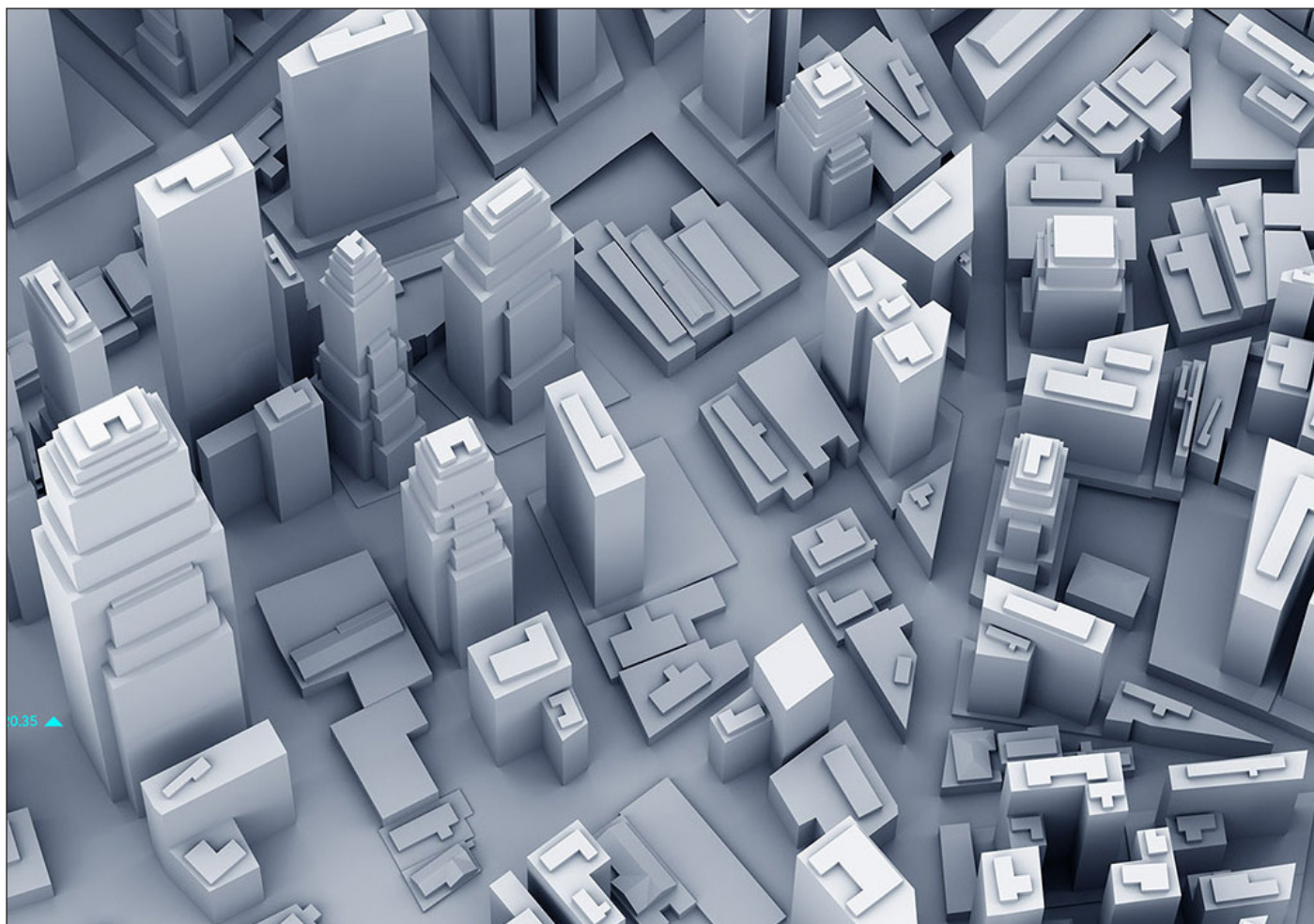




BIM et SIG

Convergence et complémentarité

Livre blanc - 2019

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les professionnels que nous avons pu rencontrer au fil du temps, dans notre métier de consultant, aussi bien dans les métiers du SIG (géomaticiens, éditeurs, SSII, ...), que dans le BTP (grandes entreprises dites « Major », TPE/PME, artisans, BE, ingénieurs, écoles et centres de formations,...) ou dans les métiers liés au numériques (responsables informatique, développeurs, ...). Echanger avec eux, nous a permis d'alimenter notre veille professionnelle, bien sûr et de faire évoluer notre réflexion sur des thèmes comme le SIG, la modélisation 3D, la normalisation et les standards, la gestion des compétences ou encore le BIM.

Merci également à la société Esri France, qui nous a donné l'opportunité d'écrire ce Livre Blanc.



Hervé Halbout

Halbout Consultants.

Table des matières

<u>REMERCIEMENTS.....</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>5</u>
<u>CHAPITRE 1 : LES POINTS FORTS DU SIG.....</u>	<u>8</u>
1-1 DES DONNEES STRUCTUREES	8
1-2 DES OUTILS MATURES	8
1-3 DES INCITATIONS REGLEMENTAIRES.....	9
1-4 UNE CULTURE DE LA MUTUALISATION ET DU PARTAGE.....	10
1-5 DES FORMATS INTEROPERABLES.....	10
1-6 QUELQUES LIMITES TOUTEFOIS	11
<u>CHAPITRE 2 : LES POINTS FORTS DU BIM.....</u>	<u>12</u>
2-1 UNE NOUVELLE MANIERE DE TRAVAILLER	12
2-2 DE NOUVEAUX OUTILS METIERS.....	12
EN RESUME.....	12
2-4 UNE ANTICIPATION DE LA GESTION DU PATRIMOINE.....	12
2-5 DE NOUVELLES COMPETENCES	13
2-6 LES METIERS IMPACTES PAR LE BIM ET LE SIG	13
2-7 LES METIERS CONNEXES, TRANSVERSES ET COMPLEMENTAIRES.....	14
<u>CHAPITRE 3 : LES FORMATS D'ECHANGE ET L'INTEROPERABILITE (BIM & SIG).....</u>	<u>15</u>
3-1 LES DONNEES : CARBURANT INCONTOURNABLE	15
3-2 FORMAT D'ECHANGE VS INTEROPERABILITE.....	15
3-3 LE CATALOGAGE DES DONNEES	16
3-4 DU COTE DE L'OPEN SOURCE	16
<u>CHAPITRE 4 : ANALOGIES ET DIFFERENCES BIM & SIG.....</u>	<u>17</u>
4-1 DU COTE DU BATIMENT (B)	17
4-2 DU COTE DES INFRASTRUCTURES (TP)	17
4-3 DU COTE DU SIG.....	17
4-4 LE POINT DE CONVERGENCE	17
<u>CHAPITRE 5 : LA COMPLEMENTARITE DES PRATIQUES ET LA CONVERGENCE DES FORMATS.....</u>	<u>20</u>
5-1 QUELLE (R)EVOLUTION DANS LE BTP ?.....	20
5-2 QUELQUES ACTEURS DU BIM ET DU SIG EN FRANCE	21

5-3	LES PRATIQUES METIERS DU BTP ET CELLES DU SIG	23
5-4	COMPLEMENTARITE ET/OU CONVERGENCE	23

CHAPITRE 6 : LES AUTRES "MONDES", ENTRE INTERFAÇAGE ET COMPLEMENTARITE (IOT, IA, ...) 26

6-1	L'IOT.....	26
6-2	L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	28
6-3	LA BLOCKCHAIN	28

CONCLUSION : BIM & SIG, UNE INTEROPERABILITE AU-DELA DES FORMATS..... 29

LA TRANSFORMATION NUMERIQUE, FACTEUR DE DISRUPTION	29
UNE REGLEMENTATION EN DEVENIR (OU PRESQUE)	29

LE BIM : Y PASSER OU Y RESTER..... 30

LES PLATEFORMES COLLABORATIVES	31
LA COLLABORATION FIL ROUGE D'UN AVENIR COMMUN	31

ANNEXE 1 - REGLEMENTATION AUTOUR DU SIG 32

SYSTEME DE COORDONNEES DE REFERENCES	32
DECRET DT-DICT.....	32
PLU ET GPU.....	32
DIRECTIVE INSPIRE	32
PCRS (PLAN CORPS DE RUE SIMPLIFIE).....	33
OUVERTURE DES DONNEES (LOI CADA, DIRECTIVE PSI, DECRET ETALAB)	33

ANNEXE 2 - SIGLES, ACRONYMES ET GLOSSAIRE BIM & SIG 34

SIGLES ET ACRONYMES.....	34
GLOSSAIRE BIM & SIG.....	34

ANNEXE 3 - BIBLIOGRAPHIE 45

PROJET NATIONAL MINND.....	45
ARTICLES SUR LE WEB	45
AUTRES ARTICLES	46

Introduction

Une formidable opportunité pour les géomaticiens !

J'ai eu la chance de naître à l'époque où les Beatles ont révolutionné l'enregistrement musical. Après les albums Rubber Soul et Revolver, le monde de la musique pop rock ne travaillera plus de la même façon. Les spécialistes en la matière reconnaîtront entre autres les solos inversés. Mais, ce sont surtout les idées et les **innovations** qui marquent cette époque. L'innovation est donc au cœur de cette aventure.

J'ai eu la chance de débiter ma carrière professionnelle en travaillant sur deux logiciels : un système d'information géographique -SIG- (MapInfo) et un logiciel de conception assistée par ordinateur -CAO- (Generic Cadd). Nous sommes au début des années 1990. De suite, je me rends compte du potentiel de ces outils pour améliorer la compréhension du monde dans lequel nous vivons.

Presque 30 ans plus tard, j'ai encore plus de chance ! Enfin, une convergence entre le monde des SIG, de la CAO et du BIM est opérationnelle. Car, nous devons quand même nous rappeler – pour les plus anciens – les heures, jours et mois passés à convertir des données, avec plus ou moins de succès.



Figure 1 : Intégration BIM dans un SIG 3D, scène web 3D, Communauté d'Agglomération de Saint Quentin en Yvelines.
Remerciements @Laurent Charrier

La CAO adopte désormais, pour les mondes de l'architecture et des infrastructures, le processus BIM (Building Information Modeling). Ce processus amène au travail collaboratif de différents corps de métiers, entreprises et administrations autour d'une maquette numérique 3D. Les objectifs sont de réduire les temps de conception ou de réhabilitation, de maîtriser les coûts, d'améliorer la sécurité, de contrôler au plus près toutes les étapes des projets. C'est une **innovation** majeure. Cette innovation dépasse les outils logiciels, puisqu'elle met en œuvre une chaîne complète de réflexion. Au cœur de cette innovation : la formation de tous les intervenants d'un projet. La clé de la réussite est donc la maîtrise de ce processus via la mise en place d'outils collaboratifs, d'une méthodologie efficace, un accompagnement du changement, des formations et enfin une adoption totale par toutes les échelles de l'entreprise ou organisation.

N'est-il pas essentiel de rappeler que 80% des projets d'architecture ou d'infrastructures sont soit en retard des prévisions ou dépassent le budget initialement prévu. Les raisons sont multiples, mais il est de notoriété publique de reconnaître que les obstacles rencontrés lors de la construction ou la réhabilitation d'infrastructures, sont estimés et non pas déterminés et chiffrés. De plus, le monde de la construction n'est pas encore au niveau concernant la part du budget associée aux **innovations**. Un rapport du cabinet McKinsey indique que, seulement 1,2% du chiffre d'affaires de ce secteur est consacré au développement de nouvelles technologies. Cependant, nous remarquons particulièrement en France, que les grands groupes de construction ont bien compris cet enjeu et ont mis en place des structures, des projets d'innovation, par exemple BIM&CO chez Colas, Leonard chez Vinci ou encore le groupe Egis. D'ailleurs, le PDG du groupe Egis, Nicolas Jachiet a confié lors d'une interview dans le Moniteur en mars 2019, que 90% des projets de son bureau d'études seront en mode BIM d'ici 2020. Il y a donc une prise de conscience et des actes forts permettant d'innover et de rendre les projets plus contrôlables.

Les systèmes d'information géographique ont aussi énormément évolué depuis ces trente dernières années. Aujourd'hui, Esri propose une plateforme SIG aux multiples usages, qui intègre un logiciel de création, analyse et gestion de données cartographiques 2D et 3D, une solution Cloud pour partager, analyser ses données, des serveurs collaboratifs, des outils de monitoring, des applications pour générer des tableaux de bords, des analyses business, des connecteurs vers des applications de GMAO, des solutions mobiles performantes et des outils de développement. Cette plateforme, utilisée par un grand nombre de collectivités, entreprises publiques et privées, couvre les besoins en termes de conception, gestion, planification, partage, diffusion, supervision, collaboration de toutes les données du territoire.

Nous avons donc d'un côté le SIG et de l'autre le BIM et, souvent, des équipes séparées qui travaillent en parallèle.

Depuis la fin 2017, Autodesk (éditeur de logiciels dans le monde de la CAO et du BIM) et Esri ont signé un partenariat permettant à leurs utilisateurs de faire converger leurs données et modèles respectifs. Quelle avancée technologique ! Oublions les casses têtes informatiques et les développements « maison ». Aujourd'hui, un modèle provenant du logiciel Autodesk Revit est lu nativement et sans modification dans le logiciel ArcGIS Pro. Les logiciels d'Autodesk tels qu'InfraWorks, Civil 3D et Autodesk Map ont accès à toutes les informations géographiques disponibles dans les serveurs Esri, via un connecteur qui est disponible dans les versions dites 2020.

Donc, nous avons ici une **innovation** de premier ordre. Dans le cadre de projets, cette innovation permet d'accéder aux informations de chaque équipe, Services sans aucune duplication de données.

Esri offre aujourd'hui au monde de la géomatique une formidable opportunité. Il s'agit de se connecter au processus BIM et d'utiliser les informations issues d'un modèle d'architecture ou d'infrastructure dans une plateforme SIG. Cela permet donc de connecter les services SIG ou géomatiques avec les services d'urbanismes, de gestion de patrimoine, d'infrastructure, en utilisant les mêmes modèles.

Je me plais à raconter que 2 grands musiciens ont enfin réussi à jouer ensemble sur la même partition, et j'espère que les mélomanes apprécieront.

Serait-ce une harmonie parfaite ? Les utilisateurs en seront les témoins et acteurs et les retours d'expérience le démontreront dans un futur proche.

Cependant, il ne faut pas oublier les formats d'échanges (comme l'IFC) qui permettent de travailler avec différents logiciels autour des modèles BIM et SIG. Là encore, Autodesk et Esri contribuent à cette interopérabilité des données. Esri France a rejoint la deuxième saison du projet MINND. Le Projet National MINND est un projet de recherche collaborative lancé en mars 2014, qui a pour objectif de favoriser le développement du BIM (Building Information Modeling) pour les infrastructures, en améliorant la structuration des données des projets pour des échanges et partages d'informations plus efficaces. MINND mobilise un grand nombre d'acteurs ayant des activités liées à la conception, la construction et l'exploitation d'infrastructures.

