



mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques

La qualité s'invente et se partage

Guider

1

BIM et maquette numérique

Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage dans
le domaine du bâtiment - Construction neuve et réhabilitation

TOME 1

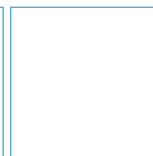
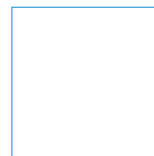
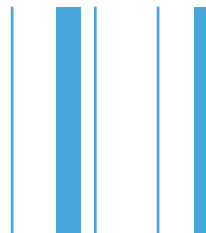


PLANBIM
Généraliser l'usage du numérique
dans le bâtiment



mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques

La qualité s'invente et se partage



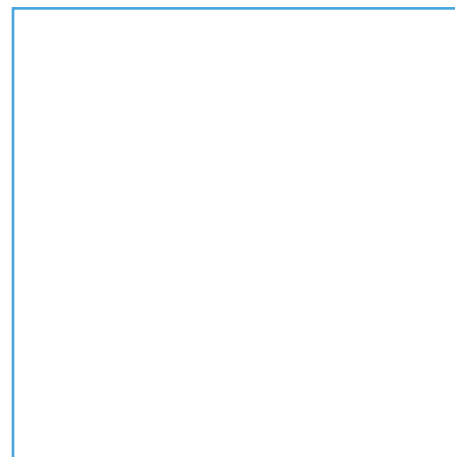
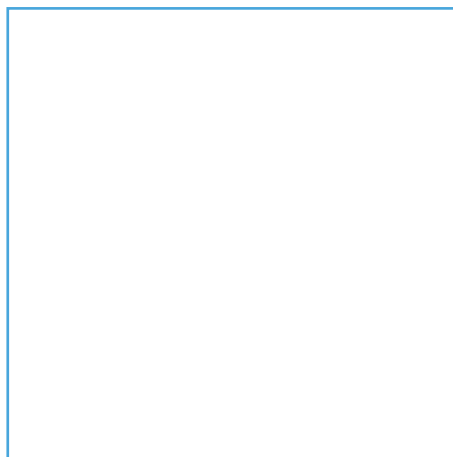
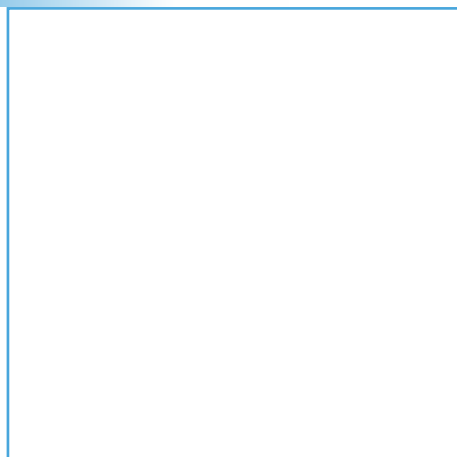
Guider

1

BIM et maquette numérique

Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage dans
le domaine du bâtiment - Construction neuve et réhabilitation

TOME 1



PLANBIM
Généraliser l'usage du numérique
dans le bâtiment

Le développement du numérique dans le bâtiment connaît depuis quelques années une croissance rapide. Au départ phénomène confidentiel, domaine réservé de quelques professionnels passionnés, il est en passe de révolutionner les pratiques des acteurs du secteur. Le BIM est porteur de nombreuses espérances, d'abord en tant qu'outil de travail moderne, efficace, collaboratif, ensuite en termes de vecteur de gains qualitatifs dans la réalisation même des constructions, ainsi que dans les conditions d'entretien et de maintenance des ouvrages réalisés, et enfin en tant que contributeur à l'amélioration constamment recherchée du bilan économique et environnemental du secteur de la construction.

Les différents métiers ont ainsi déjà perçu tous les avantages à attendre du développement de ce nouvel outil, et, sans attendre, ont commencé à s'équiper et à se former, mais la meilleure potentialisation de son usage ne sera pas atteinte sans que de nouveaux processus en accompagnent la diffusion. A ce titre le maître d'ouvrage, acteur central de la commande, non seulement ne peut s'en désintéresser, mais doit en être un acteur pleinement moteur.

C'est l'objet du présent guide, qui, au-delà de la simple mise en évidence des nombreux intérêts qui doivent conduire un maître d'ouvrage à mettre en place une démarche BIM sur les opérations qu'il lance, donne les éléments pragmatiques des actions qu'il doit mener dans cet objectif.

Ce guide, rédigé par Gérard Lamour, que je tiens à remercier chaleureusement pour son implication personnelle dans ce projet, s'est appuyé sur les réflexions et contributions d'un groupe de travail rassemblant tous les professionnels concernés, groupe réuni à la demande du Président du Plan Transition Numérique dans le Bâtiment et que j'ai eu le plaisir d'animer pendant un peu plus d'une année.

S'agissant d'un sujet en développement, le guide ne prétend pas en avoir exploré toutes les facettes. Il est certainement perfectible et une relecture s'imposera sans doute assez vite, pour l'enrichir en fonction des pratiques et des usages qui se développeront.

Le guide se place dans le cadre d'un BIM de niveau de maturité 2, c'est-à-dire d'un BIM collaboratif procédant par échanges de fichiers en formats interopérables entre les différents acteurs, chaque métier conservant ses propres outils de travail. Le niveau de maturité 3 où les acteurs travaillent en temps réel dans le cadre d'une plateforme commune dotée de tous les outils logiciels de métier n'est en effet aujourd'hui qu'une perspective de très long terme. Le défi actuel du monde de la construction est bien de trouver les voies et moyens d'un fonctionnement harmonieux en niveau de maturité 2.

En tant que secrétaire général de la Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques, je tiens plus particulièrement à souligner que la loi « MOP » sur la maîtrise d'ouvrage publique et son décret d'application sur les missions de maîtrise d'œuvre sont parfaitement compatibles avec le développement du BIM. Cette loi a consacré en effet le principe d'une approche progressive et itérative des études, non pas en raison d'une imperfection des outils disponibles à l'époque mais bien en tant que processus vertueux contribuant à la qualité des ouvrages. Le BIM ne remet pas en cause cette logique. Bien entendu le BIM développe également toute son efficacité en marché global.

Le guide propose enfin, au stade actuel de développement des outils, de ne pas modifier les habitudes contractuelles du maître d'ouvrage, les livrables continuant à lui être fournis sous forme papier, mais avec l'engagement du prestataire que les plans présentés et signés par lui sont bien extraits de sa maquette numérique, qu'il remet au maître d'ouvrage notamment aux fins d'une meilleure compréhension du projet.

Je tiens à remercier le Président du Plan Transition Numérique dans le Bâtiment de m'avoir confié cette mission et souhaite que ce guide, dont l'objectif est de motiver les maîtres d'ouvrage et de les aider à développer une démarche BIM pour leurs opérations de construction et la gestion de leur patrimoine immobilier, contribue efficacement au développement du BIM.

Christian ROMON
Secrétaire Général de la MIQCP

Directeurs de la publication : Yves Laffoucrière, Christian Romon
Rédaction : Christian Romon, Gérard Lamour pour la version initiale, Florian Laurençon pour la nouvelle version
Conception graphique : Creakoka

Plan BIM
Secrétariat Technique
DGALN/DHUP/QC3
92055 La Défense Cedex
<https://plan-bim-2022.fr/>

Version initiale, juillet 2016
Version révisée, avril 2024
N° ISBN : 978-2-11-152059-2

Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques

92055 La Défense cedex
www.miqcp.gouv.fr

Le présent guide est une version actualisée début 2024 de la version initiale parue à l'été 2016, enrichie pour notamment mettre en valeur l'apport du numérique à la transition environnementale du bâtiment. En particulier, les diverses simulations thermiques et les calculs réglementaires de la nouvelle réglementation environnementale sont grandement facilités lorsque la conception est réalisée en mode BIM.

Le guide initial était un guide précurseur visant à fournir aux maîtres d'ouvrage les clés essentielles pour se lancer dans une démarche BIM. Plus précisément, il a posé les bases d'un vocabulaire commun en définissant les notions de charte BIM du maître d'ouvrage, de cahier des charges BIM d'une opération et de la convention BIM de cette même opération. Ces dernières notions de cahier des charges et de convention ont depuis été consacrées sur le plan juridique puisqu'intégrées dans les nouveaux CCAG Maîtrise d'œuvre et Travaux parus en avril 2021.

Les recommandations formulées il y a six ans restent d'actualité. Une évolution notable prend cependant place concernant le statut des maquettes numériques remises pendant les différentes phases d'étude en accompagnement des livrables traditionnels (plans, coupes, élévations, détails d'exécution...). Alors qu'il avait été recommandé de leur conserver un caractère informatif, il apparaît maintenant possible, eu égard à la maturité des acteurs, des outils numériques disponibles et des pratiques d'élaboration des maquettes, d'inscrire ces maquettes dans la liste des livrables, sans pour autant remettre en cause ni la hiérarchie des pièces, ni la transmission des plans et coupes qui en sont extraits, et qui doivent prévaloir en cas de problème attaché aux outils numériques.

Deux conditions sont nécessaires pour accompagner ce nouveau pas, d'une part qu'une mission de management du BIM soit bien identifiée et mise en place par le maître d'ouvrage, d'autre part que les exigences du maître d'ouvrage, transcrites dans son cahier des charges BIM, concernant les niveaux de détail et d'information des maquettes numériques aux différents stades d'avancement des études, puissent s'appuyer sur un référentiel articulé avec les éléments de mission pratiqués en France en application de la loi MOP aujourd'hui codifiée dans le code de la commande publique. Les annexes du présent guide ont été redite à cet effet.

Par ailleurs, le présent guide est complété par une nouvelle annexe, présentant notamment un exemple type de cahier des charges BIM, tel qu'il pourrait être élaboré à partir du didacticiel ORELIE.

Christian ROMON
Secrétaire général de la MIQCP

TOME 1

Introduction initiale 2016	3
Avertissement	10
1 QUELLES DÉFINITIONS POUR LE BIM ET LA MAQUETTE NUMÉRIQUE ?	11
2 POURQUOI LA MAÎTRISE D'OUVRAGE A-T-ELLE UN INTÉRÊT À S'ENGAGER DANS LA DÉMARCHE BIM ?	21
Gains pendant la phase initiale de programmation et de conception	22
- Qualité, optimisation des études, ingénierie concourante, autocontrôle, compréhension partagée du projet	22
- La maquette numérique au service de la transition environnementale	23
- Amélioration de la mesure des quantités (surfaces, distances, volumes, dimensions, etc...) et de la perception spatiale	23
- Amélioration de la qualité des estimations financières	23
- Gestion plus souple des modifications	24
- Gains de temps permettant une meilleure optimisation du projet	24
- Concertation et dialogue facilités avec les utilisateurs, usagers...	24
Gains de qualité de la construction : des acteurs amenés à travailler plus facilement et plus tôt ensemble	24
- Des études plus précises, pour une meilleure optimisation du projet	24
- Consultation des entreprises améliorée	25
- Études d'exécution/visa/synthèse mieux optimisées	25
- Gestion du chantier facilitée (réduction des aléas en phase chantier, gestion des approvisionnements, déroulement du chantier, ...)	25
- Réduction de la sinistralité	25
Outil facilitateur pour l'exploitation maintenance	26
- Meilleure prise en compte en amont de l'exploitation maintenance	26
- Aide pour la consultation des entreprises d'exploitation maintenance et la mise au point de leurs marchés	26
- Une maquette numérique interopérable avec les logiciels d'exploitation maintenance, un véritable outil opérationnel pour l'exploitation maintenance	26
- Un outil performant de gestion patrimoniale et gestion de l'usage	26
Outil précieux lors d'opérations de réhabilitation, restructuration et même lors de la démolition de l'équipement	27
Gains économiques : des gains à terme sur le coût global	27
Sécurisation des délais	28
Facteur d'évolution de la maîtrise d'ouvrage	28

