prototype promoteur se composant de caméras légères et recourant aux techniques de la photogrammétrie.

Les perspectives de la démarche GéoBIM

La démarche GéoBIM en cours d'élaboration permet la mise en place de processus (acquisition, traitement, analyse de données...) s'appuyant sur des formats et des services normalisés, qui, demain, permettront une meilleure gestion et un développement durable des territoires.

La numérisation du patrimoine existant entame sa révolution à un moment où le recours à celle-ci s'avère de plus

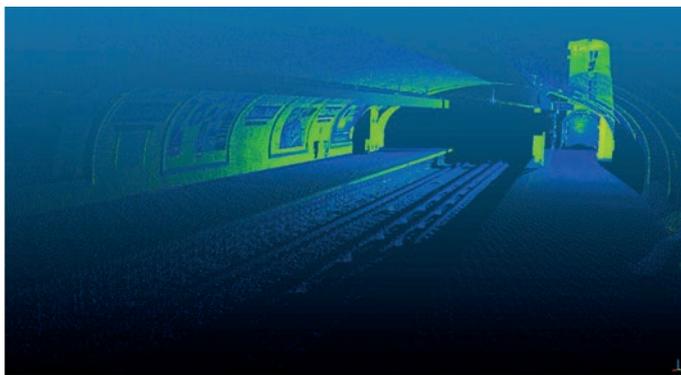


Figure 5: Exemple de scènes laser acquises.

en plus utile et nécessaire. Les solutions se développent, les innovations s'enchaînent et de nouveaux usages deviennent possibles. L'expertise des établissements CSTB et de l'IGN est cruciale pour porter une position commune et cohérente au sein des instances de normalisation, et ce aussi bien au niveau national qu'international.

La démarche GéoBIM s'intègre de fait pleinement dans celle des villes intelligentes en facilitant une gestion durable des bâtiments et des infrastructures façonnant un territoire.