« Le contenu est essentiel mais le contexte est primordial ». Cela résume cette volonté d'Autodesk et d'Esri de mieux prendre en compte les considérations, besoins, préoccupations et attentes de ses utilisateurs et du marché en général.

Existe-t-il des recommandations, des écueils à éviter pour la mise en œuvre de cette convergence BIM et SIG ? Certainement. Nous essayons dans ce Livre Blanc d'apporter quelques éléments de réponse.



Lionel Henry
Business Development Manager
Esri France

BIM & SIG, une complémentarité en devenir

Chapitre 1 : Les points forts du SIG

1-1 Des données structurées

Si les SIG ne sont pas à présenter ici dans toutes leurs composantes conceptuelles, il reste un domaine sur lequel il convient de revenir régulièrement : celui de la donnée (géographique ou non) qui les alimente. Après une période initiale qui a vu la mise en exergue des outils logiciels et de leurs fonctionnalités de représentation cartographique, c'est la composante essentielle qu'est la donnée qui a pris le leadership. Les administrateurs SIG et les géomaticiens l'ont bien compris et ont fait de celle-ci, au fil du temps, la plaque tournante de leur activité professionnelle, tant en acquisition mutualisée qu'en production et en gestion/partage.



La question de la structuration de la donnée s'est très vite posée, ne serait-ce que pour savoir qu'elle existe, y accéder facilement, la maintenir à jour, la faire connaître, la partager. Que de chemin parcouru depuis les premières données entrées dans des tableurs, aux serveurs spatiaux communément utilisés aujourd'hui. La structuration de l'information est devenu le maître mot dans les SGBD et c'est bien ce qui permet des échanges facilités entre outils généralistes/métiers concurrents. Le monde du SIG a effectué un travail très important sur ce sujet et il en récolte largement les fruits aujourd'hui. C'est l'un de ses points forts.

La donnée est devenue aujourd'hui, dans le monde du SIG, un véritable « bien commun ».

1-2 Des outils matures

Si pour produire une représentation cartographique (faire une carte) d'un territoire, il est indispensable de disposer de données géographiques, les outils logiciels restent nécessaires pour aider à construire, visualiser analyser, partager la cartographie. Dans ce domaine, les outils du SIG sont devenus mûrs. Il y a probablement plusieurs raisons à cela :

- l'avènement des serveurs spatiaux (éditeur ou open source) permet d'atteindre une interopérabilité certaine de la donnée, en s'affranchissant autant que faire se peut des formats propriétaires des outils ;
- l'utilisation d'outils de type ETL apporte un plus pour mieux maîtriser les nombreux formats d'échanges et pour l'automatisation de tâches répétitives liées à la gestion des données ;
- le développement des technologies web et leur normalisation par l'OGC ont amené une possibilité d'accès plus souple, plus facile, plus ouverte à la cartographie.

Par contre, si l'usage de la modélisation 3D territoriale s'est largement diffusé en France pour des besoins de communication et de concertation, celle-ci reste limitée en termes de SIG et de données structurées associées.

1-3 Des incitations réglementaires

En parallèle du développement plutôt raisonné des SIG en France, un certain nombre d'éléments réglementaires sont venus s'imposer dans ce paysage, soit directement, soit par effet collatéral.

En faire une liste exhaustive n'est pas l'objet de ce Livre Blanc. Il est toutefois utile d'en évoquer quelques-uns, car ils peuvent avoir un effet miroir avec le BIM :

1. Une réglementation assez ancienne porte sur l'obligation de fournir les informations localisées dans le système national de référence de coordonnées RGF 93 de tous les levés topographiques réalisés par/pour les organismes publics. Cela peut sembler anodin et une évidence aujourd'hui, alors que la géolocalisation par GPS est partout (véhicules, smartphones, objets connectés, etc.). Pourtant, cette évidence dans le SIG n'en est pas encore une dans le domaine du bâtiment (cependant, elle est acquise depuis longtemps pour les TP).

2. Le décret DT-DICT vise à mieux connaître le positionnement des réseaux (et donc leur géolocalisation) dans le sous-sol, afin de limiter (nous sommes encore loin de l'évitement) les très nombreux impacts sur ceux-ci, dû à des travaux souterrains invasifs.



Figure 2 (crédit photo : H. Halbout)

3. Les PLU et le GPU

La reprise au format numérique des POS (Plans d'Occupation des Sols) et des cartes communales ont permis de mener une réflexion globale pour une uniformisation de ce travail, avec l'établissement (à travers les travaux du CNIG - Conseil National de l'Information Géographique) d'un cahier des charges standardisé. Cela a abouti ensuite à une obligation de publication sur un portail web grand public, des PLU (Plans locaux d'Urbanisme), transformés à l'échelle intercommunale en PLUi.

4. La Directive INSPIRE



Cette directive européenne, transposée dans le droit législatif de chaque pays concerné, vise à établir une infrastructure de données géographiques à l'échelle de la Communauté européenne. Pour cela, elle crée différentes obligations portant sur la fourniture de données selon des règles de mise en œuvre communes, la constitution de catalogues de données, avec des métadonnées, l'application de règles liées à l'interopérabilités de celles-ci, l'accès gratuit aux données pour un certain nombre d'acteurs, la mise en œuvre de services web permettant un accès facilité, ...

Longtemps considérée en France comme une « contrainte de plus », elle s'avère finalement comme une opportunité, ne serait-ce que par l'obligation de bien connaître son patrimoine de données géographiques numériques. Elle a permis de réintroduire deux notions essentielles dans la gestion des données et dans leur gouvernance : le catalogage et la métadonnée.

5. Le PCRS (Plan Corps de Rue Simplifié)

Dans le cadre du décret DT-DICT (anti-endommagement des réseaux), il est prévu que le géo-positionnement des réseaux enterrés soit fait sur un fond de plan à grande échelle, « établi et mis à jour par l'autorité publique locale

compétente ». Celui-ci, le PCRS, est constitué à partir d'un cahier des charges réalisé par un groupe de travail au sein du CNIG.

6. L'ouverture des données (loi CADA, directive PSI, décret Etalab)

La loi Lemaire (07/10/2016), oblige à la publication en open data des bases de données des collectivités, y compris des communes (de plus de 2500 habitants), ce qui amène à mettre à disposition un certain nombre de données géographiques.

1-4 Une culture de la mutualisation et du partage

Longtemps établis en silo (plusieurs SIG concurrents sur un même territoire, en fonction des entités publiques), les SIG ont développé une culture raisonnée de la mutualisation, initialement pour l'acquisition de données territoriales communes à plusieurs entités et pour limiter les coûts pour chaque acteur. C'est ainsi que des données dites de référentiel, comme le cadastre, les ortho photographies, des productions de l'IGN, etc. ont pu être acquises dans le cadre de groupements de commande, portés par une ou plusieurs entités publiques.



Parallèlement, la notion de partage d'informations a également fait son chemin, pour arriver aujourd'hui à des plateformes (départementales ou régionales), des IDG (Infrastructures de Données Géographiques), qui permettent, entre autre, à chaque acteur de « faire son marché » et de déposer ses propres productions de données, structurées, validées, qualifiées, dans des formats facilement utilisables. C'est aussi un lieu d'échange de bonnes pratiques et de travail en commun.

1-5 Des formats interopérables

Le SIG a connu la problématique des formats propriétaires, difficiles à échanger d'un logiciel éditeur à un autre. C'est pour cela qu'en 1999 a été développée une norme pour ouvrir les échanges entre les principaux logiciels propriétaires de cartographie : la norme EDIGéo (norme AFNOR NF Z 52000). Cette norme (uniquement développée en France) a été largement utilisée, puis est tombée en désuétude au fil du temps, remplacée en cela par les standards internationaux développés par l'OGC (Open Geospatial Consortium). Seuls quelques « nostalgiques » utilisent encore cette norme.

L'avènement des « serveurs spatiaux » a ouvert au SIG les portes de l'interopérabilité : les données géographiques (y compris graphiques) sont stockées dans un SGBDR spatial et sont ainsi directement accessibles aux logiciels de cartographie, sans passer par leur format propriétaire.

Parmi les outils les plus utilisés, citons Oracle Spatial (Oracle) et PostGre/PostGis (open source).

Concernant la modélisation 3D territoriale, un format d'échange a vu le jour pour les données de « SIG 3D » : le CityGML. De même une classification en LoD (*Level of Detail* – Niveau de Détail) a été établie pour la gestion de ces modélisations. Il est à noter qu'une des rubriques de la Directive INSPIRE s'applique aux données géographiques en 3D.

Plus récemment, le CNIG a donné mandat à l'IGN et au CSTB de piloter un groupe de travail (composé d'experts publics et privés) pour réfléchir à l'établissement d'un « Géo-standard 3D ».

1-6 Quelques limites toutefois ...

Production d'informations et partage

Les infrastructures (domaine des TP) utilisent des données qui sont systématiquement géographiques. Tout projet linéaire (route, rail, réseaux, pont, tunnel, ...) se positionne à partir d'une implantation topographique qui s'appuie sur le système de coordonnées géographiques en vigueur sur le territoire national, à savoir le RGF 93. De plus, ces données sont généralement en 3D, le x et y planimétrique étant complété par un z d'altitude, ce qui permet aux professionnels d'effectuer des coupes et des profils, par exemple.

Cette production de données géographiques ne s'appuie pas toujours sur des données de SIG existant et n'alimente pas systématiquement en retour le SIG du Maître d'Ouvrage. Il s'agit là encore d'un fonctionnement en silo. Quand ces données 3D sont renvoyées vers un SIG territorial, elles sont généralement intégrées ... en 2D.

Par ailleurs, le volume de données produites dans le cadre de projets d'infrastructures ne cesse de croître, car les modes de levé de données topographiques sont de plus en plus performants : photogrammétrie, LIDAR aérien, laser terrestre, *mobile mapping*, drones, scan bathymétrique, vues immersives 360°, etc.

Une approche de la 3D limitée

Les SIG 2D sont devenus dans de nombreuses collectivités territoriales françaises un véritable outil d'aide à l'aménagement du territoire, impactant en cela la plupart des métiers/compétences de celles-ci.

Les SIG 3D sont, eux, beaucoup plus rares. Même s'il y a pléthore de modélisations 3D territoriales, celles-ci sont encore trop souvent dédiées à des opérations de communication/concertation. Le devenir de ce type de modélisation est ainsi généralement limité dans le temps et difficilement réutilisable par le SIG.

Il y a toutefois un certain nombre de collectivités qui ont amorcé une démarche de structuration de leurs données géographiques pour constituer les bases d'un véritable SIG 3D. Ce sont d'ailleurs aussi les mêmes qui s'intéressent aujourd'hui au BIM et aux données ainsi produites. Parmi ces collectivités, Strasbourg métropole, Bordeaux métropole, Rennes métropole, la Communauté Urbaine du Havre, Lyon métropole, pour ne citer que celles-là. Parties d'un SIG 2D structuré, elles ont, petit à petit, consolidé celui-ci avec des données géographiques 3D d'infrastructures et de bâtiments.

Collaboration active de projets

Si la culture du partage est bien ancrée chez les géomaticiens français, celle du travail collaboratif l'est beaucoup moins. Certes, ils savent centraliser et mettre à dispositions des référentiels à jour, ainsi que des données métiers, à travers des serveurs cartographiques, spatiaux ou en technologie web. Pourtant, ils ont globalement des difficultés à travailler de manière collaborative sur des projets métiers. Un exemple nous semble assez significatif : il est assez courant que, dans des collectivités (de type Communauté de Communes, Agglomération, Départements, ...), il y ait peu de contacts entre un Service SIG et une (un) Direction/Service des infrastructures et, généralement, peu voire pas du tout de communication avec une (un) Direction/Service des bâtiments. La transversalité du SIG touche là à une de ses limites.

Chapitre 2 : les points forts du BIM

2-1 Une nouvelle manière de travailler



Cela semble plus communément admis aujourd'hui, mais il y a encore peu de temps, le BIM était assimilé à des logiciels (comme le SIG, d'ailleurs, il y a 25 ans). Cette confusion commence heureusement à s'estomper. Parler de BIM, c'est avant tout parler d'une nouvelle manière de travailler ensemble entre les différents corps d'états qui interviennent sur un chantier de construction/rénovation : une méthode collaborative.

C'est le point le plus marquant dans une démarche BIM ... et le plus difficile à mettre en œuvre. Travailler ensemble, les différents métiers du BTP savent déjà le faire. Ils savent échanger des plans et intervenir les uns à la suite des autres. Toutefois, travailler ensemble de manière collaborative, en utilisant l'outil qu'est la maquette numérique est une autre paire de manches. Il s'agit là d'une révolution culturelle, qui ne met pas en cause fondamentalement les savoir-faire métier, mais impacte ceux-ci par une nouvelle façon de les mettre en œuvre et un élargissement des compétences, particulièrement pour ce qui touche au numérique.

2-2 De nouveaux outils métiers

Les outils métiers ont également évolué. Ils permettent de passer du dessin 3D d'objets à construire à la modélisation 3D d'objets volumiques embarquant des informations attributaires gérées en base de données et une « intelligence » adaptative.

Par exemple, le métier de dessinateur 2D/3D devient ainsi un métier de modelleur 3D.