3 COMMENT LE MAÎTRE D'OUVRAGE S'ENGAGE-T-IL DANS UNE DÉMARCHE BIM ?	29
Structuration de la maîtrise d'ouvrage	30
Plan d'action de la maîtrise d'ouvrage	30
- La charte BIM du maître d'ouvrage	30
- Les assistants à maîtrise d'ouvrage BIM (AMO BIM)	31
- Quelles commandes passer au programmiste et/ou à l'AMO BIM?	31
Usages du BIM	33
Les points de vigilance	33
4 COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?	35
BIM et maîtrise d'œuvre	36
- Élaboration de la convention BIM par le maître d'œuvre à partir du cahier des charges BIM (matériels, logiciels, conditions de management...)	36
- La maquette numérique de conception	37
- Des livrables extraits de la maquette numérique de conception et accompagnés de la maquette	39
- La maquette numérique de réalisation	40
- Remise du DOE au maître d'ouvrage sous forme d'une maquette numérique	41
- Assistance aux opérations de réception (mission AOR)	42
- Des missions complémentaires optionnelles (assistance au démarrage de l'exploitation, communication)	42
- Le cas du concours de maîtrise d'œuvre en mode BIM	43
BIM et entreprises de travaux	44
- Un dossier de consultation des entreprises intégrant une maquette numérique	44
- La préparation du chantier	45
- Élaboration des différentes maquettes numériques métiers alimentant la maquette numérique de réalisation	45
- Cinématique de la construction (phasage, sécurité...)	46
- Des livrables extraits des maquettes numériques métiers	46
- La remise des pièces du DOE et du DIUO au maître d'œuvre	46
Le BIM et les industriels	46
Le BIM et le contrôleur technique	47
Le BIM et le coordonnateur SPS	47

5 QUELLES INCIDENCES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES ?	53
Le retour sur investissement et les coûts de prestations du BIM pour ses acteurs	54
- Le retour sur investissement	54
- L'évolution des coûts des prestations	55
Des gains à terme sur le coût de la construction et le coût global	55
Le marché de maîtrise d'œuvre	55
- Les paramètres de négociation du marché	55
- Une répartition des honoraires de maîtrise d'œuvre différente (renforcement des phases amont de conception)	56
- Des missions complémentaires	57
Le marché des entreprises de travaux	57
ANNEXE I GLOSSAIRE MAQUETTE NUMÉRIQUE/BIM	61
ANNEXE II NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE	65
ANNEXE III RECOMMANDATIONS AUX MAÎTRES D'OUVRAGE POUR LA RÉMUNÉRATION DES MAÎTRES D'ŒUVRE EN MODE BIM, CONCERNANT LA RÉPARTITION DES HONORAIRES EN FONCTION DES DIFFÉRENTES PHASES	89
ANNEXE IV EXEMPLE DE CAHIER DES CHARGES BIM ISSU D'ORELIE	95

TOME 2

ANNEXE V EXEMPLES DE DOCUMENTS ÉLABORÉS PAR LA MAÎTRISE D'OUVRAGE	5
Le cahier des charges BIM de 3F – Groupe Action Logement	6
1 Présentation du document	12
2 Objectifs et usages BIM	12
3 Management de projet	14
4 Jalons et livrables	17
5 Exigences techniques	23
6 Exigences fonctionnelles	25
La charte BIM de la Société du Grand Paris	32
I La démarche BIM, un lien entre les acteurs du Grand Paris Express	50
II Organiser et structurer la démarche	55
III Les fondamentaux du BIM à la Société du Grand Paris	64
IV Annexe 1 : Documents de références, normes et partenariats	70
V Annexe 2 : Glossaire BIM, définitions, sigles et acronymes	74
ANNEXE VI LE GUIDE D'APPLICATION BIM LUXEMBOURGEOIS	91
1 Introduction	96
2 Le BIM : ce qu'il faut savoir	96
3 Mettre en place un projet BIM	109
4 Conclusion	116
5 Références	116
6 Glossaire	117
7 Annexes	120
8 Remerciements	120
ANNEXE VII LIENS VERS LES LIVRABLES DU PLAN BIM	124
ANNEXE VIII BIBLIOGRAPHIE	125
Lettre de mission	126
Remerciements	131

AVERTISSEMENT

Le choix d'un processus de réalisation (processus loi MOP classique ou marché global) est un choix qui appartient au maître d'ouvrage dans le respect de la réglementation existante et notamment des conditions législatives et réglementaires de recours aux marchés de conception-réalisation. De même, le maître d'ouvrage peut choisir de confier à la maîtrise d'œuvre des missions complémentaires, qui sont souvent confiées aux entreprises : métrés, EXE, synthèse, commissionnement.

Ce choix est totalement indépendant du choix du maître d'ouvrage de s'engager dans une démarche BIM.

Dans ce guide, derrière les termes « maître d'œuvre » ou « maîtrise d'œuvre », il convient de lire « groupement conception-réalisation » chaque fois que l'on est dans un processus de conception-réalisation. Il faut par ailleurs rappeler que le mandataire représente l'ensemble des membres soit de l'équipe de maîtrise d'œuvre, soit du groupement conception-réalisation, vis-à-vis du maître d'ouvrage.

Ce guide a été rédigé en prenant en compte les contraintes inhérentes à la maîtrise d'ouvrage publique. Il peut être également utilisé par les maîtres d'ouvrage privés qui pourront s'affranchir de tout ou partie des contraintes spécifiques à la maîtrise d'ouvrage publique.

Le présent guide traite du domaine bâtimentaire. Pour autant, la démarche BIM a vocation à être utilisée de façon plus large et avec une meilleure efficacité à l'échelle de l'aménagement urbain : on parle alors de CIM (*City Information Modelling*).

Par ailleurs, l'annexe II présente le cas du bâtiment neuf ; mais elle est aisément transposable au cas de la réhabilitation, qui, dans le cadre des transitions climatiques, énergétiques et environnementales, constitue un enjeu de développement majeur de la filière.

Enfin, il est à noter qu'entre 2016 et aujourd'hui, un important travail de codification est intervenu, qui à lui seul aurait justifié l'actualisation du présent guide : depuis l'ordonnance 2018-1074 du 26 novembre 2018, les dispositions de la loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée, du décret 93-1268 du 29 novembre 1993, et de l'arrêté du 21 décembre 1993, sont codifiées dans le code de la commande publique, dans le livre IV de la deuxième partie relative aux marchés publics. Les articles législatifs et réglementaires concernés sont rappelés dans l'annexe II du présent guide.

QUELLES DÉFINITIONS POUR LE BIM ET LA MAQUETTE NUMÉRIQUE ?



© Agence Miralles Tagliabue EMBT © Société du Grand Paris

L'acronyme BIM d'origine anglo-saxonne a plusieurs significations. *Building Information Model* correspond au modèle de données décrivant un projet ; *Building Information Modelling* décrit le processus de création, de collecte et d'utilisation de ces données ; enfin *Building Information Management* met l'accent sur l'organisation de projet nécessaire à la mise en œuvre du processus.

Dans le cadre de ce guide nous avons décidé de ne garder que l'acronyme BIM pour *Building Information Modelling* définissant le processus. En France, le terme de Maquette Numérique est aujourd'hui entré dans le langage courant pour définir le *Building Information Model*. Par ailleurs, nous définirons le *Building Information Management* par le terme BIM Management. Il est enfin à préciser qu'une ambiguïté demeure quant à la reprise des concepts anglo-saxons de *Modeling* ou de *Modelling* : c'est le second qui sera repris dans le présent guide, plutôt usité par les britanniques, et qui renvoie d'un point de vue sémantique à la notion de « modélisation », tandis que le premier, plutôt usité outre-Atlantique, renvoie plutôt à celle de « modelage », ce qui en matière architecturale nous est apparu impropre ou sujet à controverses.

BIM : le BIM (« *Building Information Modelling* ») : méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une ou plusieurs maquettes numériques. Dans un processus BIM, chaque acteur de la construction modélise et renseigne sa maquette, en utilisant les maquettes transmises par les autres acteurs afin d'en tirer les informations dont il a besoin pour son métier. Les maquettes sont interopérables, et permettent donc la circulation et le partage des informations qu'elles véhiculent. Au final, le travail collaboratif donne lieu à un objet virtuel renseigné, représentatif de la construction, de ses caractéristiques géométriques et des propriétés de comportement.

BIM Management : le BIM Management vise à l'organisation des méthodes et processus permettant notamment l'établissement et le suivi de la maquette numérique. Il sera en charge

de piloter l'élaboration de la convention BIM. Selon la nature du BIM Management, notamment sa contractualisation de mission auprès du donneur d'ordre, la convention BIM sera élaborée, rédigée et mise à jour en coordination et accord avec l'ensemble des parties intervenantes concernées.

Le BIM trouve sa définition sur le plan normatif dans la série de normes ISO 19650, telles que parues en décembre 2018 : il s'agit de l'« utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision. » (ISO 29481-1:2016, 3.2 – modifiée).

Dans l'arrêté du 30 septembre 2021 modifiant les cahiers des clauses administratives générales des marchés publics de maîtrise d'œuvre et de travaux (initialement définis dans les arrêtés du 30 mars 2021), on trouve reprise à l'article 2 cette définition du BIM, comme « outil de représentation numérique partagée permettant de faciliter les processus de conception, de construction et de former une base fiable permettant les prises de décision ».

Maquette numérique : on appelle maquette numérique ou *Building Information Model* une représentation numérique tridimensionnelle des caractéristiques fonctionnelles et/ou physiques de l'ouvrage. Elle est constituée d'objets et d'espaces identifiés et renseignés (nature, composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, performances ...). Elle décrit l'ouvrage pendant tout ou partie de son cycle de vie : programmation, conception, réalisation, réception, exploitation maintenance, déconstruction. La maquette numérique décrivant un ouvrage peut être unique ou constituée de la somme de maquettes et/ou modèles métiers complémentaires. En ce sens et par extension, on conservera le même vocable de maquette numérique pour la base de données numérique constituée par la maquette elle-même complétée par tout son environnement numérique

qui pourra par exemple comprendre les livrables extraits de la maquette aux différents stades d'avancement des études ou encore le dossier de permis de construire et plus généralement toute pièce ou document numérique susceptible d'en faciliter la compréhension ou la communication.

En fonction des étapes du cycle de vie de l'ouvrage, elle prend les appellations suivantes :

Document numérique de programmation : maquette numérique de site, et programme du projet, complétés par une numérisation des exigences et des contraintes programmatiques du projet. Elle peut servir à la consultation des MOE. En cas de réhabilitation, ce document numérise les données de l'existant.

Maquette numérique de construction : maquette numérique couvrant les phases conception, réalisation et livraison.

Maquette numérique de phase conception : maquette numérique utilisée pour la conception de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions de MOE définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle est élaborée sous la responsabilité de la maîtrise d'œuvre. Elle est une compilation rassemblant les maquettes numériques propres à chaque intervenant et constituant une représentation numérique du projet. Cette compilation est effectuée conformément au processus du BIM Management. Les documents graphiques présentés sous forme de plans et prévus par le marché de maîtrise d'œuvre sont extraits de la maquette numérique. Celle-ci a vocation à accompagner la consultation des entreprises.

Maquette numérique de phase réalisation : maquette numérique utilisée pendant la phase de réalisation de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle permet l'élaboration des plans d'exécution réalisés par la maîtrise d'œuvre et le visa des plans d'exécution réalisés par les entreprises. Elle prend en compte les

conditions de la réalisation effective de l'ouvrage par un processus itératif mis en place avec les équipes de réalisation. Elle est la compilation des maquettes numériques et informations métiers de tous les intervenants constituant une représentation numérique du projet. Cette compilation est effectuée conformément au processus du BIM Management. Les documents graphiques présentés sous forme de plans et prévus par les marchés de travaux et de maîtrise d'œuvre sont extraits de la maquette numérique.

Maquette numérique de phase réception (maquette numérique DOE) : maquette numérique représentative de la construction telle qu'elle est au moment de la réception et de la livraison de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions définies par la loi MOP et ses textes d'application. Comme pour les autres pièces du DOE, elle est élaborée par les acteurs du projet, contrôlée par la maîtrise d'œuvre et remise au maître d'ouvrage.

NB : Les maquettes numériques des phases conception, réalisation et DOE sont idéalement trois états successifs d'une même maquette qui gagne en précision au fur et à mesure de l'avancement des études et du chantier.

Maquette numérique d'exploitation et de maintenance : maquette numérique utile au maître d'ouvrage, au mainteneur ou à l'exploitant. Elle répond aux besoins exprimés par le maître d'ouvrage, dans la charte et/ou le cahier des charges BIM, pour la maintenance et l'exploitation de l'ouvrage livré. Elle peut être constituée d'une version adaptée de la maquette DOE, et incorpore de nouvelles données notamment liées à l'usage. Elle est enrichie de données spécifiques à l'exploitation et à la maintenance, d'informations sur les valeurs de mesure attendues pour les contrôles, d'un recensement des contrats et des contacts fournisseurs. Pour les bâtiments existants, elle peut être élaborée à partir d'un relevé 3D avec un niveau d'information adapté aux besoins de l'exploitation et de la maintenance. Elle peut servir à la consultation d'un prestataire pour l'exploitation et/ou la maintenance.

Maquettes numériques métiers : maquette numérique propre à chaque intervenant.

Commentaire :

Le BIM est ici spécifiquement et exclusivement appliqué à la filière du bâtiment : dans l'aéronautique ou l'automobile, la simulation numérique est aussi employée, et ce depuis des décennies, afin d'obtenir une représentation des prototypes et de rentrer en phase de test dès avant la mise en construction. Évidemment, l'approche dans la construction bâtiminaire est sensiblement différente puisque la simulation du bâti n'est pas cinétique, mais statique. Il est parfois question de « **jumeau numérique** » (en anglais, *digital twin* ou *device shadow*) pour désigner la réplique numérique d'un objet. Symétriquement, la construction est la réplique de l'objet numérique initial, réalisation unique dans le domaine bâtiminaire, réalisation en série dans le monde industriel.

Niveaux de collaboration du BIM

Il est courant de distinguer des niveaux de collaboration et de synchronisation entre les métiers qui concourent à la réalisation d'un même objet : il est alors fait mention de « niveaux de BIM » :

BIM niveau 1 (BIM individuel)

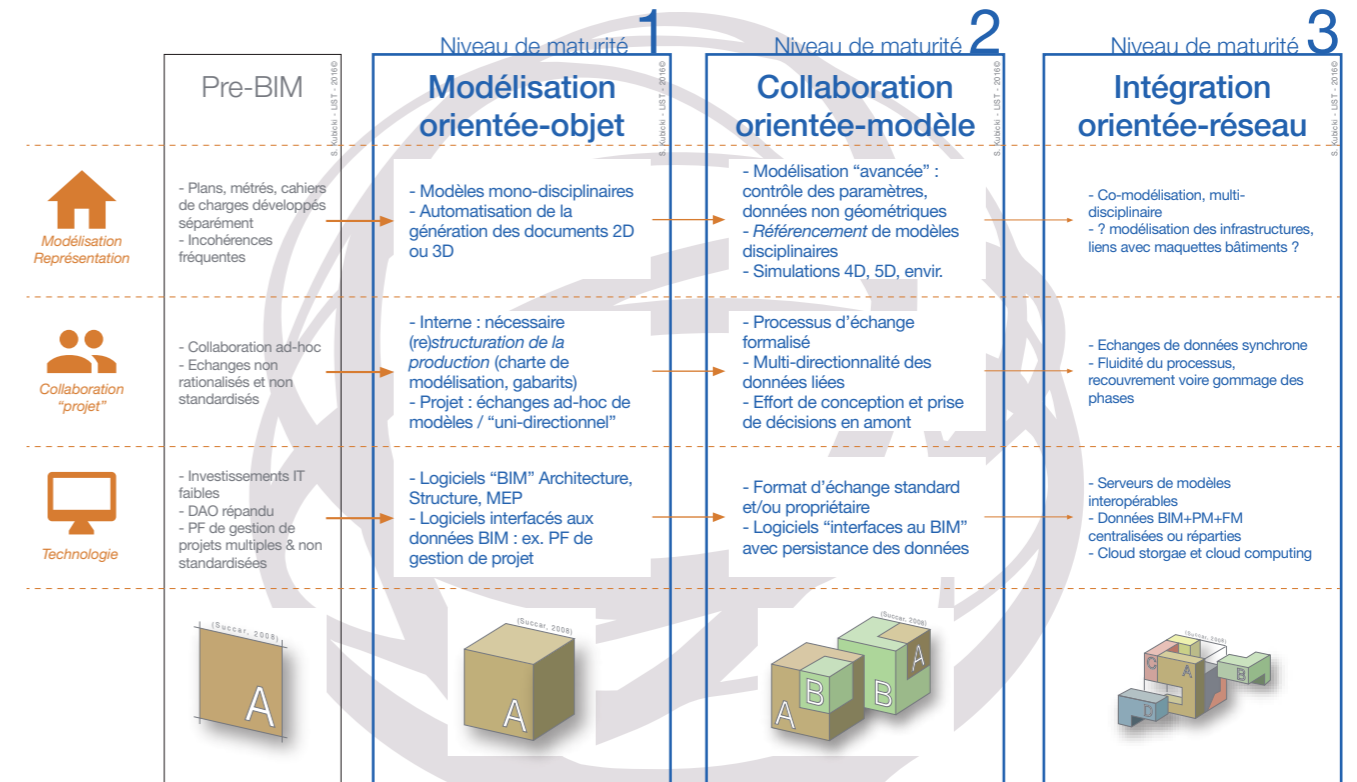
Dans le BIM niveau 1 les acteurs de la construction travaillent individuellement avec des fichiers 2D, voire des maquettes numériques 3D hétérogènes dont l'interopérabilité n'est pas garantie ; il n'est alors pas vraiment question de travail collaboratif.

BIM niveau 2 (BIM collaboratif)

L'objectif réaliste aujourd'hui visé est l'atteinte du BIM niveau 2, c'est-à-dire un BIM collaboratif, où chaque acteur de la construction travaille sur sa propre maquette en fonction des outils métiers disponibles sur le marché, avec des échanges de fichiers rendus possibles par une interopérabilité entre les différents logiciels.

BIM niveau 3 (BIM intégré)

Le BIM niveau 3 : tous les acteurs échangent sur une même plateforme et collaborent autour d'une maquette unique, une fois les pratiques bien maîtrisées au niveau 2 et après développement de solutions technologiques et logicielles appropriées. Ce niveau 3 est basé sur l'échange de données et non plus de fichiers. Cette perspective n'est pas d'actualité à court ou moyen terme, même si elle peut s'envisager partiellement au niveau d'un opérateur particulier, par exemple une entreprise générale qui regroupe ses sous-traitants dans un environnement de travail commun.



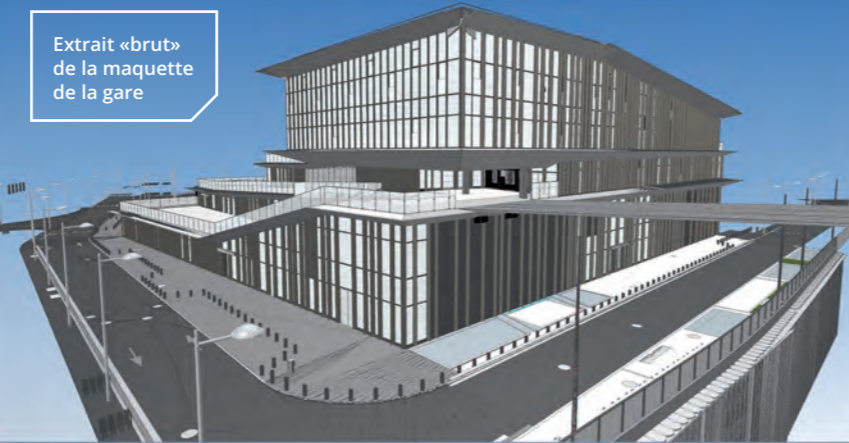
© S. Kubicki - Luxembourg Institute of Science and Technology - 2016/03
 Inspiré de (Succar, 2009), première publication dans (Botoni et Kubicki, 2014 - Actes du 6ème Séminaire de Conception Architecturale Numérique)
 Partagé sous licence Creative Commons BY-NC-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>)



NB : Il est aussi fait parfois mention de « dimensions de BIM » : cette multidimensionnalité est à entendre selon le niveau d'usages rendus possibles par la modélisation numérique, tels que la spatialisation des objets (3D), le chronologie des interventions de chacun (4D), l'anticipation des coûts et des économies permises par la fiction numérique (5D), etc.

Extrait «brut»
de la maquette
de la gare

© Société du Grand Paris



GARE SAINT-DENIS - PLEYEL

Extrait de
la maquette
de l'Atrium



© Société du Grand Paris

Maquette numérique regroupant toutes les dimensions de la future gare Saint-Denis-Pleyel : façade, infrastructures intérieures, parvis, insertion urbaine.

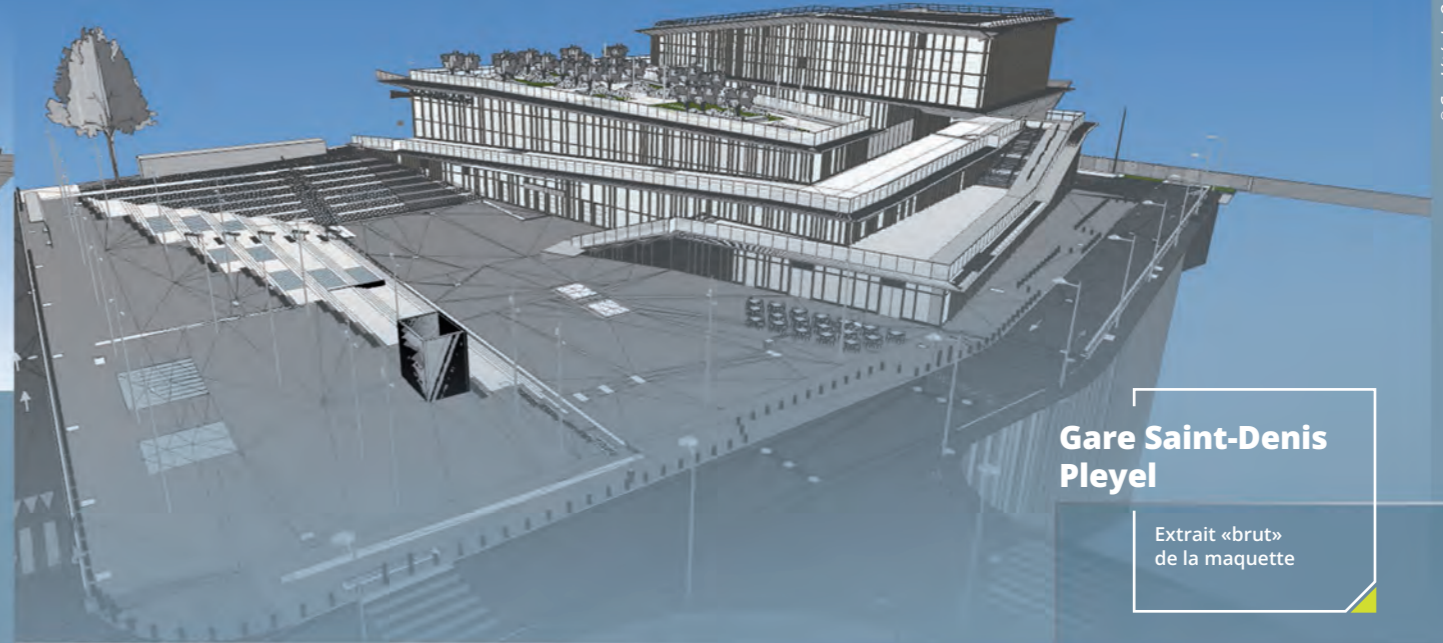
Atrium
de la gare
post traitée



© Kengo Kuma & Associates / Strimae et Luc Junior Tam / Société du Grand Paris

Gare Saint-Denis
Pleyel

Extrait «brut»
de la maquette



© Société du Grand Paris

Image
post traitée

Aménagements
extérieurs nuit
de la gare



© Agence Kengo Kuma & Associates / Société du Grand Paris

Perspective de la gare

Perspective de la gare Saint-Denis - Pleyel ligne 16



© Agence Kengo Kuma Et Associées / Société du Grand Paris

Ce type de projection numérique facilite en outre la représentation des futurs usages et la communication subséquente en vue de leur appropriation.