En résumé

En résumé

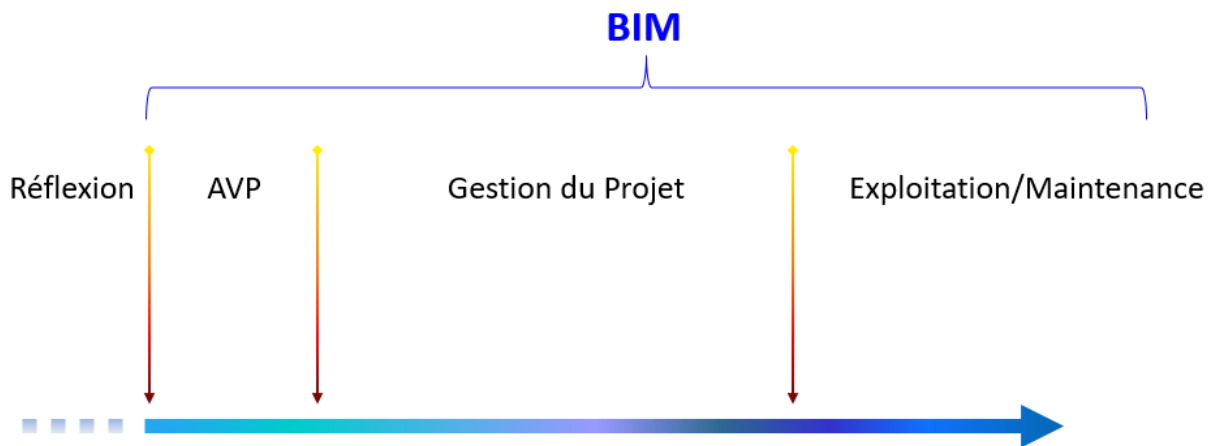
Le BIM (et l'usage de la maquette numérique) permet de :

1. Avoir une meilleure compréhension commune d'un projet constructif
2. Réduire les coûts de construction, en limitant les arrêts de chantier
3. Diminuer les erreurs ou omissions de conception
4. Améliorer la qualité de production
5. Réduire les délais d'exécution
6. Avoir une meilleure communication sur le projet
7. Optimiser l'exploitation/maintenance et réduire ses coûts

2-4 Une anticipation de la gestion du patrimoine

Une nouveauté vient aussi agrémenter la démarche BIM : la prise en compte des métiers de l'exploitation et de la maintenance, dès le lancement d'une opération de construction/rénovation. C'est la démarche BIM qui remet en lumière - et dans la dynamique projet - ces métiers de la gestion de patrimoine, qui n'étaient pas associés à la construction d'un bâtiment ou d'une infrastructure ... qu'ils doivent de toute façon gérer.

Encore une fois, c'est la notion de travail collaboratif qui prévaut, même si les outils de gestion de patrimoine actuels n'intègrent pas encore au mieux la problématique du BIM et de la maquette numérique associée.



(Source : H. Halbout - HC)

2-5 De nouvelles compétences

Ce qui ressort des nombreux échanges que nous avons avec les professionnels du BTP qui s'intéressent au BIM et s'y investissent, c'est qu'il y a un véritable élargissement de leurs compétences. Si le BIM en est une part émergée de l'iceberg, le numérique en est plus fondamentalement la part immergée ... et indispensable. La véritable disruption aujourd'hui (dans le BTP et plus largement dans les entreprises) porte sur l'implémentation, tous métiers confondus, des outils numériques, qui dépassent largement la simple installation d'un ordinateur. C'est un véritable choc des cultures, que les nouveaux outils logiciels et les nouvelles méthodologies de travail collaboratif viennent questionner frontalement.

Par exemple, un dessinateur ne sera plus simplement un professionnel qui maîtrise le dessin en 2D/3D, ce sera quelqu'un qui aura un rôle de modelleur 3D, intervenant sur des maquettes numériques « intelligentes » et qui va, de ce fait, devoir élargir ses compétences actuelles pour entrer peut-être sur une petite partie de celles d'un ingénieur. Les profils de postes sont donc en mutation.

2-6 Les métiers impactés par le BIM et le SIG

- Tous les métiers du bâtiment ... ou presque.
 - Les métiers liés aux infrastructures : génie civil (route, rail, pont, tunnel, ...), voirie, réseaux souterrains (eau potable, assainissement, électricité, tél., fibre optique, ...).
 - Les métiers liés à la géomatique : modélisation 3D du territoire de surface (relief), du sous-sol (géologie, archéologie, réseaux, ...), du sursol (bâtiments, végétation, voirie, hydrographie, ...), cadastre 3D, analyse de données.
- ☐ Les métiers liés au catalogage de données, à l'open data.
 - ☐ Les métiers liés à l'urbanisme, au paysage, aux espaces verts, à l'éclairage public.

- ☐ Les métiers liés à l'archéologie, à l'environnement, à l'aménagement du territoire.
- ☐ Les métiers liés à la gestion de patrimoine, à l'exploitation/maintenance.
- ☐ Les métiers liés à la formation (enseignement professionnel, ingénieurs, ...).

2-7 Les métiers connexes, transverses et complémentaires

- ☐ Les métiers liés au numérique.
- ☐ Les métiers liés à la logistique, à l'automobile, au guidage d'engins.
- ☐ Les métiers liés à l'aéronautique, à la construction navale, à l'aérospatiale.
- ☐ Les métiers liés à la domotique.
- ☐ Les métiers liés à l'acquisition de la donnée : arpentage, LIDAR, scan laser, drones, ...
- ☐ Les métiers liés aux objets connectés, à l'Intelligence Artificielle (IA), à la Blockchain.

Chapitre 3 : Les formats d'échange et l'interopérabilité (BIM & SIG)

3-1 Les données : carburant incontournable

Nous l'avons déjà évoqué dans ce Livre Blanc : la donnée reste la matière première (initiale et transformée) du BIM et du SIG. Son usage pertinent lui donne une valeur ajoutée particulière. Nous l'avons perçu dans notre travail de consultant SIG : une donnée, quelle qu'elle soit a une valeur de fabrication (ou d'acquisition) initiale qui est fixée (la gratuité d'une donnée n'existe pas). Cette valeur peut, en fonction de l'usage qui est fait de la donnée, devenir positive (forte valeur ajoutée) ou négative (moins que sa valeur initiale. C'est bien l'usage(les usages) qui en est (sont) fait, qui va déterminer cette orientation.

3-2 Format d'échange vs interopérabilité

MCD	CityGML	LandInfra	IFC	LandXML
Format	GML, basé sur XML		Step, XML	XML
Schéma	CityGML	InfraGML	Pas connu pour les infras	LandXML
Norme de référence	GML ISO 19136 Conceptual Schema Language: ISO 19103		IFC ISO16739	
Organisme de standardisation	OGC	OGC	BSI	
Date de la première version du MCD	2008	2016	1997	2000
Périmètre	Modélisation villes	Mesures, phase Post-conception	Projet, GMAO	Mesures, phase Post-conception
Echelle	Ville, quartier, région	Projet et environnement projet	Projet	Projet et environnement projet

(Source : MINnD – Extrait du rapport d'expérimentation sur les standards CityGML et InfraGML - juillet 2018)

Le terme « interopérabilité » est souvent utilisé pour parler de l'IFC, qui n'est actuellement qu'un format d'échange. Certes, il permet aux logiciels de communiquer entre eux, toutefois il ne permet pas une véritable interopérabilité. Le producteur (émetteur) d'une maquette numérique doit exporter ses éléments dans le format IFC, pour que l'utilisateur (récepteur) qui reçoit ce fichier IFC puisse l'importer dans son propre environnement logiciel, différent de celui de l'émetteur.

Cela signifie bien qu'il y a, à un instant « T » trois versions différentes du même fichier 3D. Garder une traçabilité exploitable dans la mise à jour de ces fichiers dupliqués devient un véritable challenge.

La duplication va à l'encontre de l'interopérabilité, qui permet justement (comme dans les serveurs spatiaux du SIG) de s'affranchir des formats éditeurs et d'échanges, pour ne conserver qu'un format « neutre », sous forme de base

de données, accessible par quelque logiciel que ce soit. C'est sur ce thème que travaillent aujourd'hui les plateformes collaboratives de niveau 3. Nous n'y sommes pas encore, mais l'espoir est permis.

3-3 Le catalogage des données

Le catalogage des données géographiques, de plus en plus présent dans le SIG, est inexistant actuellement dans le BIM, même si la question des métadonnées commence à émerger. Il faut noter aussi que, dans le BTP, un tableur comme Excel reste la colonne vertébrale de nombreux usages métiers et terrain. Nous sommes encore loin des SGBDR du SIG.

Toutefois, le catalogage de données 3D (qu'elles soient territoriales ou liées à un bâtiment, une infrastructure) va vite s'avérer nécessaire, indispensable. C'est juste une question de bon sens. Encore faut-il choisir les modalités du catalogage et les données à cataloguer. Contrairement au SIG, le BTP (et plus particulièrement le bâtiment) gère des bibliothèques d'objets génériques et fabricants qui sont indispensables à la pratique des différents métiers et qui n'ont pas d'équivalent dans le SIG. Les bibliothèques d'objets fabricants sont de véritables catalogues spécifiques, qui interagissent avec les logiciels utilisés dans la démarche BIM, mais qui ne sont pas liés directement au Maître d'Ouvrage. Pourtant, leur connaissance est nécessaire aux professionnels de la gestion du patrimoine.

3-4 Du côté de l'open source

Si l'open source, comme nous l'avons évoqué précédemment, est présent dans le domaine du SIG, il l'est beaucoup moins dans celui de la modélisation 3D, du BIM et plus largement du BTP. Il existe bien quelques initiatives de R&D, qui ne semblent pas encore complètement abouties.

Faut-il assimiler le développement des IFC à une démarche open source ? Oui, si l'on considère que les IFC sont un format ouvert, gratuit, « *openBIM* ». Non, si l'on se réfère à la démarche habituelle d'une communauté *open source*, car le développement des IFC se fait à travers une normalisation/standardisation au sein de *buildingSmart International* et de l'OGC (pour la convergence BIM & SIG).

Chapitre 4 : Analogies et différences BIM & SIG

4-1 Du côté du bâtiment (B)

Le domaine de la construction a acquis une maîtrise certaine dans la conception des bâtiments en 2D, voire dessin 3D. Aujourd'hui, cette compétence a évolué vers la gestion d'objets « intelligents », modélisés en 3D et dans l'interaction entre ceux-ci. L'évolution des outils logiciels et la mise en œuvre du format d'échange IFC a aussi contribué à l'avènement des maquettes numériques. Cela peut expliquer que le BIM se soit développé prioritairement dans le Bâtiment (« B » de BTP), appuyé en cela par des initiatives de l'Etat et une communication nationale soutenue. Pourtant, sans son environnement immédiat (réseaux, voirie, aménagements, etc.) et plus large (insertion dans un quartier, un paysage, etc.) le bâtiment reste un objet constructif isolé.

4-2 Du côté des infrastructures (TP)

Aujourd'hui, le BIM pénètre logiquement le domaine des infrastructures (routes, rail, pont, tunnel, etc.) et, à ce titre, le format d'échange de données s'appuie sur un modèle similaire à celui du bâtiment, à savoir l'IFC. Cela nécessite bien évidemment un certain nombre d'adaptations spécifiques aux infrastructures. Il est à noter que, contrairement à la culture initiale de la conception des bâtiments, les infrastructures travaillent depuis de quelques années déjà avec des données terrain géolocalisées et des modélisations 3D permettant une meilleure gestion avant et pendant les chantiers (calculs en longs, profils divers, etc.). D'ailleurs le volume de données ne cesse de croître avec la mise en œuvre de nouveaux systèmes d'acquisition de données « en masse ».



Par contre, le BIM n'a jusqu'à présent, que très peu pénétré le domaine du SIG, même si celui-ci s'intéresse depuis une dizaine d'années déjà à la modélisation 3D territoriale.

4-3 Du côté du SIG

Le BIM n'a jusqu'à présent, que très peu pénétré le domaine du SIG, même si celui-ci s'intéresse depuis une dizaine d'années déjà à la modélisation 3D territoriale. Il existe des groupes de réflexion qui travaillent activement sur ce sujet du rapprochement (Projet National MINnD, GT CNIG). Certains éditeurs proposent également des solutions techniques pour faciliter les échanges de données (Autodesk, Esri, Bentley, RhinoTerrain, Vianova, etc.).

4-4 Le point de convergence

Le point commun essentiel (qui de fait, est partagé par le SIG, le bâtiment et les infrastructures) sont les données, qui pour chacun des acteurs, sont souvent géographiques. Nous parlons bien ici de « données » qui ont à la fois un rôle de contenant (représentation cartographiques en 2D ou sous forme d'objet modélisé en 3D) et de contenu (informations attributaires, métadonnées).

Le tableau ci-après présente quelques analogies/différences entre SIG et BIM :

	SIG 2D	SIG 3D	BIM
Les outils très techniques, de spécialistes : Production/paramétrage Requêtage Visualisation (web et viewer)	oui oui non	oui oui non	oui oui non
La démarche fédératrice (transversale)	oui	non	non ⁽¹⁾
Les compétences en évolution	oui ⁽²⁾	oui	oui
Les formats d'échanges	non	oui ⁽³⁾	oui
L'interopérabilité	oui ⁽⁴⁾	non	non
Les données, un enjeu majeur, en terme de : Disponibilité Structuration Partage et mutualisation	oui oui oui	oui oui oui	oui oui oui
Le coût élevé pour les données, en : Acquisition Mise à jour	en baisse oui	oui oui	oui oui ⁽⁵⁾
Les niveaux de détail (LOD)	oui	oui	oui
Le catalogage des données	oui	non ⁽⁶⁾	non
Les plateformes d'échanges : Partage de données Collaboratives	oui non	non ⁽⁷⁾ non	oui en cours
Permet l'analyse et l'aide à la décision	oui	oui	oui
Permet l'exploitation et la maintenance	oui ⁽⁸⁾	non	oui ⁽⁹⁾

(Source initiale du tableau : MINnD - Livrables du Thème 1 - 2018)

Les notes mentionnées en exposant dans ce tableau, renvoient aux commentaires de la page suivante.

(1) la démarche BIM, après une première limitation au Bâtiment, s'ouvre aujourd'hui sur d'autres domaines, tels que les Infrastructures et le SIG.

(2) les métiers du SIG sont déjà bien connus et se sont structurés au fil du temps et des pratiques. Ils continuent à évoluer, particulièrement sur le sujet

de la gouvernance de l'information géographique (data chief officer, par exemple).

(3) les données des modélisations 3D s'échangent aujourd'hui à travers un format qui est le CityGML. Toutefois, la superposition dans une modélisation 3D de données cartographiques 2D se fait par « drappage » et il n'est alors pas nécessaire d'utiliser ce format d'échange.

(4) le SIG connaît bien l'interopérabilité (qui est différente de la notion de format d'échange). Le développement des « serveurs spatiaux » a permis au SIG de s'affranchir des formats propriétaires ... et des formats d'échanges (même si ceux-ci sont toujours en vigueur). Le format IFC, lui, est un format d'échange, ce n'est pas encore l'interopérabilité (telle que définie dans le niveau 3 du BIM).

(5) l'acquisition de données massives amène une certaine diminution des coûts. La mise à jour reste toutefois un poste à coût élevé, qui peut, dans certains cas (trop de détails par exemple) être vite chronophage.