Perspective de la gare Saint-Denis - Pleyel ligne 16 - Ligne 17 sud

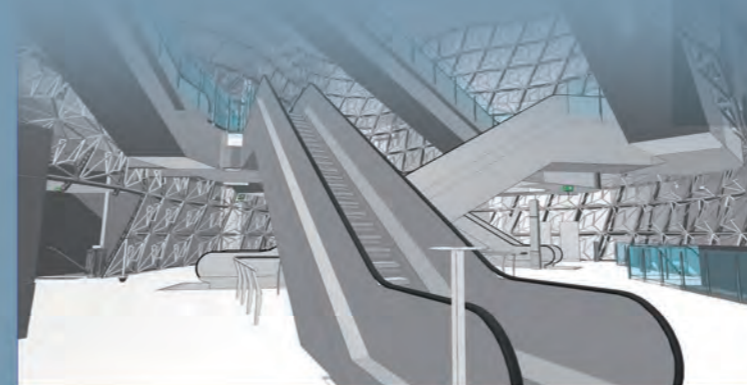
GARE SAINT-DENIS - PLEYEL



© Agence Kengo Kuma Et Associées / Société du Grand Paris

GARE CLICHY - MONTFERMEIL

Atrium de la Gare post traitée



© Agence Miralles Tagliabue EMBT © Société du Grand Paris

Extrait de la maquette de l'Atrium de la Gare Clichy - Montfermeil



© Agence Miralles Tagliabue EMBT © Société du Grand Paris

POURQUOI LA MAÎTRISE D'OUVRAGE A-T-ELLE UN INTÉRÊT À S'ENGAGER DANS LA DÉMARCHE BIM ?

2



© Chatillon Architectes

© Antoine Mercusot Courtesy Chatillon Architectes.

Il convient tout d'abord de rappeler que se lancer dans une démarche BIM pour la réalisation d'un équipement, ce n'est pas se lancer dans une aventure dont on ne connaît pas l'issue. Ce type de démarche autour d'une maquette numérique est utilisé depuis longtemps en France comme dans d'autres pays. En 2015, la France a institué le Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB) devenu ensuite « Plan BIM 2022 – Généraliser l'usage du numérique dans le bâtiment ». Bénéficiant de la participation active de l'ensemble des organisations professionnelles et doté de ressources financières importantes, ce Plan a permis de développer de nombreux outils d'un écosystème numérique performant afin de mettre en confiance et d'embarquer tous les acteurs dans cette démarche numérique, notamment les PME et TPE qui constituent l'essentiel du tissu économique du monde du bâtiment.

Cette démarche qui a fait ses preuves n'est donc plus une démarche expérimentale. Elle doit permettre à la maîtrise d'ouvrage d'avoir un bâtiment mieux conçu, mieux à même de répondre aux exigences des transitions écologiques, énergétiques et climatiques, mieux construit et plus facile à maintenir et à exploiter, sans parler des gains potentiels à terme sur les délais et les coûts. Le BIM reste une méthode de travail basée sur l'utilisation d'outils numériques et ne remplace pas l'intelligence apportée par chacun des acteurs mais il favorise par sa démarche collaborative l'intelligence collective.

La démarche BIM ne remet aucunement en question le déroulement en trois grandes étapes d'une opération de construction, à savoir une étape de programmation de la responsabilité de la maîtrise d'ouvrage suivie d'une étape de conception architecturale et technique de la responsabilité de la maîtrise d'œuvre et de l'étape de construction menée par les entreprises de travaux.

De même, le BIM ne remet pas en question le séquençement des études de conception, tel qu'il est notamment défini par les textes

de la loi MOP, aujourd'hui codifiés dans le code de la commande publique. Concernant les dispositions de la loi historique de 1985 et de son décret d'application de 1993, aujourd'hui repris au livre IV de la deuxième partie du CCP, ces principes visent à répartir précisément les responsabilités dans la chaîne de la construction, de la commande à la conception jusqu'à la réalisation puis la réception. Cet enchaînement reste le référentiel des professionnels de la filière, puisqu'il décrit très précisément les missions de maîtrise d'œuvre qui vont contribuer à la qualité attendue d'un ouvrage public. On retrouvera les études d'esquisse, d'APS, d'APD, de projet et d'exécution. Néanmoins, il est avéré en démarche BIM que l'effort de production se déplace en amont, ce qui est tout l'intérêt d'une synchronisation anticipée des paramètres de la conception.

Une démarche BIM complète trouve sa place dès l'étape de programmation et se poursuivra tout au long des études de conception, puis ensuite durant l'étape de construction et au-delà durant tout le cycle de vie de l'équipement (exploitation, maintenance, réhabilitation, déconstruction). Pour autant il reste tout à fait possible pour un maître d'ouvrage de s'approprier progressivement la pratique du BIM en se limitant dans un premier temps aux cas d'usage qui lui sont le plus utiles, puis en donnant plus d'ampleur à sa démarche au fur et à mesure de sa prise de confiance et de sa montée en compétence.

Gains pendant la phase initiale de programmation et de conception

Qualité, optimisation des études, ingénierie concourante, autocontrôle, compréhension partagée du projet

La démarche BIM ne peut qu'aller dans le sens d'une meilleure qualité. En effet, cette démarche favorise un travail interactif dès

les premières phases de conception entre les partenaires de la maîtrise d'œuvre permettant ainsi une meilleure cohérence des différentes études conduisant à des optimisations coordonnées du projet sous tous les aspects (réponse aux besoins, aspects techniques, financiers...). On parle d'ingénierie concourante.

Chacun développe et complète la maquette avec ses propres données, données sous formes d'objets avec leurs caractéristiques en termes de dimensionnement, de nature de matériaux, de performances, de coûts, de durée de vie. Les risques de pertes d'information lors des allers et retours du projet entre les différents partenaires sont largement amoindris dès lors qu'il y a une bonne interopérabilité entre les outils métiers de ces différents partenaires. La maquette numérique permet aux différents partenaires de limiter la ressaisie des données, occasionnant des gains de temps et une diminution des risques d'erreur.

Si, dès le départ, le programme du maître d'ouvrage est rédigé avec la volonté d'une démarche BIM, les besoins, exigences et contraintes formulés dans ce programme seront intégrés dans la maquette numérique par la maîtrise d'œuvre sans nécessiter une ressaisie. Il en sera ainsi des caractéristiques attachées aux espaces (surface, performances à atteindre ...), des règles d'urbanisme, des règles d'accessibilité, des classements relatifs à la réglementation incendie...

Les logiciels BIM sont maintenant paramétrables pour alerter directement l'opérateur s'il ne respecte pas certains dimensionnements issus d'obligations réglementaires. On parle d'autocontrôle.

La maquette numérique par sa représentation du projet sous forme tridimensionnelle permet également une compréhension facilitée et partagée du projet, notamment pour le maître d'ouvrage lors des phases d'approbation des études.

La maquette numérique au service de la transition environnementale

La maquette numérique facilite et fiabilise la prise en compte des exigences réglementaires issues de la réglementation environnementale RE 2020. La simulation des différents scénarios de conception par la maîtrise d'œuvre est en effet simplifiée. Les calculs d'analyse du cycle de vie des matériaux (ACV) sont également fiabilisés, puisqu'ils exploitent les métrés issus de la maquette numérique permettant de simuler différentes variantes.

Amélioration de la mesure des quantités (surfaces, distances, volumes, dimensions, etc...) et de la perception spatiale

La maquette numérique facilite le calcul et la précision de la mesure des quantités, permettant de fiabiliser les estimations financières. Tout acteur, sans être un utilisateur averti des outils numériques, a de plus la possibilité de mieux comprendre les plans de conception par une perception directe des volumes de la maquette numérique et de leurs agencements en utilisant une visionneuse (« viewer ») librement disponible en ligne.

Amélioration de la qualité des estimations financières

La maquette numérique permet une meilleure qualité des estimations financières dans la mesure où les maîtres d'œuvre disposent de données plus nombreuses et plus précises, plus tôt, dans l'établissement du projet.

Le processus itératif de la maquette numérique permet à ces professionnels d'analyser avec plus de précisions les éléments qualitatifs, quantitatifs et de prix, constitutifs du coût de la construction. C'est un processus progressif, à chaque étape de conception correspond un niveau de définition du prix.

En augmentant l'exigence de transparence, d'analyse et de contrôle des coûts, la maquette facilite leur réajustement lors des différentes phases de conception et lors des évolutions de programme formulées par le maître d'ouvrage.

Gestion plus souple des modifications

La maquette numérique peut faciliter le maintien de la cohérence d'ensemble du projet lors des modifications qui interviennent en phase conception à la demande du maître d'ouvrage. Pour autant la maîtrise d'ouvrage ne doit pas en abuser car cela pourrait conduire à un projet en perpétuelle évolution et qui pourrait au final ne plus répondre aux besoins et exigences exprimés dans le programme. Deux points de vigilance sont à rappeler, d'une part le risque juridique de modifications trop profondes susceptibles de mettre en cause les conditions initiales de la consultation ayant conduit à l'attribution du marché de maîtrise d'œuvre, ou encore le risque de perturbation de l'équilibre économique du marché de maîtrise d'œuvre, nécessitant alors la passation d'un avenant. Il convient donc de spécifier dans le contrat le nombre et la périodicité des revues de projet par le maître d'ouvrage.

Gains de temps permettant une meilleure optimisation du projet

Les gains de temps engendrés par la maquette numérique en phase de conception et notamment lors des phases de validation par le maître d'ouvrage peuvent être mis à profit pour donner à la maîtrise d'œuvre un peu plus de temps pour parfaire l'optimisation du projet. Au global, il n'y aura peut-être pas de gains de temps significatifs sur cette phase de conception mais le projet sera encore mieux étudié et donc, de meilleure qualité, permettant probablement des gains de temps ultérieurs en phase chantier et en phase d'exploitation maintenance.

Concertation et dialogue facilités avec les utilisateurs, usagers...

La maquette numérique offre de larges possibilités de visualisation en 3D du projet. Le maître d'ouvrage pourra utiliser ce mode de visualisation pour concerter et communiquer autour de son projet avec les utilisateurs, les usagers, les riverains, les clients...

La maquette numérique permet d'avoir ce mode de visualisation à un coût moindre car ces visualisations 3D peuvent être extraites directement de la maquette numérique. Coût moindre mais pas nul car ces visualisations doivent être adaptées à l'usage qui en est fait et au public auquel elles sont destinées : ce n'est pas la maquette numérique remise par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage à chaque étape de conception qui peut être directement présentée avec un outil de visualisation pour ces actions de concertation et communication.

A terme, à la condition que les collectivités publiques et services déconcentrés de l'État en charge de l'instruction des autorisations d'urbanisme soient de qualité et de quantité suffisante pour intégrer dans leurs pratiques de gestion les principes du BIM, la maquette numérique de l'ouvrage à venir a vocation à constituer un levier de compréhension par la visualisation en 3D, de traitement et d'amélioration de la délivrance des permis de construire.

Gains de qualité de la construction : des acteurs amenés à travailler plus facilement et plus tôt ensemble

Des études plus précises, pour une meilleure optimisation du projet

La maquette numérique en phase de conception conduit la maîtrise d'œuvre à travailler avec davantage de données et plus de

précision dès les phases amont. Le projet sera ainsi mieux optimisé et donc de meilleure qualité. Le maître d'ouvrage aura une meilleure vision pour pouvoir anticiper et prendre ses décisions.

Consultation des entreprises améliorée

Une maquette numérique issue de la phase de conception intégrée en annexe du dossier de consultation permettra une compréhension facilitée du projet par les entreprises. Elles pourront mieux appréhender le déroulement du chantier et définir avec plus de facilité les quantités et le niveau de prestation attendu pour établir leur offre de prix.

Même si le BIM permet de définir un projet mieux optimisé, il ne faut pas négliger le savoir-faire des entreprises en termes d'optimisation constructive des projets et donc permettre à ces dernières d'être force de proposition en la matière : notamment, cette approche permettra de ne pas fermer systématiquement en marché classique l'ouverture aux variantes dont le champ aura été limitativement défini par les équipes de conception. De même, l'analyse technique des offres par le pouvoir adjudicateur devrait être facilitée par cette cohérence d'ensemble entre le projet du maître d'œuvre et les données du dossier de consultation des entreprises.

Études d'exécution/visa/synthèse mieux optimisées, car partagées

L'optimisation et la qualité apportées par la maquette numérique lors des différentes phases de conception se retrouveront également lors de l'élaboration des études d'exécution, que ces dernières soient réalisées par la maîtrise d'œuvre ou par les entreprises. Dès lors que toutes les études d'exécution sont rattachées à une même maquette numérique, la synthèse bénéficiant d'une détection automatique des conflits sera facilitée et de meilleure qualité.

Sur ce point, il sera fortement recommandé d'introduire une procédure de validation de la maquette numérique en phase visa.

Gestion du chantier facilitée (réduction des aléas en phase chantier, gestion des approvisionnements, déroulement du chantier, ...)

Le BIM de par la qualité de la conception de l'ouvrage qu'il permet, élimine une partie des aléas en phase chantier par une meilleure gestion des interfaces. La plupart des points de conflit qui, dans un mode classique, peuvent échapper à la vigilance des acteurs du projet pour ne se révéler qu'en phase chantier, sont éliminés en mode BIM. En effet, les logiciels d'élaboration de la maquette numérique permettent une meilleure détection des points de conflit et créent des alertes. C'est un des grands atouts d'une mission synthèse BIM.

La maquette numérique sera également un outil performant pour la gestion des approvisionnements par les entreprises, du fait d'une détermination des quantités plus fiable et de la gestion d'un planning plus efficace.

Par une meilleure anticipation, la maquette numérique aide à la préparation de la phase de réalisation. Elle permettra d'anticiper, d'optimiser et de prévoir les scénarios du déroulement du chantier. Elle participe activement à l'intégration des sécurités et du matériel utilisé pendant les phases provisoires de construction.

Réduction de la sinistralité

Les opérations réalisées dans le cadre d'une démarche BIM, doivent conduire, par la qualité engendrée via le processus, à des ouvrages présentant moins de désordres et de malfaçons. Avec cette baisse de la sinistralité, des gains devraient donc apparaître et avoir, à terme, des répercussions sur les contrats d'assurance des différents acteurs.

Par ailleurs, en cas de sinistre dû à une malfaçon ou à un évènement extérieur (intempérie par exemple), les missions d'expertise devraient être réduites et facilitées du fait de la parfaite connaissance de l'équipement construit. La maquette numérique DOE facilitera les investigations menées par les experts pour connaître l'ouvrage. Toutefois, il convient de veiller au bon archivage de la maquette numérique DOE de l'opération initiale (à utiliser pour des sinistres de type garantie décennale), à la prise en compte de l'évolution de cette maquette DOE par les concepteurs successifs en cas de nouvelles opérations portant sur l'ouvrage, ainsi qu'à la mise à jour en temps réel de la maquette exploitation maintenance. Le BIM management doit assurer une bonne qualité de la traçabilité des interventions de chacun.

Outil facilitateur pour l'exploitation maintenance

Meilleure prise en compte en amont de l'exploitation maintenance

C'est le processus d'ingénierie concourante incluant l'ensemble des acteurs de la filière qui conduit à ce résultat. Cela nécessite toutefois que le maître d'ouvrage exprime en phase de programmation ses attentes en termes d'exploitation et de maintenance et qu'une compétence en exploitation maintenance soit présente au sein des équipes de conception avec, sans doute, des logiciels spécifiques permettant d'analyser une maquette numérique de phase conception au regard de ses qualités en matière d'exploitation maintenance.

Aide pour la consultation des entreprises d'exploitation maintenance et la mise au point de leurs marchés

Le fait pour le maître d'ouvrage d'avoir défini dès la phase de programmation ses ambitions et objectifs en termes d'exploitation

maintenance, demandes prises en compte par les concepteurs, facilite la constitution du dossier de consultation des entreprises d'exploitation maintenance. Ce dossier de meilleure qualité devrait aider ces dernières à élaborer leurs offres. De plus, si le maître d'ouvrage a réalisé son opération en mode BIM jusqu'à disposer d'une maquette numérique de réception, celle-ci sera partie intégrante du dossier de consultation. Elle facilitera encore davantage l'élaboration des offres d'exploitation maintenance par une meilleure compréhension du projet et une appréhension plus fine des quantités extraites de la maquette et essentielles pour formuler des offres optimisées.

Une maquette numérique interopérable avec les logiciels d'exploitation maintenance, un véritable outil opérationnel pour l'exploitation maintenance

La maquette numérique DOE représentative de la construction telle qu'elle est au moment de la réception et de la livraison de l'ouvrage peut être connectée aux logiciels d'exploitation maintenance, éventuellement après écriture d'une interface logicielle adaptée, pour mener les opérations d'exploitation maintenance. Cette maquette pourra être enrichie de données relatives à l'usage du bâtiment qui bien souvent ne sont pas disponibles avant sa prise de possession par les utilisateurs. C'est la maquette numérique d'exploitation maintenance. Sa configuration finale peut dépendre de la façon dont le maître d'ouvrage souhaite exploiter et maintenir son bâtiment.

Un outil performant de gestion patrimoniale et gestion de l'usage

Cet outil, très efficace pour l'exploitation maintenance d'un équipement, le sera tout autant pour l'exploitation maintenance de tout un patrimoine dès lors que le maître d'ouvrage aura défini une stratégie de gestion patrimoniale et que cette dernière aura été intégrée le plus en amont possible dans la maquette numé-

rique. On veillera au bon interfaçage de la maquette numérique exploitation maintenance avec les logiciels utilisés pour l'exploitation maintenance et la gestion patrimoniale. La compatibilité ou l'interopérabilité de la maquette BIM aurait ainsi vocation à constituer un continuum ou document de référence à destination des exploitants une fois l'ouvrage réceptionné et passé en phase d'exploitation, maintenance et GER.

Outil précieux lors d'opérations de réhabilitation, restructuration et même lors de la démolition de l'équipement

La maquette numérique, du fait d'un meilleur niveau d'information sur l'équipement construit, facilitera et réduira les missions de relevés, d'expertises et de diagnostics portant sur cet équipement. Cela nécessite que la maquette numérique de DOE soit fidèle à l'ouvrage construit et soit maintenue parfaitement à jour lors de modifications apportées à cet ouvrage durant sa vie.

Les données de cette maquette qui ne seraient pas impactées par les modifications apportées à l'équipement initial pourront directement alimenter la nouvelle maquette numérique relative à l'équipement réhabilité ou restructuré.

Gains économiques : des gains à terme sur le coût global

Si le recul est aujourd'hui encore insuffisant pour apprécier de façon fiable et chiffrée les gains économiques apportés par le BIM, il apparaît néanmoins que le BIM est une avancée significative en matière de précision et de fiabilité, du fait du nombre de variables qu'il permet d'intégrer. Cet outil correspond, de ce fait, à l'attente

des maîtres d'ouvrage publics, pour lesquels le critère final est la sécurité des délais et des coûts vis-à-vis de leurs administrés. Le premier objectif du BIM est en effet d'apporter une meilleure qualité aux bâtiments construits et une meilleure prise en compte de l'exploitation maintenance, ce qui devrait conduire à des gains sur le coût global, impliquant un raisonnement en termes d'investissement et non plus seulement en termes d'évaluation des travaux. Le BIM peut, par ailleurs, permettre la mise en place de la norme ISO 15 686-5 « méthode de calcul du coût global d'une opération de la construction à la déconstruction ». Un autre objectif du BIM est de faciliter une approche plus durable de la réalisation des bâtiments en maîtrisant mieux les préoccupations environnementales.

Dès lors que les acteurs de la chaîne de construction se seront appropriés les nouveaux outils, le poste de gain le plus immédiat portera sur les coûts de réalisation de l'ouvrage du fait d'une conception mieux optimisée, d'une réduction importante des aléas de chantier et d'une meilleure maîtrise des délais qui en découlera. Il convient toutefois de préciser que l'approche en coût global peut, inversement, renchérir le coût de réalisation du fait de choix constructifs plus pérennes, notamment en ce qui concerne les équipements et les matériaux. Dans un deuxième temps, des gains significatifs sont attendus sur l'exploitation maintenance, qui disposera d'une base de données fiable comme support d'activité. Les gains concernent donc l'ensemble de la chaîne des acteurs liés au projet tout au long de son cycle de vie. Chacun des acteurs sur les opérations, dans les tâches qui lui sont confiées, avec ses nouveaux outils, maîtrisera mieux ses risques, aléas et incertitudes.

Toutefois, en phase d'apprentissage et d'acquisition du BIM par l'ensemble des acteurs de la filière du bâtiment, le passage à la démarche BIM et à l'utilisation de la maquette numérique n'engendre que progressivement ces gains économiques, qui sont notamment déterminés par les éléments liés au temps de retour sur investissement pour les acteurs et à l'évolution de la courbe

d'apprentissage des compétences. En effet, la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre, les entreprises, les industriels, et tous les autres acteurs, doivent investir pour acquérir les compétences et les outils nécessaires à la maîtrise de la démarche BIM et à l'utilisation de la maquette numérique.

C'est pourquoi, les gains économiques liés la démarche BIM et à l'utilisation de la maquette numérique ne sont pas immédiats pour les acteurs. Ils sont conditionnés par les éléments relatifs aux capacités à investir, à la dimension des structures, etc., spécifiques à chaque acteur.

Sécurisation des délais

La démarche BIM se traduisant par une implication des acteurs suffisamment en amont, la synthèse des études, les simulations, les décisions, les approvisionnements... sont anticipés et mieux coordonnés, rendant ainsi le chantier plus fluide et mieux maîtrisé. Cette gestion facilitée permet de sécuriser les délais.

Les délais d'intervention en phase d'exploitation maintenance pourront également être réduits du fait d'une parfaite connaissance de l'équipement construit.

Facteur d'évolution de la maîtrise d'ouvrage

Au-delà de tous les atouts potentiels précités d'une démarche BIM, une telle démarche incitant la maîtrise d'ouvrage à mieux connaître son patrimoine, à penser dès l'amont gestion et optimisation de son patrimoine, à raisonner en coût global, ne peut que conduire la maîtrise d'ouvrage à s'inscrire dans une démarche

volontaire de professionnalisation pouvant aller jusqu'à une réorganisation de ses services.