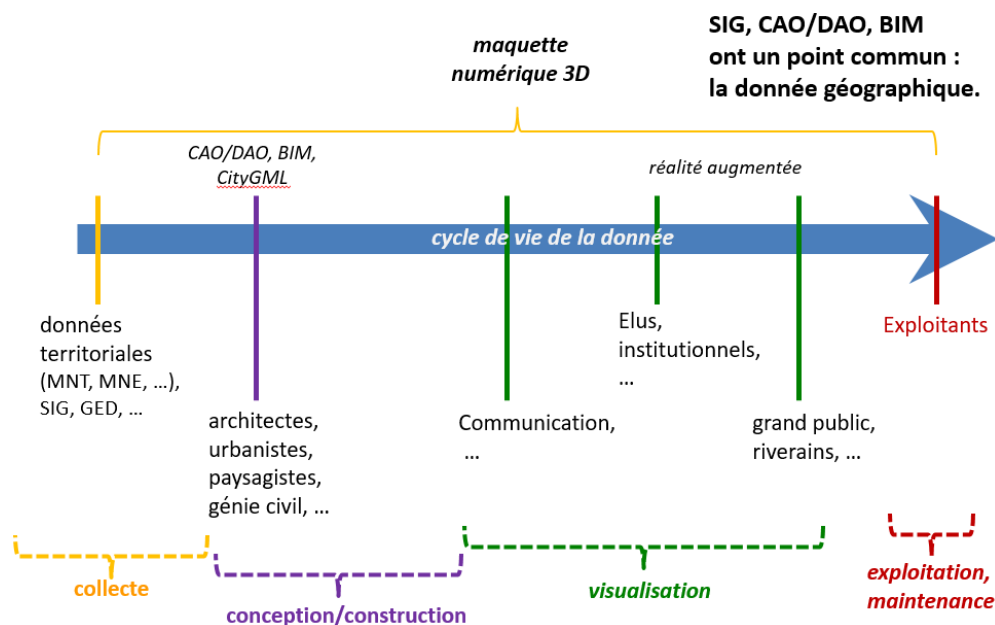
(6) le catalogage de données est devenu une obligation pour le SIG (Directive INSPIRE), au moins pour les données produites en 2D. Ceci étant, la Directive couvre aussi la production de données en 3D et il va falloir que le SIG y vienne. Cette Directive ne s'applique pas directement au BIM. Toutefois le catalogage/métadonnées est une simple question de bon sens.

(7) pour le SIG, les plateformes de mutualisation/partage existent dans toutes les Régions de France. Pour le BIM, elles commencent à se développer, pour passer du partage à la collaboration.

(8) le SIG produit peu de cartographie pour l'exploitation et la maintenance, ce n'est pas son rôle premier, plutôt tourné vers la visualisation, l'analyse, l'aide à la décision, etc. Toutefois, la gestion routière, par exemple, utilise la cartographie 2D pour l'exploitation et la prospective du réseau.

(9) commence juste à être expérimenté dans le domaine du bâtiment et des infrastructures.

(Source : H. Halbout - HC)

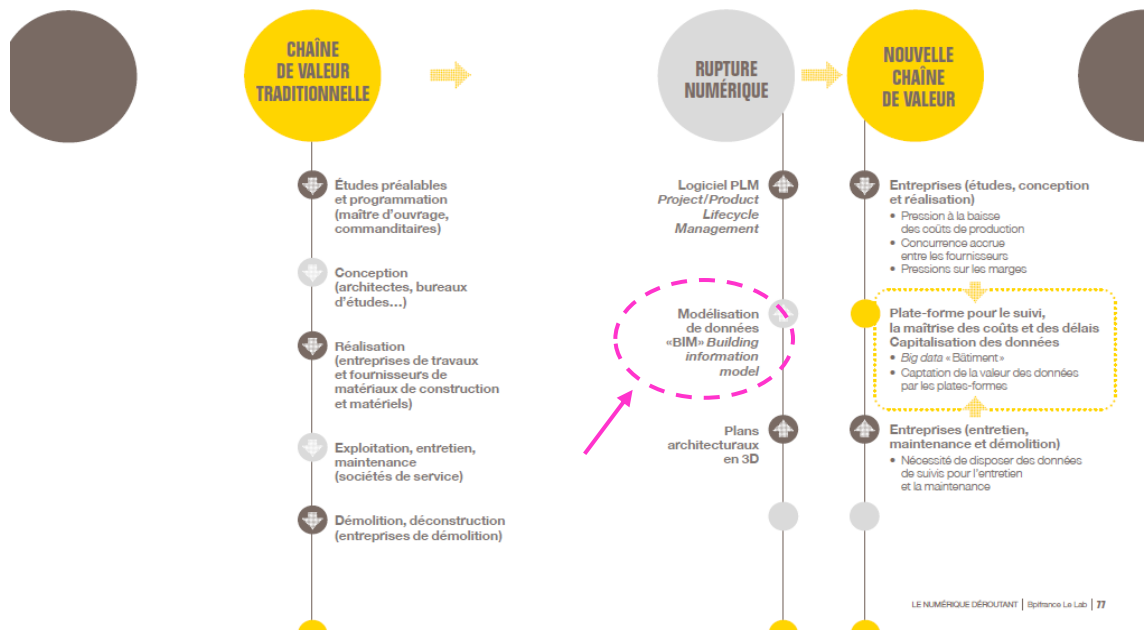


Chapitre 5 : La complémentarité des pratiques et la convergence des formats

5-1 Quelle (r)évolution dans le BTP ?

Une étude de 2015, réalisée par Bpifrance, mentionnait déjà une « nouvelle chaîne de valeur » dans le Bâtiment, en évoquant une « Rupture numérique » liées au BIM et à la modélisation 3D.

Bâtiment : la nouvelle chaîne de valeur



(Source : Le numérique déroutant | Bpifrance Le Lab - 02/2015)

La mise en œuvre par l'État français du PTNB (Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment, en janvier 2015 (avec une dotation financière de 20 M. d'euros) a permis de lancer véritablement le sujet du BIM pour, en poursuivant « trois objectifs :

- expérimenter, capitaliser, convaincre et donner envie de s'approprier le numérique dans le quotidien de l'acte de construire ;
- **permettre la montée en compétences des professionnels du bâtiment** autour du numérique et le développement d'outils adaptés à tous les chantiers en privilégiant les objectifs de massification pour le déploiement et en accordant une attention toute particulière aux solutions BIM pour les petits projets ;
- **développer un écosystème numérique de confiance** en encourageant les travaux de normalisation et permettre ainsi l'interopérabilité des outils et logiciels. »

(source : <http://www.batiment-numerique.fr/PTNB/presentation.htm>)

C'est à cette époque-là qu'avait été évoquée une possible/probable réglementation française sur le BIM, à l'horizon de 2017 (cf. Conclusion de ce Livre Blanc).

5-2 Quelques acteurs du BIM et du SIG en France

Le schéma ci-après représente, en dehors de l'initiative toujours en cours dans le Bâtiment (PTNB et son prolongement BIM 2022), d'autres organismes et projets qui s'intéressent également au BIM et, par voie de conséquence à la complémentarité/convergence avec le SIG.

(Source :
sites web



MINnD – Retenons que si le PTNB s'est avéré une initiative pertinente (émanant à la fois des pouvoirs publics et des professionnels), celle-ci a été exclusivement orientée ... vers le Bâtiment. Les infrastructures ont été oubliées dans cette démarche.

Elles ne sont toutefois pas restées en retrait. Une initiative privée a vu le jour, sous la forme d'un projet national (PN) de recherche : MINnD (Modélisation des Informations Interopérables pour les Infrastructures Durables).

« Le Projet National MINnD est un projet de recherche collaborative lancé en mars 2014, qui a pour objectif de favoriser le développement du BIM (Building Information Modelling) pour les infrastructures, *en améliorant la structuration des données des projets, pour des échanges et partages des informations plus efficaces*. MINnD mobilise un grand nombre d'acteurs ayant des activités liées à la conception, la construction et l'exploitation d'infrastructures. » (source : www.minnd.fr).

(Source : MINnD)



Ce PN a produit de nombreux livrables sur des thématiques variées liées à l'implémentation du BIM et des IFC dans les infrastructures : Revue de projet, Compétences, IFC Rail, IFC Road, IFC Tunnel, IFC Bridge, BIM & SIG, Structuration des données, Aspects légaux et contractuels, etc. Ces livrables

sont prévus pour être en libre accès prochainement, sur le site web de MINnD.

buildingSMART France / Mediaconstruct (chapitre francophone de buildingSMART International)

« *accompagne tous les professionnels dans l'appropriation des process et des technologies numériques interopérables liées au BIM. Avec l'openBIM, bSFrance soutient également la transition numérique du secteur de la construction dans une optique de continuité numérique, condition nécessaire à l'Industrie 4.0.* » (source : www.buildingsmartfrance-mediaconstruct.fr).

De nombreux échanges ont lieu entre bSF et MINnD, car nous retrouvons des acteurs professionnels qui suivent les deux initiatives.

OGC - L'Open Geospatial Consortium « est une organisation internationale à but non lucratif fondée en 1994 pour répondre aux problèmes d'interopérabilité des systèmes d'information géographique (SIG). » (source : <http://www.opengeospatial.org/>). L'OGC travaille à l'élaboration des standards et spécifications de l'OpenGIS. La question de la complémentarité SIG et BIM est devenu l'un de leur sujet pratique de réflexion et de mise en œuvre.

CNIG - Le Conseil National de l'Information Géographique est bien connu dans le monde du SIG, pas du tout dans celui du BTP. Il a « *pour mission d'éclairer le Gouvernement dans le domaine de l'information géographique, notamment pour ce qui concerne la coordination des contributions des acteurs concernés et l'amélioration des interfaces entre ces derniers. Il prend en compte les besoins exprimés et en particulier les besoins des utilisateurs. Il peut formuler des avis sur toute question relative à l'information géographique. Il peut être consulté par les ministres concernés sur les projets de textes législatifs et réglementaires ainsi que sur toute question relative à l'information géographique.* ». Il « *regroupe des représentants des ministères, d'établissements publics producteurs, des collectivités territoriales, des professionnels et des personnels des métiers de l'information géographique.* » (source : www.cnig-gouv.fr).

Le CNIG a confié à l'IGN et au CSTB (co-animation), dans le cadre de la Commission Données, la création et le suivi d'un groupe de travail 3D, pour réfléchir à la définition d'un Géo-standard 3D. Extrait de l'ordre de mission : « *À l'origine, plutôt destinées à des usages de type communication, les maquettes numériques 3D voient dorénavant leurs utilisations se développer et se diversifier dans les domaines de la médiation urbaine, de l'aide à la décision et de la simulation prédictive : urbanisme, droits des sols, patrimoine, risques naturels, énergie, réseaux, voirie, circulation, sécurité, éclairage public, espace vert, aménagement, climat, etc., sont autant de secteurs qui sous-tendent des services d'analyse avancée des données 3D mais qui disposent de spécificités métiers fortes.* » (source : http://cnig.gouv.fr/?page_id=17535).

AFIGÉO - L'Association Française pour l'Information Géographique a pour objet de « *concourir au développement du secteur de l'information géographique, en France et à l'international.* » (source : www.afigeo.asso.fr). Si cette association est aussi connue des géomaticiens français que le CNIG, elle l'est beaucoup moins dans le domaine du BTP, par exemple. La question de la modélisation 3D est assez peu prégnante dans les différents groupes de travail et le BIM n'est que rarement abordé, pour le moment. La question de la convergence SIG et BIM émerge tout juste et plutôt à travers les travaux du CNIG. Il nous semble toutefois que l'AFIGÉO reste un acteur important de la réflexion qui est menée actuellement sur le thème de la complémentarité BIM/SIG.

BIM World Paris - Il s'agit aujourd'hui du principal Salon consacré au BIM. Devenu le Salon de référence sur le sujet en France et en Europe, il s'intéresse depuis quelques années déjà à des problématiques comme les SmartCities, SmartTerritories, la construction, l'exploitation/maintenance, le développement durable, les données ou encore le SIG, pour ne citer que ces quelques exemples. Signe d'une évolution certaine sur ce dernier point, Esri France était présent, avec Autodesk, cette année encore, sur ce Salon. Ce n'est bien sûr pas le seul éditeur logiciel ayant animé un stand, mais c'était l'un des seuls dont l'activité est avant tout dédiée au SIG.

5-3 Les pratiques métiers du BTP et celles du SIG

Nous abordons ici le sujet de l'organisation humaine, des procédures métiers et de la satisfaction aux exigences d'une maîtrise d'ouvrage. En cela, les métiers du BTP et du SIG sont différents.

Dans l'absolu, il n'y a rien d'anormal à cela :

- Dans le BTP, la réalisation d'une infrastructure (bâtiment, route, réseaux, ...) met en pratique un large panel de compétences allant de la conception à l'exploitation, en passant par une phase de construction importante qui s'implémente directement sur le terrain. Les métiers qui interviennent sont aussi nombreux.

L'échelle de travail est restreinte : de la grande échelle pour une construction de bâtiments à une échelle plus petite, certes, pour des constructions linéaires de grande ampleur (autoroute, Tgv, ...), mais avec une emprise territoriale globalement plus limitée.

Dans le SIG, la palette des métiers est plus restreinte : Responsable SIG, administrateur SIG, Chef de projet, Technicien, Cartographe, *Data Chief Officer*, ...

L'échelle de travail va de la petite échelle à la grande échelle, d'un territoire très vaste à la gestion d'un quartier, voire d'une rue ou d'une parcelle.

5-4 Complémentarité et/ou convergence

Le texte ci-après est sourcé du livrable du Thème 1 du Projet National MINnD (saison 1) « Convergence et complémentarité BIM & SIG ». (Référence en Annexe 3 de ce Livre Blanc)

Ces deux notions ont des sens différents et leur mise en pratique est, de ce fait, différente. La convergence porte les sens de « point de rencontre », de « réunion », voire de « concentration » (notion différente de l'interopérabilité), alors que la complémentarité porte plutôt le sens « d'interaction ».

Deux questions peuvent être posées aujourd'hui :

- Comment travailler ensemble, lorsque l'on a développé des savoir-faire et des spécificités métier particuliers, chacun de son côté ?
- Faut-il parler de convergence ou de complémentarité, pour évoluer vers un modèle partagé/partageable ?

Travailler ensemble : la question ne devrait plus se poser, tant l'usage du numérique dans tous les métiers pousse vers le partage de la connaissance et la collaboration.

Le point commun entre SIG et BIM est le territoire, à la fois comme enjeu d'aménagement et comme point de médiation.

La convergence aujourd'hui apparaît principalement comme étant technique (convergence des normes) : il faut harmoniser, standardiser les formats d'échanges, pour que les données des uns et des autres puissent circuler facilement et simplement d'un projet à l'autre, dès lors qu'ils sont réalisés avec des applications éditeurs différentes.

Il est important de travailler à la standardisation des formats de données et cela devrait aboutir à termes vers une véritable interopérabilité (comme celle du SIG). Cela reste toutefois insuffisant, car le côté technique ne prend pas en compte le facteur organisationnel, la gestion des compétences et le facteur humain.