Même si, en 2019, on a pu constater un effet discriminant de la démarche BIM en matière de coûts d'entrée, et, de facto, de nombre de candidatures, la tendance est désormais, moyennant des diversités territoriales, celle d'une appropriation *mutatis mutandis* du BIM par un nombre croissant de maîtres d'ouvrage publics conduisant maîtres d'œuvre et entreprises à investir en équipements et en formations, garantissant un niveau suffisant de concurrence. Il convient toutefois de ne pas imposer l'utilisation d'un logiciel déterminé et de choisir un format d'échanges des données ouvert et courant. C'est le cas du format IFC normalisé à l'ISO qui est le seul format d'échanges standard et normalisé utilisé pour les maquettes numériques dans le domaine de la construction.¹

De plus, tous les acteurs de la construction et leurs organismes représentatifs se mobilisent aujourd'hui pour promouvoir et faciliter l'accès à la démarche BIM et à la maquette numérique dans leurs métiers respectifs. Le nombre de professionnels aptes à répondre aux demandes des maîtres d'ouvrage en matière de BIM ne cesse d'augmenter.

Les industriels également se mobilisent pour que leurs produits s'intègrent dans des bibliothèques venant s'articuler avec les modèles d'objet génériques dans le cadre de la norme expérimentale XP P07-150 dite « PPBIM ». En marchés publics, jusqu'à la phase de consultation des entreprises, la maquette numérique ne pourra contenir que des objets génériques porteurs des exigences, puis la maquette s'enrichira ensuite des informations des objets réellement mis en œuvre par les entreprises.

¹ S'agissant de l'échange des données non géométriques dans le BIM, les pays anglo-saxons proposent le format COBie

3

COMMENT LE MAÎTRE D'OUVRAGE S'ENGAGE-T-IL DANS UNE DÉMARCHE BIM ?



© Agence Kengo Kuma Et Associates / Société du Grand Paris

Le présent chapitre présente la démarche à suivre par le maître d'ouvrage lorsqu'il souhaite mettre en œuvre une démarche BIM sur son projet, ou pour l'exploitation de son patrimoine, et illustre par des exemples les usages BIM qui peuvent être considérés et mis en œuvre sur son projet.

Il appartient au maître d'ouvrage de préciser de manière éclairée dans sa charte BIM ou son cahier des charges BIM ses attendus BIM pour les phases considérées, pouvant s'étendre de l'établissement du programme à l'exploitation, voire la fin de vie de l'ouvrage.

Structuration de la maîtrise d'ouvrage

L'engagement de la maîtrise d'ouvrage dans une démarche BIM qui conduit, au-delà d'une amélioration de la qualité des ouvrages construits, à une meilleure prise en compte dès l'amont des conditions d'exploitation maintenance des équipements construits, et à une forte incitation à raisonner en coût global, impacte l'organisation de la maîtrise d'ouvrage en induisant, notamment, un rapprochement entre les services en charge de la construction et ceux en charge de la gestion de l'équipement, dès lors qu'ils appartiennent à la même structure. Cela peut alors conduire le maître d'ouvrage à revoir son organisation interne afin de rendre plus efficient ce rapprochement. Cela touche les services opérationnels mais également les services financiers, informatiques et toute la chaîne hiérarchique jusqu'aux décideurs.

Plan d'action de la maîtrise d'ouvrage

Les maîtres d'ouvrage qui n'ont pas encore défini une stratégie de gestion de leur patrimoine ou ceux à la tête d'un patrimoine très modeste peuvent s'engager dans une démarche BIM à l'occa-

sion de la construction ou de la réhabilitation d'un ouvrage avec, pour objectif essentiel, l'amélioration de la qualité de réalisation de cet équipement. À cet effet, les objectifs BIM du maître d'ouvrage seront présentés dès le stade de la programmation dans un cahier des charges BIM de l'opération, véritable volet BIM du programme.

Les maîtres d'ouvrage qui possèdent un patrimoine immobilier conséquent peuvent, outre les aspects qualitatifs, se donner pour objectif d'assurer une gestion optimisée de leur patrimoine. Le maître d'ouvrage établira une charte BIM à cet effet, charte qui donnera lieu, par la suite, à une déclinaison opération par opération au travers d'un cahier des charges BIM propre à chaque opération.

Ces réflexions préalables, aussi bien concernant la charte BIM que le cahier des charges BIM, conditionnent le succès d'un projet à réaliser en démarche BIM.

La charte BIM du maître d'ouvrage

La charte BIM est un document générique élaboré par le maître d'ouvrage traduisant sa politique en objectifs de qualité et de performances attendues. Elle recense notamment les exigences et les objectifs à satisfaire pour que le processus BIM des opérations puisse alimenter son processus exploitation maintenance BIM de son patrimoine.

Lorsque le maître d'ouvrage dispose d'un outil de gestion technique de son patrimoine, la charte doit définir les objets ainsi que leurs caractéristiques pour qu'ils soient exportés dans le logiciel de gestion technique. La maquette numérique et le logiciel de gestion technique doivent donc être interopérables.

Par ailleurs, si certaines données non nécessaires pour la construction doivent être utilisées dans le cadre de la politique d'entretien

exploitation maintenance du maître d'ouvrage, il conviendra de formuler ces exigences dans la charte. Ce peut être, par exemple, le cas si le maître d'ouvrage a besoin de connaître la décomposition des surfaces peintes entre parties communes et parties privatives d'une construction.

Dans le cas où la maîtrise d'ouvrage en charge de la gestion de l'équipement construit est une entité différente de la maîtrise d'ouvrage en charge de la construction, il convient, dès lors que le maître d'ouvrage gestionnaire est connu, que ces deux entités se rapprochent pour élaborer cette charte afin que les attentes du gestionnaire soient prises en compte le plus en amont possible.

Plusieurs exemples de chartes BIM sont présentées dans le présent guide à l'annexe IV.

Les assistants à maîtrise d'ouvrage BIM (AMO BIM)

Même s'il convient de ne pas multiplier le nombre d'acteurs intervenant dans la réalisation d'un équipement, il peut être aujourd'hui utile pour une maîtrise d'ouvrage qui n'a pas encore acquis une solide expérience en matière de BIM de s'entourer d'un professionnel aguerri en la matière qui aura à traiter de ce sujet spécifique. Cela est d'autant plus utile que ses assistants habituels n'ont peut-être pas encore tous acquis eux-mêmes cette expérience. Mais à plus ou moins brève échéance, cette compétence en matière de BIM devrait se retrouver dans toute la chaîne des acteurs. Les conducteurs d'opération et les programmistes auront intégré cette compétence dans leur structure et il ne sera plus utile de faire appel séparément à un spécialiste du BIM. Il en a été de même en matière de HQE il y a quelques années.

Il n'en demeure pas moins que le maître d'ouvrage devra comme toujours choisir un assistant de qualité en privilégiant les compétences et les références plutôt qu'un prix trop bas.

Quelles commandes passer au programmiste et/ou à l'AMO BIM ?

Une maquette numérique du site

Une maquette du site peut être très utilement donnée afin de permettre la visualisation du projet dans son environnement. Cela nécessite que le maître d'ouvrage engage un processus de numérisation du site ou qu'il récupère ces données auprès de bases déjà disponibles. Afin que cette maquette de site présente toutes les garanties de fiabilité il est fortement recommandé de la faire établir par un géomètre expert.

Une modélisation numérique de l'existant pour le cas de la réhabilitation

À partir de relevés par scan 3D, il est possible pour un coût raisonnable de réinterpréter le nuage de points obtenus afin de réaliser une maquette numérique de l'existant.

Une programmation en mode BIM (cahier des charges BIM de l'opération)

Le Plan BIM a rendu possible la création d'un didacticiel gratuit, mis à disposition des maîtres d'ouvrage baptisé ORELIE. Aujourd'hui opérationnel, il permet à ces derniers d'appréhender tous les enjeux et les modalités rédactionnelles spécifiques d'un cahier des charges en mode BIM, utilisable aussi bien en construction neuve qu'en réhabilitation.

Le cahier des charges BIM de l'opération est un document précisant les exigences et objectifs des intervenants successifs du projet, incluant ceux de la charte BIM du maître d'ouvrage. Il constitue le volet BIM du programme. Il a une existence juridique depuis la refonte des CCAG intervenue au 1^{er} avril 2021.

Tant le CCAG Maîtrise d'œuvre que le CCAG Travaux comportent dans leur article 4 listant les pièces contractuelles des marchés la mention suivante « le cas échéant, si l'opération fait l'objet d'une démarche BIM, le cahier des charges BIM du maître d'ouvrage ».

Au-delà de ce volet BIM du programme, l'ensemble des besoins, contraintes et exigences du programme peut être spécifié sous un format qui permettra à la maîtrise d'œuvre de les intégrer directement dans sa maquette numérique. Il est en effet naturel que la programmation, première étape de toute opération, soit le maillon initial de la chaîne numérique continue qui définira et accompagnera l'ouvrage tout au long de son cycle de vie. Aujourd'hui, le programme est élaboré sur des plateformes diverses (traitement de texte, tableur, logiciel de dessin...) non reliées entre elles et qui ne permettent qu'un contrôle manuel de la cohérence des données. Les contenus sont propres à chaque opération et les modalités de présentation sont très diverses. Les modalités de transmission du programme à la maîtrise d'œuvre opèrent une rupture entre les études de programmation et les études de conception. La mise en œuvre progressive du BIM en programmation va, en inscrivant les études de programmation dans la chaîne du numérique, faciliter d'une part, le contrôle de cohérence des prescriptions programmatiques inscrites au programme et, d'autre part, leur transmission au maître d'œuvre. Les fiches espaces pourront être présentées en mode tableur pour que l'ensemble des données relatives à un espace soit facilement importé dans les outils logiciels des maîtres d'œuvre. Les performances générales actuellement rédigées en mode texte dans un cahier de spécifications techniques seront à terme ventilées pour entrer dans les bases de données associées à la maquette numérique. Cet objectif d'intégration des exigences de performance dans la maquette numérique limitera, voire, supprimera l'expression de spécifications de nature architecturale, technique ou environnementale contradictoires ou incompatibles, celles-ci faisant parfois l'objet de cahiers distincts du programme. L'expression des besoins, exigences et contraintes en matière d'exploitation maintenance fera partie intégrante du programme de l'opération. Les spécifications seront reliées aux volets tech-

niques du programme et caractérisées de manière à pouvoir être facilement extraites pour former la base d'un cahier des charges de consultation des prestataires.

À terme, le programme pourra se présenter comme un ensemble d'objets ou de règles dont les caractéristiques représenteront les besoins, exigences et contraintes du programme.

Le programme définira également les exigences du maître d'ouvrage en matière de structuration des données. Cela permettra au maître d'ouvrage d'obtenir une maquette compatible avec les autres éléments numérisés de son patrimoine. Ce sera également nécessaire pour permettre des échanges entre la maquette de construction et les logiciels d'exploitation maintenance.

Les données relatives au sol, aux existants (plans topographiques, plans des réseaux, plans des avoisinants) devraient également être fournies sous forme numérique compatible avec les logiciels utilisés pour l'élaboration de la maquette numérique. Cela nécessite également que toutes ces données aient été numérisées au préalable. Pour les réseaux, c'est un travail qui incombe aux concessionnaires de ceux-ci.

Analyse des termes de la convention BIM

Le maître d'ouvrage pourra se faire assister de son AMO BIM pour analyser les termes de la convention BIM proposée par la maîtrise d'œuvre en réponse au cahier des charges BIM avant validation de cette convention par la maîtrise d'ouvrage. Cet AMO veillera notamment à la bonne prise en compte dans cette convention des cas d'usages du BIM (voir ci-après) retenus par le maître d'ouvrage.

Une adéquation programme /projet en mode BIM

Le maître d'ouvrage et ses AMO, notamment le programmiste, pourront en phase d'adéquation programme projet, lors de la

remise des études d'APS et d'APD par la maîtrise d'œuvre, visualiser en 3D les propositions de la maîtrise d'œuvre. Cette visualisation de la maquette permettra de vérifier la cohérence intrinsèque du programme ainsi que la cohérence de la réponse apportée par le concepteur.