La complémentarité est probablement le meilleur (et le seul ?) chemin à prendre, (tout en travaillant parallèlement sur la convergence), car elle peut déboucher sur un modèle de collaboration gagnant/gagnant, bénéfique pour chacun des domaines concernés. Pour appuyer cet argument et à titre d'exemple, observons d'un peu plus près le rapprochement/partenariat récent (2018) entre deux éditeurs, chacun leader mondiaux dans leur domaine respectif : ESRI pour le SIG et Autodesk pour la CAO/DAO et le BIM. Autodesk s'est intéressé très tôt à la modélisation 3D, à travers ses outils dédiés aux effets spéciaux et au domaine industriel et CAO/DAO. La 3D est ainsi devenue native dans la plupart des outils de l'éditeur.

ESRI, de son côté, a développé un savoir-faire reconnu dans le domaine du SIG 2D. Le passage vers le SIG 3D, s'est fait assez récemment, avec l'acquisition externe du logiciel CityEngine, intégré progressivement par l'éditeur dans son logiciel phare ArcGIS Pro.

Le rapprochement entre Autodesk et ESRI sur le sujet de la convergence BIM & SIG de leurs outils respectifs nous semble signifiant sur plusieurs points :

- Les deux éditeurs ont décidé mettre de côté leur concurrence habituelle, pour développer une synergie commune sur ces points-là (collaboration).
- Le travail se fait techniquement (dans un premier temps) à travers leurs plateformes « intégratives » : ESRI peut intégrer nativement un fichier au format Revit sur ArcGIS Online et Autodesk peut intégrer nativement un fichier ArcGis dans InfraWorks, son agrégateur de données 2D/3D.
- L'évolution du marché du numérique et particulièrement avec le BIM n'autorise plus des éditeurs de cette envergure à travailler séparément, sous peine de morceler leur mode de fonctionnement ... et peut-être aussi leurs marges bénéficiaires.

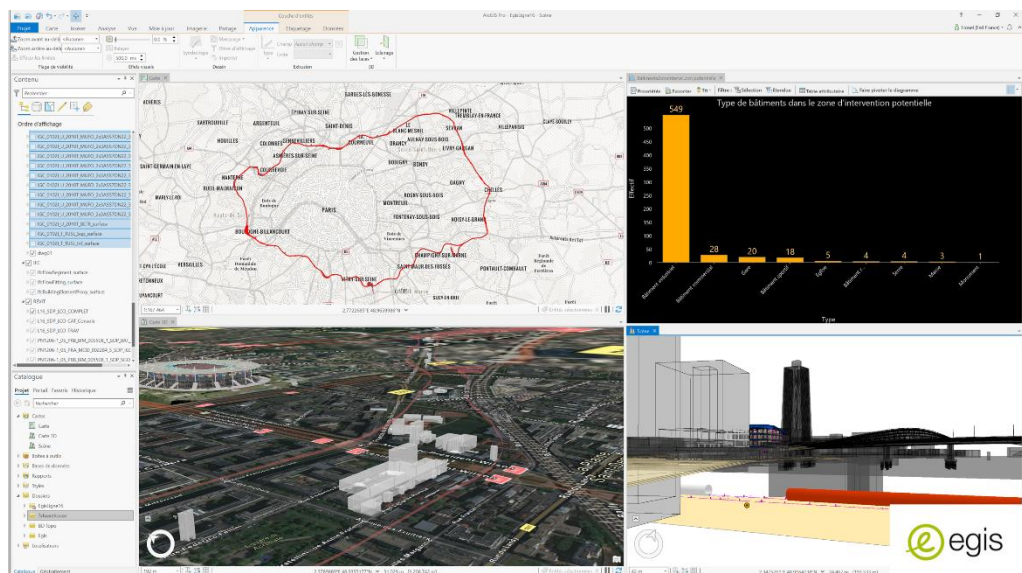


Figure 3 : EGIS, Gare de Saint Denis Pleyel, Ligne 16 du Grand Paris. Intégration BIM Revit, IFC, DWG 3D dans un contexte géographique. Remerciements @Bénédicte Authié @Lionel Fabre

Il est possible de parler d'interopérabilité entre Autodesk et Esri, qui ont décidé de travailler ensemble leurs développements logiciels pour que leurs utilisateurs puissent échanger des données facilement et sans se préoccuper d'une question de format. Toutefois, cette forme d'interopérabilité reste limitée à deux éditeurs, qui savent lire/écrire (et c'est déjà important) dans leurs formats respectifs.

L'arrivée de données issues d'objets connectés, par exemple, rebat les cartes habituelles du jeu concurrentiel, y compris dans des domaines qui peuvent sembler annexes, alors qu'ils sont plutôt connexes. Des quantités importantes de données (géographiques ou non) viennent s'interconnecter/s'interfacer avec les domaines du SIG et du BIM (cf. Chapitre 6).

Si le SIG (dans le cadre des représentations cartographique en 2D) a beaucoup traité de la production des données géographiques, de leur structuration, de leur mise à jour, de leur partage/mutualisation, de leur interopérabilité, de leur catalogage/normalisation et aujourd'hui de leur mise en *open data*, il n'a toutefois que peu abordé réellement et en profondeur la notion d'objet 3D « intelligent ». Nombre de modélisations 3D ont été réalisées avant tout pour répondre à des besoins de communication, de concertation, de présentation de projets et non pour des besoins d'analyses territoriales.

Il ressort de ce tour d'horizon que ces domaines ont longtemps fonctionné en silo, même si la notion de transversalité est bien intégrée dans le SIG. Cela tient probablement à la culture initiale différente de chacun (formation, outils techniques, procédures de travail, canaux de communication, ...). Pour évoluer, il s'agit donc de mettre en œuvre une autre forme de transversalité, plus collaborative et une gouvernance commune, qui ne remettent pas en cause nombre de spécificités métiers des uns et des autres, mais qui permettra de communiquer et d'échanger dans le cadre de projets territoriaux nécessairement communs, car devant être gérés ensemble dans un même espace géographique.

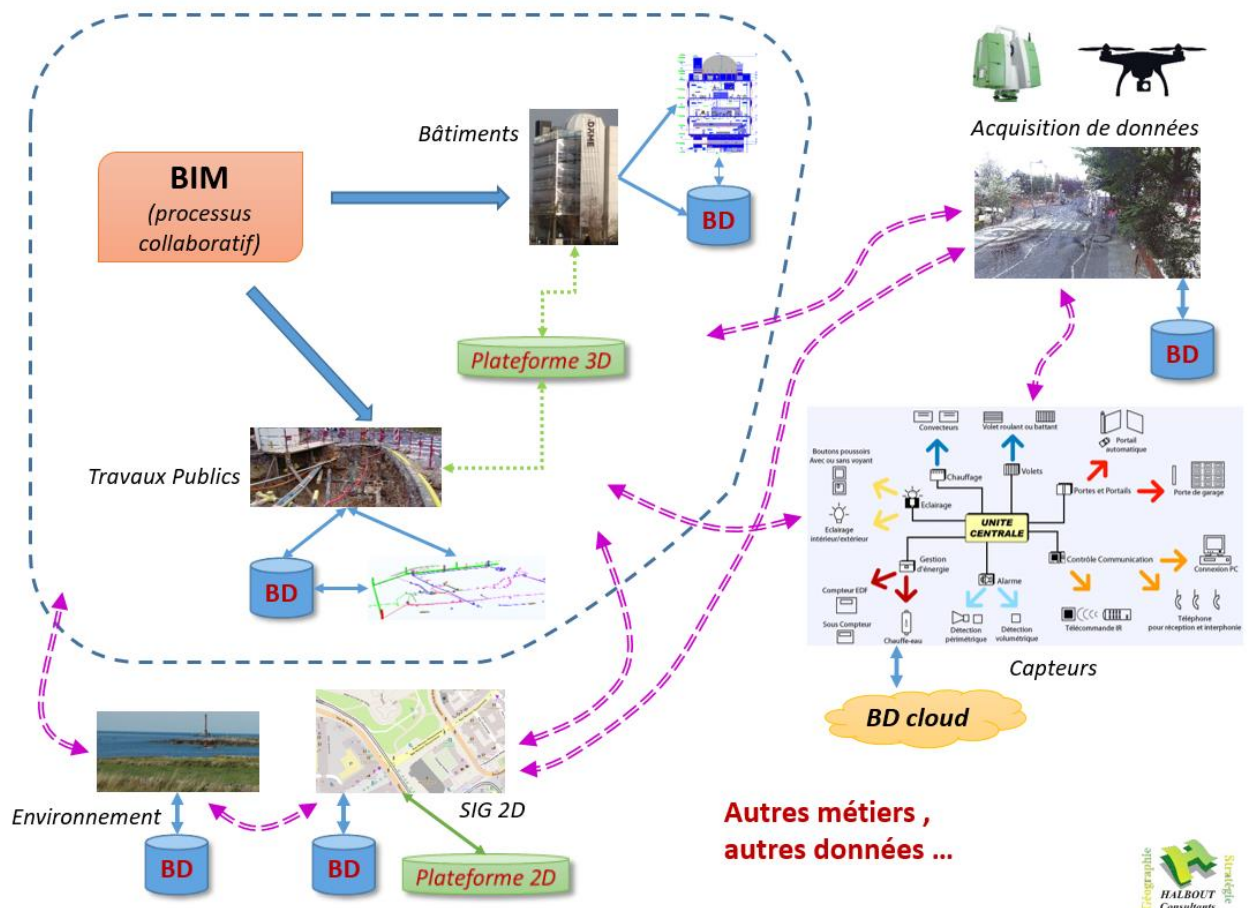
Les portes s'ouvrent donc entre SIG et BIM, les cloisons des silos deviennent transparentes, ... mais une cloison, même transparente, reste une cloison ! Nous ne sommes pas encore tout à fait à l'ère de l'*open space*.

Le BTP a également besoin de faire le tri de son côté. Si le BIM apporte la notion de collaboration et les usages liés à la maquette numérique, il n'empêche que la gestion des données reste un domaine largement perfectible. C'est d'ailleurs ce que souligne Nicolas Mangon (Autodesk) dans un article récent (06/08/2018) : « *Un fait malheureux de l'industrie de l'AEC (architecture, ingénierie et construction) est qu'entre chaque étape du processus - de la planification et de la conception à la construction et à l'exploitation - des données critiques sont perdues. [...] Lorsque vous déplacez des données d'une phase à l'autre du cycle de vie utilisable d'un pont, par exemple, vous finissez par faire la navette entre des systèmes logiciels qui ne reconnaissent que leurs propres ensembles de données. Dès que vous traduisez ces données, vous en réduisez la richesse et la valeur.* ».

Promouvoir l'open BIM à travers un format d'échange comme l'IFC est une démarche constructive. Il n'en reste pas moins que l'IFC représente un format d'échange et non une véritable interopérabilité, même si ce terme est régulièrement utilisé pour l'IFC (cf. Chapitre 3-2).

Chapitre 6 : Les autres "mondes", entre interfaçage et complémentarité (IoT, IA, ...)

Si le BIM est bien un processus collaboratif de travail, c'est aussi une nouvelle manière de produire, collecter, utiliser, gérer, partager des données en provenance de métiers très différents (bâtiments, infrastructures, capteurs, IoT, gestion de patrimoine, SIG, etc.) et cela sur un même territoire ou dans le cadre d'un même projet.



(Source : H. Halbout - HC)

Le schéma ci-dessus résume quelques-uns des principaux apports de données externes qui sont susceptibles d'alimenter ou de s'interfacer avec les données du BTP (BIM et maquette numérique). L'existence de BD (bases de données) est devenue systématique dans tous ces domaines (même si, dans le BTP, le logiciel le plus utilisé reste encore ... Excel).

C'est sans doute là que la notion de « plateformes interopérables » va prendre tout son sens.

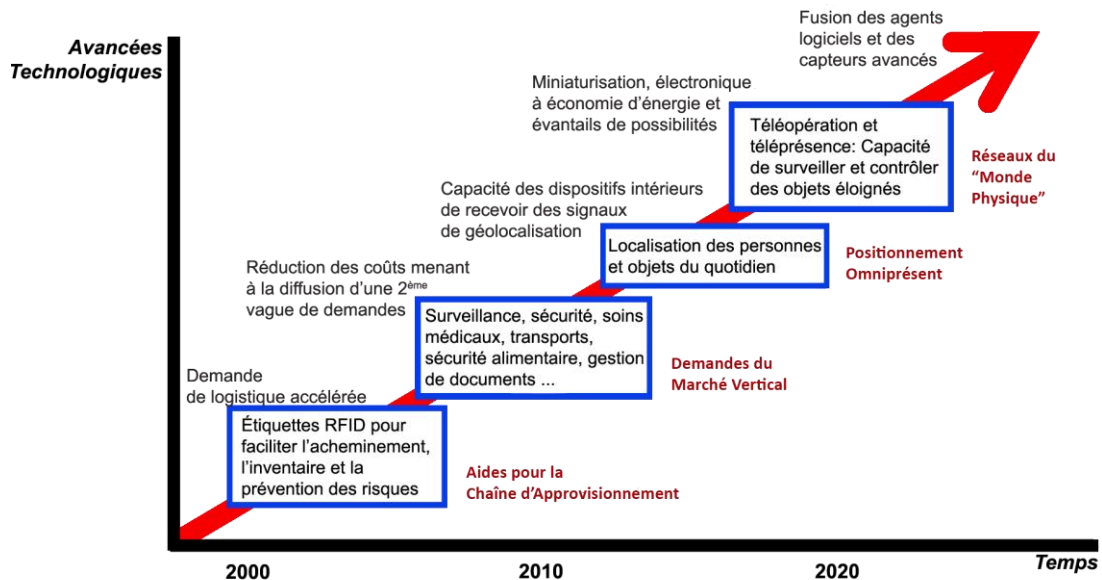
6-1 L'IoT

L'internet des Objets (IdO), plus connu sous le sigle IoT (Internet of Things) « est l'interconnexion entre Internet et des objets, des lieux et des environnements physiques. L'appellation désigne un nombre croissant d'objets connectés à Internet permettant ainsi une communication entre nos biens dits physiques et leurs existences numériques. Ces formes de connexions permettent de rassembler de nouvelles masses de données sur le

réseau et donc, de nouvelles connaissances et formes de savoirs. Considéré comme la troisième évolution de l'Internet, [...] l'Internet des objets revêt un caractère universel pour désigner des objets connectés aux usages variés, dans le domaine de l'e-santé, de la domotique ou du quantified self. » (source wikipedia)

Le schéma ci-après représente une synthèse de l'évolution de la technologie :

Historique de la Technologie: la Connectivité des choses



Source: SRI Consulting Business Intelligence

Nous assistons là à un élargissement exponentiel de la production de données, contenant pour la plupart des informations qui peuvent être aussi bien techniques que personnelles. Et cette production est devenue massive (*big data/massive data*), avec une constante de géolocalisation. Ces données aujourd'hui, n'intègrent pas encore les SIG territoriaux. Elles commencent toutefois à impacter le BTP, à travers de nouveaux usages des maquettes numériques d'exploitation. Un exemple expérimental a d'ailleurs été présenté lors du dernier Salon BIM World Paris, dans une Session consacrée à la « Convergence GTB, Smart building et BIM » (expérimentation en cours menée par Habitat 76, Bouygues BGO et Stéréograph).

D'autres expérimentations sont également menées dans le domaine agricole, dans celui de la santé, de l'énergie ou de l'environnement.

6-2 L'Intelligence Artificielle

C'est un sujet dont il est régulièrement question actuellement, alors qu'il n'a rien de récent. Comme le fait remarquer Christian Carolin (Axes Conseil) dans son article « *SIG et intelligence artificielle : quels développements et quel futur ?* » (Réf. en Annexe 3 – Bibliographie) : « *Il existe de nombreux projets mixant les fonctionnalités natives SIG à des moteurs IA. Les objectifs du couple SIG/IA sont généralement : l'amélioration de la qualité des résultats d'analyse, permettant une meilleure aide à la décision ; la progression des interprétations, dans un contexte prédictif ; la limitation des risques en amont des prises de décision.* » Environnement, géologie, prospection minière, sécurité, occupation du sol, agriculture, etc. sont autant de domaines en exploration/expérimentation avec l'IA. Toutefois, « *Le couple SIG/IA est balbutiant. [...] de nombreuses applications couplant SIG et IA faible [avec décision humaine] sont déjà disponibles, mais amenées à progresser et se développer. La « Géo IA forte » reste à venir.* ». Il ne faut pas non plus oublier « *les risques potentiels inhérents à l'IA autonome* » et les questions d'éthique qui se posent.

6-3 La blockchain

« Une (ou un) *blockchain*, ou chaîne de blocs est une technologie de stockage et de transmission d'informations sans organe de contrôle. Techniquement, il s'agit d'une base de données distribuée dont les informations envoyées par les utilisateurs et les liens internes à la base sont vérifiés et groupés à intervalles de temps réguliers en blocs, formant ainsi une chaîne³. L'ensemble est sécurisé par cryptographie. Par extension, une chaîne de blocs est une base de données distribuée qui gère une liste d'enregistrements protégés contre la falsification ou la modification par les nœuds de stockage ; c'est donc un registre distribué et sécurisé de toutes les transactions effectuées depuis le démarrage du système réparti. » (source : Wikipedia).

Cette technologie touche aujourd'hui de nombreux domaines métiers, comme la banque, la santé, l'assurance, etc. ... et aussi les données géographiques. L'OGC s'intéresse de près à ce sujet.

INTEROPÉRABILITÉ ...

... des **Territoires** : géolocalisation et complémentarité

... des **Données** : connaissance, échanges & partage

... des **Métiers** : collaboration



(source : H. Halbout)

Conclusion

Conclusion : BIM & SIG, une interopérabilité au-delà des formats

La transformation numérique, facteur de disruption

Lorsque nous parlons de BIM et de SIG, ce qui est mis avant tout en avant est la notion de « Systèmes d'information numériques ». Pour l'un, il s'agit d'un « Système à composante collaborative », pour l'autre d'un « Système à composante géographique ». Les technologies utilisées sont bien au service de ces Systèmes et non ce qui doit les conduire. Même si les métiers gardent un savoir-faire important, l'évolution des logiciels permet aujourd'hui de faciliter des tâches et d'effectuer des analyses qu'il était compliqué de réaliser auparavant. Il convient toutefois de replacer la technologie à sa vraie place, au service des utilisateurs et non l'inverse. Dans un logiciel, quel qu'il soit, des fonctionnalités développées sans réelles demandes métiers apportent peu de valeur ajoutée à ceux-ci.

Il convient également, au-delà du BIM et du SIG, de replacer le numérique au centre des métiers d'aujourd'hui ... et de demain, car la révolution évoquée pour le BIM est avant tout une assimilation des outils numériques (tous métiers confondus) pour l'ensemble des professionnels (et des particuliers). Pour une entreprise (TPE ou PME) du BTP qui s'intéresse au BIM, il y a bien sûr une composante matérielle et logicielle à prendre en compte, toutefois le numérique impacte aussi plus largement la gestion au quotidien de celle-ci (dématérialisation des marchés publics, facturation électronique, RGPD, etc.). La digitalisation des métiers est déjà bien avancée et elle va continuer. Si elle peut apparaître annexe dans le SIG, elle est bien un facteur de rupture dans les métiers du BTP.

Une réglementation en devenir (ou presque)

Une annonce qui a fait long feu

L'évocation d'une réglementation française pour le BIM, qui devait être imposée ... en 2017 a fait long feu. C'est plutôt une bonne chose, car cela permet à l'ensemble des professionnels (publics et privés) de monter parallèlement en compétence, particulièrement sur le BIM. Imposer de manière verticale une réglementation aurait probablement bloqué tout le système et inhibé nombre d'initiatives qui, si elles ne sont pas toutes pertinentes, permettent au moins de tester des solutions possibles. Cela permet aussi de laisser du temps aux travaux de normalisation, qui vont permettre à terme, à défaut de parler un langage unique, de pouvoir échanger des informations sans craindre une perte (même minime) de celles-ci.

Et puis la réglementation (avant de venir de la législation) est en train, petit à petit, de s'imposer par les cahiers des charges de Maîtres d'Ouvrages, par exemple. En mentionnant dans leurs CCTP qu'il est nécessaire de travailler en mode BIM, de fournir des informations métiers superposables à une maquette numérique produite par la Maîtrise d'Œuvre, cela ressemble à une obligation de fait.

Un rôle déterminant pour la Maîtrise d'Ouvrage

Le problème résiduel actuel porte sur le niveau de compétence des Maîtres d'Ouvrage (MO) qui produisent des cahiers des charges de qualité très disparate : certains CCTP sont si succincts qu'ils laissent libre court à toutes les interprétations possibles, d'autres sont si détaillés, qu'il devient plus difficile d'y répondre. Le juste milieu n'est pas encore de mise sur chaque projet. Il y a une nécessité de montée en compétence de la Maîtrise d'Ouvrage sur le BIM et ce qu'il peut apporter. La qualité d'une opération menée en BIM repose avant tout sur la qualité de la demande du MO et non pas simplement sur ce que va demander/produire la Maîtrise d'Œuvre (MOE). C'est bien sûr tout le sens de la Charte BIM que doit rédiger le MO et, surtout, il doit se l'approprier en fonction de son contexte métier (le plus souvent exploitation/maintenance) et non pas se contenter d'un texte issu d'un copier-coller d'un autre document similaire. La mise en œuvre d'une démarche BIM relève d'une réflexion approfondie avec tous les acteurs concernés du MO, permettant de définir une stratégie sur le temps long. En d'autres termes, produire un cahier des charges BIM, non maîtrisé, s'avérera toujours contreproductif pour le MO (qui n'aura pas toujours la capacité professionnelle à vérifier ce qui a été produit) et frustrant pour la MOE, ainsi que pour les différents corps d'état qui se sont investis sur le sujet.

Le BIM : y passer ou y rester

La question ne devrait pas se poser. Il ne s'agit plus de savoir s'il faut « passer au BIM » ou non, mais plutôt Quand ? et Comment ? La révolution numérique en cours dans les entreprises du BTP est irréversible. Nous sommes également à une charnière générationnelle qui va voir une nouvelle génération de professionnels s'emparer plus naturellement des outils numériques à leur disposition pour mener à bien leurs objectifs métiers. Utiliser une maquette numérique va lui sembler juste évident, de même (nous l'espérons) que le mode de travail collaboratif. Il n'en reste pas moins que le travail des compagnons sur les chantiers reste une force incontournable, que le numérique peut difficilement remplacer.

BIM & SIG : « Sans collaboration, point de salut ! »

Les plateformes collaboratives

Dans le domaine du BIM, il est souvent évoqué la question des plateformes collaboratives, particulièrement pour le niveau de maturité 3, qui devrait représenter à terme l'équivalent du « serveur spatial » utilisé dans les SIG. Il ne devrait alors plus être nécessaire d'utiliser un format comme l'IFC ou les outils d'un seul éditeur, pour travailler sur une maquette numérique unique. La notion de collaboration, y compris technique, prendra ainsi tout son sens.

Il existe déjà des plateformes collaboratives développées par certains éditeurs, cependant elles nécessitent le plus souvent, de disposer principalement des outils de celui-ci, pour atteindre un bon niveau de performance. D'autres, développées de manière indépendante, sont également aujourd'hui disponibles. Ce qui peut caractériser ces plateformes, c'est que leur objectif est avant tout la mise en œuvre d'un travail collaboratif (BIM), qui, de ce fait inclut automatiquement les notions de mutualisation/partage de données.

Dans le cadre du Projet National MINnD (Saison 2 - 2019-2021), un des groupes de travail s'intéresse à ce sujet. Sa dénomination est : *Plateformes collaboratives et collaboration de plateformes*. Cela signifie qu'une des pistes à explorer va porter probablement sur l'interconnexion de plateformes hétérogènes (BIM et SIG, par exemple). Travaux à suivre ...

La collaboration fil rouge d'un avenir commun

Dans le monde du BTP, le fait de « passer au BIM » ne peut se faire seul. Il devient de plus en plus difficile d'ignorer les autres intervenants métiers qui interfèrent avec un projet constructif.

Si la question de la convergence de formats SIG & BIM est techniquement importante, celle de la complémentarité l'est encore plus, car elle touche à la culture métier des uns et des autres. Ce n'est pas la technique qui va permettre de décréter la collaboration sur des projets constructifs, mais bien la prise de conscience qu'en étant complémentaires (et non concurrents), il sera plus facile de partager l'information ... et de l'enrichir. Les plateformes collaboratives vont peut-être ainsi devenir, à termes, de véritables médiateurs technologiques. Elles ne se substitueront pas pour autant à la décision, toute humaine, de travailler ou non en mode collaboratif.



ANNEXES

ANNEXE 1 - Réglementation autour du SIG

Système de coordonnées de références

Décret initial n°2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de l'article 89 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 modifiée d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire relatif aux conditions d'exécution et de publication des levés de plans entrepris par les services publics).

Le décret n°2019-165, publié le 5 mars 2019 (et son arrêté de même date), relatif au système national de référence de coordonnées, « donne une nouvelle définition des systèmes de référence terrestre utilisés par l'Etat, les collectivités locales et les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, identiques à ceux applicables dans le champ de la directive 2007/2/CE du Parlement européen et du Conseil du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE) » - www.cnig.fr/?p=20891.

Décret DT-DICT

« Au 1er juillet 2012, la réforme « anti-endommagement des réseaux » ou « DT-DICT » est entrée en application. Dès lors les maîtres d'ouvrage sont responsables de la sécurité de leurs chantiers, les exploitants de réseaux doivent s'engager clairement sur la position des ouvrages, les entreprises de travaux doivent attester des compétences liées à la nature des travaux qu'elles exécutent. L'objectif du volet cartographique de cette réforme est double : améliorer la précision du repérage des réseaux et fiabiliser l'échange d'informations entre les acteurs concernés : collectivités, exploitants de réseaux, maîtres d'ouvrages et entreprises de travaux. (www.cnig.gouv.fr)

PLU et GPU

« A compter du 1er janvier 2020, les collectivités devront publier leurs documents d'urbanisme dans le Géoportail de l'urbanisme pour rendre exécutoire la version disponible au siège de l'EPCI (article 129-2 du code de l'urbanisme). De même, la numérisation des documents d'urbanisme s'effectue conformément aux standards de numérisation établis par le CNIG. » (<http://www.geoportail-urbanisme.fr/>).

Directive INSPIRE

Pour mener une politique environnementale commune, il est nécessaire de disposer d'informations géographiques fiables, disponibles, de qualité et accessibles. Les données géographiques numériques doivent être collectées une seule fois, puis stockées, mises à disposition et mises à jour par l'organisme public adéquat. Il doit aussi être simple de connaître les données géographiques disponibles, ainsi que leurs conditions d'accès qui doivent être les plus ouvertes possibles. La Directive est structurée en 5 parties : les

métadonnées, les données (formats accessibles), les services en ligne, le partage entre organismes, la coordination (contributeurs et utilisateurs).

La Directive vise donc à organiser la mise à disposition de ces données en s'appuyant sur les Infrastructures de Données Géographiques des états membres.

Extrait de l'Ordonnance de transposition de la Directive INSPIRE en droit français (n° 2010-1232 du 21/10/2011) :

Art.L. 127-1. Le présent chapitre s'applique, sans préjudice des dispositions du chapitre IV du titre II du livre 1^{er}, aux séries de données géographiques :

- - détenues par une autorité publique, ou en son nom ;
- - sous format électronique ;
- - relatives à une zone sur laquelle la France détient ou exerce sa compétence ;
- - et concernant un ou plusieurs thèmes figurant aux annexes I,II et III de la directive 2007 / 2 CE du parlement européen et du Conseil du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE).

Dans les Annexes de la Directive, nous retrouvons la liste des données impactées par celle-ci : celles produites dans le BTP sont concernées (comme celles des SIG).

PCRS (Plan Corps de Rue Simplifié)

Au 1er janvier 2019, les plans des réseaux sensibles enterrés, situés en unités urbaines, fournis par leurs exploitants en réponse aux DT et DICT devront comporter a minima 3 points géoréférencés, dans le système national de référence de coordonnées, en classe A. En 2026, ces exigences seront applicables à ces mêmes réseaux sur l'ensemble du territoire national. Un arrêté du 22/12/2015 précise que « le fond de plan employé pour la transmission des données de localisation des réseaux aux déclarants est le meilleur lever régulier à grande échelle disponible, établi et mis à jour par l'autorité publique locale compétente en conformité avec les articles L. 127-1 et suivants du code de l'environnement et selon le format d'échange PCRS (plan corps de rue simplifié) établi et mis à jour par le Conseil national de l'information géographique » (www.cnig.gouv.fr)

Ouverture des données (loi CADA, directive PSI, décret Etalab)

La CADA (Commission d'Accès aux Documents Administratifs) concerne la liberté d'accès aux documents administratifs et de la réutilisation des informations publiques

La Directive PSI (Public Sector Information) vis à « une plus grande diffusion d'informations et de données publiques à l'échelle européenne » (source wikipédia).

Etalab (www.data.gouv.fr) « coordonne la politique d'ouverture et de partage des données publiques (« open data ») » de la France.