Le BIM peut permettre un suivi dynamique des études de conception par la maîtrise d'ouvrage, si cette dernière a un accès à la maquette numérique. Il convient que ce suivi soit bien encadré pour ne pas conduire à une immixtion de la maîtrise d'ouvrage dans la conception.

Usages du BIM

Le chapitre II a mis en avant tous les atouts d'une démarche BIM et notamment les gains de toute nature qu'une telle démarche est susceptible d'apporter. Un maître d'ouvrage en fonction de son organisation, du contexte de son patrimoine, des démarches qu'il a déjà mises en place pour la gestion, la valorisation, la numérisation de son patrimoine et de son expérience en matière de BIM, précise au travers de sa charte BIM et des cahiers des charges BIM ses attendus en matière de BIM.

Il définira ainsi les usages du BIM qu'il souhaite voir appliquer à l'ensemble de ses opérations ou à une opération en particulier. Cette définition des usages souhaités n'est pas figée dans le temps et sera susceptible d'évoluer avec l'expérience acquise en matière de BIM par le maître d'ouvrage. Ainsi, un maître d'ouvrage pourra s'engager progressivement dans une démarche BIM en élargissant au fil de l'expérience acquise le champ des usages souhaités. Seize cas d'usage ont été répertoriés et décrits très finement par le CEREMA associé à BIM in Motion dans un outil d'aide à la rédaction d'une convention BIM type, outil réalisé dans le cadre d'une commande du PTNB, disponible sur le site du plan

BIM 2022. Ces cas d'usage sont les suivants :

- 1 Modélisation des objets
- 2 Production des livrables de conception
- 3 Production des livrables d'exécution
- 4 Gestion des ouvrages et équipements
- 5 Superviseur d'exigences
- 6 Modélisation de site et des données existantes (particulièrement en cas de réhabilitation)
- 7 Communication autour du projet par immersion virtuelle
- 8 Revue de maquette et consolidation par phase
- 9 Études analytiques
- 10 Planification du chantier et de l'impact énergétique du futur équipement
- 11 Extraction des quantités et valeurs significatives
- 12 Préparation du chantier
- 13 Production des livrables de synthèse
- 14 Préfabrication et fabrication artisanale et industrielle
- 15 Réception de l'ouvrage
- 16 Gestion des espaces

Les points de vigilance

Identifiés comme facteurs de réussite d'une démarche BIM, le maître d'ouvrage sera particulièrement vigilant vis-à-vis des points suivants :

- Une bonne définition des usages du BIM tels qu'identifiés ci-dessus est une condition essentielle de réussite d'une démarche BIM. C'est la première question que doit se poser le maître d'ouvrage qui souhaite s'engager dans une telle démarche, « le BIM pour quoi ? ». C'est également la première attente d'une équipe de maîtrise d'œuvre face à un maître d'ouvrage s'engageant dans une démarche BIM. L'AMO BIM pourra assister le maître d'ouvrage pour déterminer les usages du BIM attendus par ce dernier.

- Le BIM impacte généralement, comme évoqué ci-avant, l'organisation de la maîtrise d'ouvrage en mettant à contribution dans la démarche les différents services de la maîtrise d'ouvrage (service en charge de la construction, service gestionnaire du patrimoine, service informatique, service financier, service marché...). Cet impact sur l'organisation nécessite donc une forte implication de la direction à même de prendre le cas échéant les décisions relatives à des modifications nécessaires de l'organisation. Pour les maîtres d'ouvrage qui ne disposent pas en interne de l'ensemble de ces services et qui font donc appel à des assistances extérieures telle qu'un conducteur d'opération en phase de construction, la démarche BIM pourra conduire à redéfinir les relations de ces prestataires extérieurs avec les services internes. Le maître d'ouvrage doit accorder à ce sujet toute l'attention nécessaire. L'AMO BIM pourra être missionné pour être force de propositions en la matière.

- Lorsque le maître d'ouvrage dispose d'un outil informatique de gestion de son patrimoine, qu'il souhaite conserver, il veillera à ce que son processus BIM, notamment en termes de numérisation de son patrimoine (structuration des données, géolocalisation, format d'échanges...), permette une migration des données dans son outil informatique. Il donnera ses exigences en la matière dans sa charte BIM et dans les cahiers des charges BIM. Il pourra s'appuyer sur son AMO BIM pour rédiger les clauses correspondantes. Si le maître d'ouvrage ne dispose pas d'un outil informatique de gestion de son patrimoine, il conviendra néanmoins qu'il définisse son référentiel de données afin d'avoir une homogénéisation de celles-ci pour ses différentes opérations et pouvoir ultérieurement les basculer dans un outil informatique de gestion de patrimoine.

- Le maître d'ouvrage veillera également à mettre en place les moyens nécessaires, à l'instar de tous les acteurs impliqués dans une démarche BIM, pour permettre la formation et une bonne appropriation des outils BIM par ses agents. Il pourra procéder par étapes, en formant un premier cercle d'agents pour une opération pilote, puis par démultiplication, ces agents en formeront d'autres. Le cas échéant, il sera loisible de développer une plate-forme collaborative dédiée, permettant d'organiser et de valider le partage des données de façon dématérialisée, traçable et sécurisée.

4 COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?



© Agence Kengo Kuma & Associates / Société du Grand Paris

BIM et maîtrise d'œuvre

Élaboration de la convention BIM par le maître d'œuvre à partir du cahier des charges BIM (matériels, logiciels, conditions de management...)

Le maître d'œuvre proposera dans le cadre de son offre une convention BIM en réponse au cahier des charges BIM intégré dans le dossier de consultation des concepteurs. Cette convention décrira les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, 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 traitera en particulier des aspects juridiques du marché notamment en ce qui concerne la propriété intellectuelle et les conditions d'utilisation par le maître d'ouvrage des données numériques issues du processus BIM. On pourra se reporter utilement sur ce point au rapport du groupe de travail animé par Xavier Pican pour le compte du PTNB et du CSCEE (rapport référencé dans la bibliographie).

La méthodologie proposée par le maître d'œuvre pourra être un des éléments pris en compte par le maître d'ouvrage pour l'appréciation de l'offre de maîtrise d'œuvre dès lors qu'il l'aura prévu au titre des critères d'analyse des offres.

La convention BIM, une fois acceptée par le maître d'ouvrage, deviendra une pièce contractuelle non seulement du marché de maîtrise d'œuvre mais également des marchés avec les autres acteurs et notamment les entreprises moyennant les adaptations nécessaires. En effet, à chaque étape du cycle de vie du projet la convention évolue et s'adapte aux nouveaux acteurs, à des usages nouveaux ou à des nécessités du projet.

Le maître d'œuvre doit donc dès le départ rédiger cette convention en pensant aux rôles qu'il souhaite voir assumer par les autres acteurs ou partager avec eux au regard de la méthodologie qu'il

propose. Ce n'est qu'à cette condition que tous les gains espérés du travail collaboratif engendré par le BIM seront obtenus.

Cette dimension juridique de la convention BIM en tant que pièce contractuelle des marchés a été consacrée à l'occasion de la refonte des CCAG du 1^{er} avril 2021. Tant le CCAG Maîtrise d'œuvre que le CCAG Travaux comportent dans leur article 4 listant les pièces contractuelles des marchés la mention suivante « le cas échéant, si l'opération fait l'objet d'une démarche BIM, la convention BIM et ses évolutions successives. ». En ce sens, la convention BIM constitue un livrable à part entière, qui vient s'inscrire dans l'ordre des priorités des livrables ordinaires.

L'« Outil d'aide à la rédaction d'une convention BIM type », disponible sur le site du plan BIM 2022 et mentionné supra peut servir la maîtrise d'œuvre pour proposer une convention BIM et la maîtrise d'ouvrage pour en analyser les termes et la valider.

Le management du BIM ou BIM management est une fonction nouvelle qui consiste à s'assurer du bon respect des règles d'interopérabilité contractuelles tout au long du cycle de vie du bâtiment. Ces règles sont définies et affinées successivement dans la charte BIM, le cahier des charges BIM et enfin la convention BIM. Le BIM manager supervise les processus de construction virtuelle, coordonne les différents intervenants (les techniciens BIM de chaque acteur) et assure le support aux équipes. Il ne fait pas de conception.

Le maître d'ouvrage qualifie les attendus du management du BIM sur son opération et confie ce rôle à l'acteur projet le plus pertinent au regard des intérêts de son opération, de la compétence et des modes de passation des marchés. Plusieurs solutions sont possibles et sont à considérer.

Le BIM management pourra ainsi être confié à un membre de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Ce management spécifique consti-

tuera une mission complémentaire ouvrant à une rémunération spécifique.

Le maître d'ouvrage peut également confier cette mission à un AMO spécialisé tel que celui dont il se serait entouré le cas échéant pour sa charte BIM ou son cahier des charges BIM.

Enfin, la maîtrise d'ouvrage pourrait également assurer elle-même le management du BIM. En fonction de la récurrence et du volume d'opérations, le maître d'ouvrage estimera la pertinence de créer une ressource au sein de ses propres effectifs.

La plateforme BIM, c'est-à-dire l'infrastructure qui accueillera la maquette numérique et tous les moyens logiciels liés au BIM management (notamment les protocoles d'échanges entre tous les contributeurs du BIM et les conditions de sauvegarde, d'archivage et de traçabilité de toutes les interventions), pourra être définie dans le cahier des charges ou dans la convention en fonction du prestataire auquel le maître d'ouvrage décide d'attribuer l'hébergement de la maquette. La plupart des maîtres d'ouvrage ne disposant pas d'une telle infrastructure, c'est généralement la maîtrise d'œuvre qui proposera cette plateforme BIM. Pour les maîtres d'ouvrage qui en disposeraient, ils peuvent proposer, voire, imposer l'utilisation de leur plateforme dans la charte BIM ou le cahier des charges BIM. Rappelons que dans le cadre des travaux du PTNB, une plateforme collaborative BIM publique a été créée sous le nom de KROQI. Cette plateforme est désormais privée mais conserve un périmètre de gratuité.

La maquette numérique de conception

La maquette numérique de conception est élaborée par la maîtrise d'œuvre et peut être initiée dès les premières études de conception menées par l'architecte en phase d'études d'esquisse : ce renforcement du travail de la maîtrise d'œuvre en avance de phase impose généralement une révision de la répartition de la

COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?

charge de travail au sein de la phase conception – en particulier pour les phases esquisse, APS et APD, compte tenu du niveau de précision apportées dès ces premiers livrables. De ce point de vue, le BIM permettra d'ailleurs aux maîtres d'ouvrage de prendre ses décisions en meilleure connaissance de cause face aux exigences de la RE2020.

Afin d'optimiser la démarche BIM et l'utilisation de la maquette numérique, il est fortement recommandé de spécifier les besoins, contraintes et exigences du programme sous un format permettant une interopérabilité avec l'outil logiciel de conception architecturale utilisé par l'architecte via l'utilisation de logiciels permettant de générer et d'intégrer des données au format IFC. Cette interopérabilité entre les logiciels devra également être de mise pour les logiciels métiers utilisés par les acteurs du projet (BET, économistes de la construction, entreprises, contrôleur technique, coordonnateur SPS...). Sans cette interopérabilité, il ne peut y avoir de travail collaboratif efficace et facilité entre les membres de l'équipe de conception dès la phase d'études d'esquisses.

Cette maquette numérique de conception se précisera au fur et à mesure de l'avancement des études de conception (APS, APD, PROJET) et la part de travail collaboratif prendra de plus en plus d'importance.

Il convient de rappeler que la démarche BIM ne remet nullement en question le principe d'une approche itérative de la conception et est donc parfaitement compatible avec le phasage des études de conception tel qu'initialement défini par la loi MOP et ses textes d'application, aujourd'hui codifiés dans le livre IV de la deuxième partie du code de la commande publique et dans son annexe 20.

Cette maquette est constituée d'objets et d'espaces identifiés et renseignés (nature, composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, performances ...) et devient au fil

des études de conception un ouvrage virtuel représentatif de la construction à réaliser, de ses caractéristiques géométriques et des propriétés de comportement.