ANNEXE 2 - Sigles, acronymes et glossaire BIM & SIG

Sigles et acronymes

BIM : Building Information Modeling

BCF : BIM Collaboration Format

BEP : BIM Execution Plan

CAO/DAO : Conception Assistée par Ordinateur / Dessin Assisté par Ordinateur

CNIG : Conseil National de l'Information Géographique

DT / DICT : Déclaration de Travaux / Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux

ECD / DCE : Environnement Commun de Données / Data Common Environment

ESRI : Environmental Systems Research Institute

ETL : Extract, Transform, Load

GPS : Global Positioning System (Géo-Positionnement par Satellites)

IFC : Industry Foundation Classes

IGN : Institut National de l'information Géographique et forestière

INSPIRE : Infrastructure for Spatial Information In Europe

LOD : Level Of Detail (Niveau de détail)

MINnD : (Modélisation des INformations INteropérables pour les INfrastructures Durables)

MOA : Maîtrise d'Ouvrage

MOE : Maîtrise d'Œuvre

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MNE : Modèle Numérique d'Élévation

OGC : Open Geospatial Consortium

PCRS : Plan Corps de Rue Simplifié

PLH : Plan Local de l'Habitat

PLU : Plan Local d'Urbanisme (remplace l'ancien POS)

PLUI : Plan Local d'Urbanisme Intercommunal

PPBIM : Product Properties for BIM

PTNB : Plan de Transition Numérique du Bâtiment

RA / RV : Réalité Augmentée / Réalité Virtuelle

RPCU : Référentiel Parcellaire Cadastral Unifié

RSS : Really Simple Syndication

SIG : Système d'Information Géographique

WMS : Web Map Service

WFS : Web Feature Service

WPS : Web Processing Service

Glossaire BIM & SIG

En noir → Définitions propres au BIM

En bleu → Définitions propres au SIG

En vert → Définitions communes à BIM & SIG

Les définitions propres au BIM sont issues du travail commun réalisé par buildingSMART France et MINnD

Attribut (BIM)

Cf. « Propriétés d'un objet BIM »

Attribut (SIG)

Cf. « Données attributaires »

Base de données

On entend par base de données un recueil d'œuvres, de données ou d'autres éléments indépendants, disposés de manière systématique ou méthodique, et individuellement accessibles par des moyens électroniques ou par tout autre moyen (*Code de la Propriété Intellectuelle L112-3, 2^{ème} alinéa*)

BCF

Format neutre permettant d'annoter et de commenter un modèle numérique pour faciliter le travail collaboratif autour de la maquette numérique (« *post-it* » du BIM).

BEP « *BIM Execution Plan* »

Voir « Plan de mise en œuvre du BIM »

BIM

L'acronyme **BIM**, d'origine anglo-saxonne, a plusieurs significations. Building Information Model, Building Information Modelling et Building Information Management.

BIM « *Building Information Model* »

Modèle de données décrivant un projet, parfois aussi appelé « Maquette Numérique » (Voir « Maquette Numérique »)

BIM « *Building Information Modelling* »

Processus de création, de collecte et d'utilisation des données d'un modèle de données de projet. Méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique. Dans un processus BIM, chaque acteur de la construction crée, renseigne et utilise cette maquette, et en tire les informations dont il a besoin pour son métier. En retour, il alimente la base de données de nouvelles informations pour aboutir au final à un objet virtuel renseigné, représentation nominale de la construction, de ses caractéristiques géométriques et de ses propriétés de comportement.

BIM-catalogue

Catalogue d'objets sous format numérique intégrables dans une maquette numérique. Un BIM-catalogue peut être générique ou spécifique à un fournisseur.

BIM ou BIM Management « *Building Information Management* »

Mode d'organisation de projet nécessaire à la mise en œuvre du processus, permettant notamment l'établissement et le suivi de la maquette numérique et de la base de données associée. L'organisme responsable du BIM

Management sera en charge de piloter l'élaboration du cahier des charges BIM.

BIM Manager

Il est affecté à un projet donné. Il établit la stratégie BIM du projet, en accord avec les objectifs BIM du programme et ceux des entreprises. Il identifie les outils et met en place les processus pour y parvenir. Il anime l'ensemble des Coordinateurs BIM, définit leur rôle et leur périmètre d'intervention. Il est le garant de l'atteinte des objectifs BIM du projet. Il rend compte à la direction de projet des difficultés de toute nature pour l'application de la convention BIM. Ses missions sont multiples :

- Elaboration du BEP (en accord avec besoins exprimés par le MOA et la Direction Projet)
- Suivi des processus définis dans le BEP
- Evaluation de la performance de la démarche BIM sur le projet.

CAO / DAO

Il est souvent question de CAO/DAO pour évoquer les logiciels de dessin type AutoCAD ou Microstation, utilisés par les dessinateurs, les projeteurs, les géomètres, les architectes, etc.

Cahier des charges BIM

Document rédigé à l'initiative du maître d'ouvrage précisant pour un projet donné les exigences et objectifs des intervenants successifs, incluant ceux de la charte BIM du Maître d'ouvrage. Il s'impose à l'ensemble de la chaîne de valeur.

Calque

C'est le nom qui est donné en CAO/DAO à une couche de dessin, afin de séparer les éléments dessinés pour mieux les manipuler ensuite. Par exemple, pour le dessin d'une maison, je vais voir un calque avec les murs, un avec la charpente, un avec les portes, etc.

Le terme de « calque » pour la CAO/DAO a la même signification que les termes « couches d'information » dans le SIG.

Cas d'usage BIM

Voir « Usage BIM »

Cas d'usage Métier

Processus élémentaire de conduite de projet (Synthèse, Plan d'installation de chantier, Métrés, Communication, etc.).

Charte BIM

Document général élaboré par le maître d'ouvrage traduisant sa politique en objectifs de qualité et de performances attendues du BIM pour l'ensemble de ses projets. Il recense les exigences et les objectifs à satisfaire pour alimenter la base de données. La charte inclut notamment la phase d'exploitation-maintenance du patrimoine du maître d'ouvrage.

CityGML

Standard de l'OGC (Open Geospatial Consortium). Il permet de décrire la représentation, le stockage et l'échange de modèles 3D de villes numériques et de modèles de terrains (géométrie, topologie, apparence, sémantique).

COBie

Le format COBie (« Construction Operations Building Information Exchange ») est utilisé généralement pour l'échange des données non géométriques de la maquette numérique dans les pays anglo-saxons.

Contributeur BIM

Il contribue à l'élaboration du BIM, en particulier en ajoutant sa valeur ajoutée à la modélisation 3D (planning, métrés, etc.). Il modélise éventuellement en 3D. Il peut être ingénieur, technicien, juriste, commercial, etc. Tout intervenant impliqué dans la convention BIM peut être considéré comme Contributeur BIM.

Convention BIM

Document élaboré pour un projet donné par la maîtrise d'œuvre décrivant les méthodes organisationnelles, la structuration des données, les représentations graphiques, la gestion et le transfert des données du Projet, ainsi que les processus, les modèles, les utilisations, le rôle de chaque intervenant, et l'environnement collaboratif du BIM. Elle est intégrée autant que de besoin au cahier des charges du dossier de consultation des entreprises.

Coordinateur BIM

Il anime les modeleurs BIM et les contributeurs BIM de son métier ou de sa société. Il organise et valide les sortants de son métier pour un projet donné, en appliquant les processus définis dans le BEP. Il est le référent de son métier et est donc en contact direct avec le BIM manager. Il possède de solides connaissances métier et une bonne connaissance des processus BIM.

Couche d'information

C'est le nom qui est donné dans le SIG à une représentation cartographique d'informations. Par exemple, pour le cadastre, les sections, les parcelles, les bâtiments, etc. représentent autant de couches d'informations séparées. La séparation des informations en couches (ou calque pour la CAO/DAO) permet une manipulation plus facile de celles-ci et surtout une sélection ciblée, pour effectuer des analyses ou des modifications (si, dans une même couche d'informations, il y a à la fois des points qui représentent des arbres et des lignes qui représentent la voirie, il sera plus difficile d'effectuer une sélection sur l'un ou l'autre de ces thématiques que si elles sont gérées dans des couches séparées.

Donnée attributaire

Il s'agit d'une information alphanumérique associée à une représentation cartographique. Par exemple, à la représentation cartographique d'une parcelle cadastrale, vont être associées des données attributaires, avec le nom du propriétaire, la superficie, l'identifiant parcellaire, etc.

Les données attributaires sont gérées dans des bases de données.

Donnée géoréférencée

C'est une information qui a une localisation géographique sur un territoire (géolocalisation). Les cartes routières numériques, par exemple, sont géoréférencées. Un GPS dans une voiture ou un smartphone utilise des données géoréférencées.

Lorsque l'on parle de « donnée géographique » dans un SIG, cela signifie que cette donnée est géoréférencée.

Donnée localisable

Il s'agit d'une information qui n'est pas géolocalisée à son origine, mais qui peut être associée à d'autres informations géolocalisées. Par exemple, une information financière sur un mode de subvention (non géolocalisée) qui peut être associée à un secteur géographique ou adresse.

On parle aussi de données indirectement localisées.

Donnée raster

Il s'agit d'une information représentée sous la forme d'une image

(photographie aérienne, par exemple), avec des pixels (petits carrés composant une image numérique). Une image raster n'est pas modifiable au même titre qu'une représentation vecteur.

Donnée vectorielle

Il s'agit d'une information dessinée/cartographiée, représentée sous la forme d'un point, d'une ligne (ou polygone) ou d'une surface. Les données vectorielles sont modifiables, au contraire des données raster.

Drapage

C'est l'action qui consiste à superposer une couche d'information en 2D (par exemple une couche voirie ou cadastrale ou une image aérienne de type orthophotoplan) sur une modélisation du territoire en 3D. On « drappe » la couche 2D sur la 3D, pour qu'elle épouse les forme de celle-ci. Dans le cas d'une orthophotographie qui est drappée sur une modélisation 3D, les bâtiments, la végétation, etc. sont aplatis, car ils n'existent pas réellement en 3D.

DT - DICT

Il s'agit de la déclaration obligatoire que doit faire tout maître d'ouvrage (public ou privé), lorsqu'il a l'intention d'effectuer des travaux à proximité de canalisations et réseaux enterrés. La déclaration de projet de travaux (DT) est faite par le maître d'ouvrage, et la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) par l'exécutant des travaux. Toute déclaration doit obligatoirement être précédée d'une consultation du guichet unique, accessible en ligne, qui recense (a priori) la totalité des réseaux présents sur le territoire concerné.

Environnement Commun des Données « DCE *Data Common Environment* en anglais »

Référentiel de Données qui contient toutes les informations numérisées relatives à un projet (plateforme collaborative, logiciels, maquettes, modèles, contrats, correspondances, ...).

Source unique des informations numérisées pour un projet ou un ouvrage donné, utilisée pour collecter, gérer et diffuser chaque élément d'information via un processus géré et des outils adaptés.

ETL

Outil logiciel permettant d'extraire des données d'une base de données géographiques et de les transformer d'un format dans un autre, sans perte d'informations. Le logiciel FME est probablement l'ETL le plus connu et utilisé au monde.

Flux de données

C'est une représentation sous la forme d'un schéma ou d'un tableau de la circulation des données dans un Système d'Information (ici géographique), à l'intérieur d'une organisation (collectivité territoriale, par exemple).

Flux web

Un flux web peut concerner la circulation d'information en continu (flux RSS, par exemple). Dans le cadre de l'information géographique, un « flux web » et un flux d'informations géographiques (cartographie, par exemple), qui provient d'un producteur identifié sur internet et qu'il est possible d'afficher directement dans son logiciel de cartographie, sans avoir besoin de télécharger les données sur son poste informatique. Cette pratique devient de plus en plus courante pour les SIG.

Format propriétaire

Un format propriétaire est un format exclusif utilisé par un logiciel développé par un éditeur.

Géolocalisation

Localisation d'un objet ou d'une information, avec des coordonnées géographiques x, y (voire z, pour l'altitude). Ces coordonnées peuvent être en longitude/latitude (Google Maps, par exemple) ou en mètre (système de coordonnées Lambert 93 pour la France).

GML « Geography markup language » :

Langage dérivé du langage XML pour encoder, manipuler et échanger des données géographiques. C'est un standard développé par l'Open Geospatial Consortium pour garantir l'interopérabilité des données dans le domaine de l'information géographique et de la géomatique.

Guichet unique

C'est un site internet qui vise à recenser l'ensemble des réseaux souterrains sur le territoire français, permettant ainsi de disposer d'un portail de consultation unique et centralisé.

IDM « Information Delivery Manual »

Protocole de communication développé par buildingSMART spécifiquement pour le secteur de la construction. Il vise à accroître l'efficacité des processus d'échange. Pour cela, chaque processus d'échange est décrit avec une structure claire définissant par qui, pour qui, quand et comment l'information sera échangée, tout au long du cycle de vie du projet.

IDM se compose de « Process map » (cartes de processus), d'exigences d'échange (information à échanger) et d'un guide générique BIM (objets et leurs attributs), dans le but de ne transmettre uniquement que les informations nécessaires à chaque acteur pour travailler (voir aussi « MVD » et la norme ISO 29481 « Modèles des informations de la construction – Protocole d'échange d'informations »).

IFC « Industry Foundation Classes »

Format d'échange de données utilisé dans les maquettes numériques du secteur de la construction. Le format IFC a pour but d'assurer l'échange de données entre des logiciels métiers BIM. Il décrit les objets (murs, fenêtres, espaces, poteaux, voussoirs, etc.), leurs caractéristiques et leurs relations fonctionnelles.

IFC4 : Révision 4 du format IFC. Elle est devenue la norme ISO 16739.

Ingénierie concourante

Selon la norme ISO 19101, il s'agit de la « *capacité d'un système ou d'une composante d'un système à permettre un partage des informations ainsi qu'un contrôle des processus coopératifs* ».

L'Ingénierie concourante implique simultanément les différents acteurs dans toutes les phases du cycle de vie du projet.

INSPIRE

La directive INSPIRE, élaborée par la Direction générale de l'environnement de la Commission européenne, vise à établir une infrastructure de données géographiques pour assurer l'interopérabilité entre bases de données et faciliter la diffusion, la disponibilité, l'utilisation et la réutilisation de l'information géographique en Europe.

Pour respecter les obligations de cette Directive de 2007, transposée en droit français en 2010, il est nécessaire de disposer d'un catalogage normalisé de ses données géographiques (incluant des métadonnées).

Interopérabilité

L'interopérabilité est la capacité d'échanger des données entre les différents « modèles », sans dépendre d'un éditeur de logiciel ou d'un outil en particulier. Elle nécessite l'utilisation de standards ouverts.

Jumeau Numérique

Représentation numérisée d'un ouvrage physique, utilisée principalement pour les besoins de son exploitation et de sa maintenance. Le jumeau numérique évolue au fur et à mesure des modifications, des rénovations, de l'exploitation, de la maintenance de l'ouvrage réel.

LandXML

C'est un format d'échanges de données, basé sur le langage XML. Il est utilisé en génie civil et en géomatique afin transmettre les données comme les coordonnées de points, les axes de routes, les surfaces de terrain, etc.

La majorité des logiciels d'infrastructures supportent l'import et l'export de ce format. Sa version la plus utilisée est la version 1.2.

LOD « *Level of Detail / Development / Definition* »

Voir LOIN « *Level Of Information Need* »

LOIN « *Level of Information Need* » / Niveau du besoin d'information

Cadre qui définit l'étendue et la granularité de l'information (Norme ISO 19 650). Ce cadre spécifie la manière de décrire un échange d'information et concerne à la fois l'information géométrique et non géométrique dont la documentation.

Maquette numérique

Il s'agit d'une représentation numérique tridimensionnelle des caractéristiques physiques et/ou fonctionnelles de l'ouvrage pendant tout ou partie de son cycle de vie. Elle est constituée d'objets et d'espaces représentant l'ouvrage, identifiés et renseignés (nature, composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, performances ...).

Elle peut être unique ou constituée de l'agrégation de maquettes et/ou modèles métiers complémentaires.

Modeleur BIM

Il est principalement en charge de la modélisation 3D, puis de la génération des plans 2D issus des modèles 3D et des livrables prévus dans la convention BIM. C'est un projeteur expert en modélisation 3D.

Modélisation territoriale 3D

Il s'agit d'une modélisation en 3D (x, y et z, avec l'altitude) d'un territoire naturel (relief paysager) ou d'une infrastructure (bâtiments, voirie, lignes ferroviaires, etc.). La modélisation 3D, comme pour le SIG, est décomposable en différentes thématiques (couches d'informations ou calques).

Maquette numérique 3D

La maquette numérique (MN) est liée au sujet du BIM. C'est une base de données partagée et évolutive, avec toutes les informations nécessaires à une prise de décision à chaque étape d'un projet. La représentation en 3D d'une infrastructure (bâtiment ou linéaire) se fait sous la forme d'objets intelligents, modélisés en 3D et non simplement dessinés en perspective (comme cela se faisait encore il y a peu d'années, avec des logiciels de CAO/DAO).

Métadonnée

Il s'agit d'une information sur une information (la carte d'identité d'une information, en quelque sorte). Alors qu'une donnée attributaire est une information associée à une représentation cartographique simple (point, ligne, surface), une métadonnée est une information sur la manière dont la donnée géographique (ou non) a été construite : qui l'a produite, quand, quelle est sa date de mise à jour, son format, etc.

MNT

Modèle Numérique de Terrain. Il s'agit d'une représentation de la surface d'un territoire (le sol), avec son relief, sous la forme de points (ou de courbes de niveau) géoréférencés en x, en y et en z (altimétrie). Le MNT sert à modéliser en 3D la surface d'un territoire.

MNE

Modèle Numérique d'Élévation. Il s'agit de la représentation sous formes de points des éléments du sursol (bâtiments, végétation, objets divers, ...).

Niveau de définition, Niveau de détail, Niveau de développement

Niveau nécessaire d'informations liées aux objets en termes géométriques, analytiques, alphanumériques et relationnels. Il existe différents niveaux de définition/détail/ développement pertinents suivant les phases du projet.

Niveau de détail (LOD en anglais)

Il s'agit du niveau de représentation d'une modélisation 3D. Il prescrit, en fonction de l'échelle de visualisation, de gérer la quantité d'information la mieux adaptée : plus on s'éloigne d'une modélisation, moins il est nécessaire de disposer de tous les détails (nous retrouvons le même principe sur les cartes routières par exemple, sauf qu'elles ne sont pas en 3D).

Norme ISO 19650

« Guide de l'information par la modélisation des informations de la construction ».

Norme parue en décembre 2018, qui décrit l'organisation et la numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM).

Objectifs BIM

Traduction de certains des objectifs généraux du projet et de ses processus (cas d'usage Métier) en cas d'usage BIM dans une charte BIM, un cahier des Charges BIM, etc.

Objet BIM

Représentation virtuelle d'un élément de construction, formellement identifié (voile, dalle, poutre, tablier de pont ...) avec ses propriétés (type de matériau, résistance mécanique, coefficient de dilatation...). Un objet BIM peut aussi être une relation, une tâche, une ressource, une propriété

Objet BIM générique

Objet libre de droit d'usage décrivant, y compris en termes de géométrie, de spécifications fonctionnelles et performanciels, un ouvrage, une partie d'ouvrage ou un composant sans référence à un produit, une marque ou une solution spécifique.

Il cadre la solution pratique correspondante.

openBIM

Désigne l'interopérabilité en matière de BIM, afin de pouvoir échanger des données entre logiciels BIM d'éditeurs différents, grâce à un standard d'échanges. La norme ISO d'interopérabilité BIM est l'IFC, développée par l'association buildingSMART International.

openData

Données ouvertes auxquelles l'accès est totalement public et libre de droit, au même titre que l'exploitation et la réutilisation.

Plan de récolement

C'est un plan (type CAO/DAO) qui représente les travaux réellement réalisés (implantation ou modification de réseaux enterrés, par exemple). Il s'agit d'une mise à jour précise des plans de travaux initialement dessinés en phase projet.

Plan de mise en œuvre du BIM (ou Plan d'Exécution BIM ou BEP)

Document élaboré pour un projet donné par chaque entreprise décrivant les méthodes organisationnelles, la structuration des données, les représentations graphiques, la gestion et le transfert des données du projet, ainsi que les processus, les modèles, les utilisations et le rôle de chacun de ses intervenants dans l'environnement collaboratif BIM du projet. Il est la réponse au cahier des charges BIM du dossier de consultation des entreprises.

PPBIM

La norme expérimentale AFNOR XP P07-150 dite norme PPBIM concerne les propriétés des produits et systèmes (*ensembles de produits respectant des règles d'assemblage et/ou de mise en œuvre*) utilisés en construction. Elle porte sur l'harmonisation des dictionnaires de propriétés, de groupes de propriétés (*ensembles de propriétés permettant d'organiser les propriétés par thèmes*), de documents, de produits, d'objets BIM génériques et de systèmes constructifs dans le cadre d'une maquette numérique.

Producteur BIM

Voir « Contributeur BIM »

Propriété d'objet BIM

Attribut qui qualifie une caractéristique graphique, physique, analytique ou technique d'un objet.

Réalité augmentée

Procédé qui permet d'insérer dans une image représentant la réalité (photographie, par exemple) une représentation virtuelle en 3D de quelque chose qui n'existe pas encore ou qui n'existe plus. Ce procédé peut aussi s'appliquer à une représentation réelle (par exemple : ajout d'une maison qui n'existe pas encore sur un terrain actuellement vide et en friche).

Réalité virtuelle

« C'est une simulation informatique interactive immersive, visuelle, sonore et/ou haptique d'environnements réels ou imaginaires » (source wikipedia).

Référentiel géographique

Lorsque l'on parle de référentiel géographique (ou de données géographiques de références), on parle de cartographies qui permettent à différents métiers d'utiliser un fond de carte commun à tous. Par exemple, le cadastre est considéré comme un référentiel (même s'il est encore assez souvent géographiquement faux). Les données IGN (BD Topo, BD Alti, BD Parcellaire, etc.) sont des données de références.

L'avantage d'un référentiel, c'est qu'il est commun à différents métiers, qui

peuvent ainsi superposer chacun de leur côté leurs propres informations sur un fond de carte identique.

Relation

Lien formel entre deux objets. Une relation est aussi un objet.

Revue BIM

Réunion de travail utilisant la (les) maquette(s) numérique(s) comme support.

Shapefile

Aussi connu par son extension de fichier SHP. Il s'agit d'un format de fichier de données géographiques vectorielles (avec données attributaires associées, qui a été créé initialement par la société américaine ESRI. Ce format initialement propriétaire est devenu de fait, un standard d'échange entre les logiciels qui utilisent de la donnée de type SIG (un peu comme le format DXF d'Autodesk). Tous les logiciels produisant/utilisant de la données géographiques aujourd'hui sont capables de lire et écrire ce format.

Statut BIM

Niveau d'avancement du processus de gestation et de validation d'une information (en cours d'élaboration, bon pour exécution, réceptionné, ...)

STEP « *Standard for exchange of product data model* » - ISO 10 303

Norme ISO de spécification et d'échange de modèles de produits. STEP propose un cadre méthodologique, un formalisme et des outils EDI.

Système d'Information géographique (SIG)

Système informatique permettant, à partir de diverses sources de données, 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 du territoire.

Système ou Système fonctionnel

Ensemble d'entités physiques, non physiques, logiques participant au fonctionnement de l'ouvrage. Ces entités sont reliées entre elles via des liaisons physiques, logiques ou via des processus ou des comportements possédant des propriétés communes.

Les entités réunies en un même système répondent à un objectif commun, permettent d'expliquer le fonctionnement de l'ouvrage. Des exigences sont rattachées à chaque système, ce qui induit un fonctionnement spécifique du système et la nécessité de construire des sous-systèmes. Ce processus est donc itératif en cascade.

Texturage

C'est une méthode qui consiste à placer sur un objet modélisé en 3D (un bâtiment, une infrastructure, etc.) une image représentant cet objet dans la réalité. Par exemple : texturer la façade d'un bâtiment, signifie ajouter sur la surface blanche de celui-ci, la photo de la devanture d'un magasin réellement existant. Autre exemple : utiliser des textures d'habillement (couleur, matière, ...) pour caractériser un revêtement routier pour qu'il ressemble à ce qu'il est dans la réalité.

Le texturage n'est qu'une représentation à un instant « T » d'une réalité. C'est une image.

Travail collaboratif

Mode d'organisation du travail en vue d'atteindre un but commun, reposant principalement sur la participation, le dialogue et l'échange entre partenaires : maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises, fournisseurs, etc. Le travail

collaboratif suppose la compréhension mutuelle des besoins et exigences des autres intervenants.

Usage(s) BIM (ou BIM Use ou Model Use)

Processus numérique élémentaire (modélisation 3D, modélisation 4D, relevé numérique de l'existant, simulation dynamique, mise en image, ...) qui, seul ou en combinaison, permet de répondre à un cas d'usage Métier.

Viewer / Visualiseur

Logiciel utilitaire, souvent gratuit, permettant d'afficher, visualiser, manipuler un fichier lorsqu'on ne dispose pas de son logiciel d'origine. Par exemple, Tekla Bimsight, BIM vision, Solibri model viewer ou encore EveBIM sont des viewer de fichiers IFC (gratuits dans leur version courante).

Vue métier

Extraction du BIM correspondant aux informations utiles aux acteurs du métier considéré.

WMS

C'est un protocole standardisé, qui permet d'obtenir des cartes de données géoréférencées à partir de différents serveurs de données accessibles sur le web. Un ou plusieurs serveurs web produisent à la demande, de la cartographie que l'on peut afficher sur son propre poste informatique (avec connexion internet).

WFS

C'est un protocole standardisé, qui permet d'interroger des serveurs cartographiques sur le web, proposant des données géographiques au format vecteur (points, lignes, surfaces).

WPS

C'est un protocole standardisé, qui permet de normaliser les demandes/réponses de services de traitement de données géographiques sur le web.

ANNEXE 3 - Bibliographie

Projet National MINnD

*MINnD : Modélisation des INformations INteropérables pour les
INfrastructures Durables*

**Convergence et complémentarité BIM & SIG - Thème 1 : Mise en perspective
des pratiques -**

Rédaction collaborative - 12/2018

La revue de projet d'infrastructure avec le BIM - 12/2018

Rédaction collaborative : Pierre Benning (Bouygues TP), Brice Bossan (Eiffage Construction), Vincent Cousin (Processus & Innovation), Renaud Defrance (Eurostep), Nicolas Delrieu (ANDRA), Hervé Halbout (Halbout Consultants), Peter Ireman (ESITC Caen), Hélène Mauguieret (Setec), Olivier Ouisse (GEOFIT), Evelyne Osmani (Eiffage Construction), Philippe Peron (Ingérop), Vincent Rault (Bentley Systems France), Michel Rives (Vianova Systems France), Christian Robert (Spie Batignolles TPCI), Charles-Edouard Tolmer (EGIS), Eric Tournez (Bouygues TP)

*D'autres livrables MINnD existent et seront très prochainement disponibles, en
libre accès, sur le site de MINnD (www.minnd.fr).*

Articles sur le web

Engie: « Seule, la donnée BIM n'a aucune valeur » -

Julie Nicolas (Le Moniteur) - 10/05/2019

(<https://www.lemoniteur.fr/article/engie-la-donnee-bim-seule-n-a-aucune-valeur.2036735#utm>)

La construction va encore plus loin dans la digitalisation -

Lionel Henry (Esri France) - 03/2019

(<https://www.constructioncayola.com/reseaux/article/2019/03/21/123537/construction-encore-plus-loin-dans-digitalisation>) - Article réservé abonnés

5 Myths and 5 Realities of BIM-GIS Integration -

Chris Andrew (Autodesk) - 29/01/2019

(<https://www.esri.com/arcgis-blog/products/arcgis-pro/3d-gis/5-myths-5-realities-bim-gis-integration/>)

**BIM et SIG : l'alliance qui transformera la conception et la construction
d'infrastructures -**

Nicolas Mangon (Autodesk) - 11/2018

(<https://www.autodesk.fr/redshift/integration-sig-bim/>)

**France Num veut aider TPE et PME françaises à réussir leur transformation
numérique -**

Louis Adam (zdnet) - 15/10/2018

<https://www.zdnet.fr/actualites/france-num-veut-aider-tpe-et-pme-francaises-a-reussir-leur-transformation-numerique-39875061.htm>

Autres articles

Les infrastructures, point de convergence entre SIG, BIM et maquette numérique –

Hervé Halbout (Halbout Consultants) & Benjamin Blasco (Servicad) – RGRA n° 943 – 02/2017

SIG et intelligence artificielle : quels développements et quel futur ? –

Christian Carolin (Axes Conseil) – Géomatique expert n° 118 – sept.-oct. 2017

Découvrir et comprendre la gouvernance de l'information géographique –

Mathieu Becker (isogeo) & Hervé Halbout (Halbout Consultants) – 11/2016
(<http://www.isogeo.com/livre-blanc/Decouvrir-et-comprendre-la-gouvernance-de-l-information-geographique.pdf>)

Sur SIG & BIM –

Hervé Halbout (Halbout Consultants) – Géomatique expert n° 108 (janv.-fév. 2016) et Géomatique expert n° 109 (mars-avril 2016)