La démarche BIM, s'appuyant sur une maquette numérique 3D constituée d'objets, conduit naturellement, pour chaque étape de conception, à approfondir les études en anticipant parfois sur des besoins exprimés aux étapes suivantes. Les deux exemples ci-après illustrent cette tendance.

En phase esquisse, une cloison est dans une maquette numérique représentée par un objet 3D et non plus par un trait gras. La cloison apparaît donc dès le départ avec ses caractéristiques, ce qui oblige la maîtrise d'œuvre à lui donner une épaisseur qui soit la plus vraisemblable possible d'où, déjà, un état de réflexion qui dépasse le stade de la simple esquisse.

En phase projet, les tracés des réseaux d'alimentations et d'évacuation des fluides sont également dans une maquette numérique représentés par des objets comportant plusieurs attributs (forme, matériaux, débits, etc.) et non plus comme habituellement par des tracés unifilaires accompagnés d'une coupe de principe en section courante. Ces réseaux apparaissent alors avec leur tracé et leur diamètre réel tout au long de leur parcours, y compris aux points de conflit ou de franchissement d'obstacles, obligeant à nouveau la maîtrise d'œuvre à avoir un niveau de définition, au stade des études de projet, plus abouti.

Ainsi, certains éléments des études de projet qui pouvaient être reportés en phase d'études d'exécution seront effectivement avec la maquette numérique réalisés en phase d'études de projet allégeant d'autant les études d'exécution. Il est d'ailleurs à noter que ce gain de précision en phase projet, bénéfique pour la consultation des entreprises, ne constitue qu'un retour aux exi-

gences de l'article R. 2431-12 du code de la commande publique qui précise que les études de projet ont pour objet entre autres « de déterminer l'implantation et l'encombrement de tous les éléments de structure et de tous les équipements techniques ».

Toutefois, le maître d'ouvrage doit être conscient que ces anticipations permettent de délivrer une qualité d'études plus aboutie mais que toute la réflexion nécessaire pour parfaitement définir les objets n'a pas encore été menée. L'épaisseur du mur, de la cloison, le diamètre du réseau pourront être réajustés dans les étapes suivantes de conception. En d'autres termes, la maquette permet de fiabiliser et de conforter la pré-synthèse et les encombrements des éléments en phase conception, mais elle ne dispense pas de la synthèse en phase EXE.

D'une manière plus générale, la maquette numérique, par la précision qu'elle apporte, ne doit pas laisser croire au maître d'ouvrage que tout est parfaitement défini dès le stade d'une esquisse. L'approbation des différentes étapes de conception par le maître d'ouvrage consiste à valider ou à émettre des observations sur les éléments qui doivent être figés à chaque niveau de conception. Ces niveaux et les livrables correspondants sont définis par le marché en conformité avec les dispositions réglementaires définissant les éléments de mission de maîtrise d'œuvre et figurant dans les textes d'application de la loi MOP.

L'annexe II du présent guide présente les niveaux de développement de la maquette numérique et les livrables correspondants à chaque étape des études de conception en cohérence avec les phases de conception telles que définies par la loi MOP et ses textes d'application. Ces éléments pourront figurer dans le CCTP du marché de maîtrise d'œuvre, tout comme les spécifications précises de la nature et du contenu des études d'exécutions confiées à la maîtrise d'œuvre.

Des livrables extraits de la maquette numérique de conception et accompagnés de la maquette

À l'issue de chaque étape de conception, le maître d'œuvre remet à la maîtrise d'ouvrage la maquette numérique conforme à son niveau de définition pour chaque étape de conception et des rendus traditionnels sous forme de documents graphiques et écrits (plans, notices, descriptifs ...) qui doivent être extraits pour tous ceux qui le peuvent de la maquette numérique et remis à la maîtrise d'ouvrage sans modification afin d'être en parfaite concordance avec la maquette.

Il faut entendre par documents extraits de la maquette numérique des documents produits par la maquette numérique suite à un traitement, à un calcul de données issues de la maquette numérique. Ils sont à différencier des documents qui peuvent être sauvegardés dans la maquette et restitués à tout moment sans nécessiter aucun traitement, fichiers de toute nature et toute origine constituant l'environnement numérique de la maquette.

L'approbation formelle de chaque phase de conception par le maître d'ouvrage se fera sur la base du rendu traditionnel qui prévaudra sur la maquette en cas de litige.

Mais, pour son travail d'approbation, tant des livrables extraits que de la maquette elle-même, la maîtrise d'ouvrage pourra, outre l'analyse traditionnelle des documents remis, bénéficier d'une meilleure compréhension du projet en s'appuyant sur la maquette numérique remise sous la forme de fichiers IFC. Des logiciels libres de visionnage disponibles en ligne permettent en effet au maître d'ouvrage de voir le projet en trois dimensions et d'en extraire les données nécessaires à l'approbation.

On peut estimer que ce travail d'approbation s'appuiera de plus en plus sur l'analyse de la maquette et de moins en moins sur l'analyse des rendus traditionnels. On comprend donc l'importance qui s'attache à la parfaite cohérence entre la maquette numérique et les rendus traditionnels. Afin d'être certain de cette

COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?

parfaite cohérence, il y aura lieu, au-delà du contrôle des plans extraits de la maquette numérique, de contrôler les informations attachées aux objets graphiques présents dans la maquette.

Lorsqu'une maquette numérique de site aura été élaborée à la demande du maître d'ouvrage en phase de programmation, celle-ci sera une aide à la maîtrise d'œuvre pour parfaire l'insertion de son projet dans le site ou pour vérifier que les contraintes programmiques de gabarit ou de volume sont respectées. Pour ce faire, le maître d'œuvre insérera dans cette maquette de site les données de son projet extraites de sa maquette numérique de conception. D'où l'impératif d'avoir une interopérabilité entre la maquette de site et la maquette de conception donc, entre les outils logiciels permettant de les générer.

Le maître d'ouvrage opérera de même pour visualiser l'insertion dans le site du projet proposé par le maître d'œuvre lors de la validation des études de conception.

Le maître d'ouvrage ne doit pas s'immiscer dans la conception dans le cadre de son travail d'approbation. Il peut formuler des observations, assortir son approbation de réserves mais en aucun cas proposer les solutions à ses observations et réserves.

L'annexe II précitée présente de façon sommaire les niveaux de développement de la maquette numérique à chaque étape des études de conception et rappelle les documents graphiques et écrits remis par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage en précisant de manière bien identifiée les pièces et valeurs qui sont extraites de la maquette numérique de conception. Afin de clarifier les exigences de la maîtrise d'ouvrage en matière de niveaux de détail et d'information de la maquette aux différents stades d'avancement des études, il sera utile que le cahier des charges BIM du maître d'ouvrage s'appuie sur un référentiel reconnu. Il n'existe pas à ce jour de référentiel français, mais il est possible de s'appuyer sur le référentiel Luxembourgeois établi en 2017 et qui présente l'avantage d'être articulé avec les phases d'avancement des études de la loi MOP aujourd'hui codifiée.

(https://www.digitalbuilding.lu/wp-content/uploads/2021/10/Guide-BIM-Luxembourg_V1-0.pdf, figurant en annexe VI du présent guide).

La maquette numérique de conception issue des études de projet est communiquée aux entreprises à titre d'information lors de la consultation de ces dernières en procédure classique. Les plans du dossier de consultation sont extraits de cette maquette numérique.

À l'issue de cette phase de consultation des entreprises, le maître d'œuvre veillera, suivant ses conditions contractuelles, à apporter à la maquette numérique de conception, les modifications qui pourraient être induites par la mise au point ou la négociation des marchés de travaux avec les entreprises.

En cas d'acceptation de variantes proposées par les entreprises retenues, celles-ci transmettent à la maîtrise d'œuvre les modifications à apporter à la maquette numérique de conception. Ces modifications transmises sous un format interopérable sont intégrées après validation dans la maquette numérique de conception.

La maquette numérique de réalisation

Suite aux études de projet élaborées par la maîtrise d'œuvre et validées par le maître d'ouvrage, les études se poursuivent par la réalisation des études d'exécution confiées à la maîtrise d'œuvre ou aux entreprises ou encore, pour partie à l'un et, pour partie aux autres selon le choix du maître d'ouvrage. En cas de marché global, elles sont confiées au groupement conception-réalisation.

La part d'études d'exécution qui ne fait pas appel aux savoir-faire et aux moyens des entreprises (plans et carnets de détails architecturaux par exemple) pourra avoir été réalisée par la maîtrise d'œuvre à la suite des études de projet et avant la consultation des entreprises.

De même, le maître d'ouvrage pourra trouver intérêt à confier à la maîtrise d'œuvre à un coût moindre, du fait de l'existence d'une maquette numérique déjà bien développée, le calcul des quantités (mission d'EXE partielle), qui, reportées à titre indicatif sur les bordereaux de prix de consultation des entreprises, permettront de faciliter les réponses des TPE-PME aux appels d'offre travaux.

Les études d'exécution menées par la maîtrise d'œuvre avant et après le choix des entreprises permettent au maître d'œuvre de développer et de compléter directement la maquette numérique de conception issue des études de projet. Les composants de la maquette et, notamment, les attributs des différents objets 3D, se précisent, se caractérisent en prenant en compte les données des entreprises et des fournisseurs figurant dans les offres des entreprises retenues ainsi que les moyens de ces entreprises.

Celles réalisées par les entreprises, sur leurs propres maquettes numériques métier, sont soumises au visa de la maîtrise d'œuvre. Ce visa va encore aujourd'hui se faire formellement sur la base de documents et plans extraits de la maquette numérique métier de l'entreprise. Mais, afin de faciliter ce visa, les données relatives à ces études seront également extraites de la maquette numérique métier de l'entreprise et transmises à la maîtrise d'œuvre qui pourra, par comparaison avec sa maquette numérique de conception, délivrer son visa. Une fois le visa accordé, ces données seront attachées à la maquette numérique de conception, soit en intégration directe de ces données dans la maquette numérique, soit sous forme de pièces écrites ou graphiques associées ou encore, sous forme de maquettes numériques associées venant préciser, caractériser des objets de la maquette numérique de conception.

L'attention des maîtres d'ouvrage est attirée sur la nécessité de leur implication pour définir dans le marché du maître d'œuvre le degré d'intégration des maquettes d'exécution des différents acteurs, étant précisé qu'une intégration trop poussée, en l'état



actuel des performances des matériels et des logiciels, peut conduire à des coûts d'études prohibitifs.

La maquette numérique de conception développée et complétée progressivement par les études d'exécution et de synthèse devient la maquette numérique de réalisation.

L'ensemble des composants de la construction n'a pas forcément vocation à apparaître sous la forme d'objets 3D dans la maquette de réalisation afin de ne pas avoir à manipuler des fichiers de données trop lourds qui pourraient nécessiter des équipements et des logiciels informatiques hors du commun. Ce sera notamment le cas du ferrailage dans les structures en béton armé coulé en place. Les plans de ferrailages 2D seront associés aux éléments de la structure et viendront ainsi caractériser ces éléments. Il en sera généralement de même pour le câblage terminal des réseaux électriques et informatiques.

Les informations demandées contractuellement et, notamment, celles caractérisant les composants sur leur durée de vie, doivent être attachées à la maquette.

Il appartiendra à la maîtrise d'ouvrage de définir jusqu'à quel niveau de détail les composants de la construction doivent apparaître sous forme d'objets 3D dans la maquette numérique de réalisation.

La maquette de réalisation sera une référence sur laquelle s'appuiera la maîtrise d'œuvre pour assurer sa mission de suivi de la bonne exécution des travaux et de leur conformité aux prescriptions des marchés de travaux.

Cela nécessite bien sûr que cette maquette soit en totale conformité avec les pièces écrites et graphiques des marchés de travaux et avec celles issues des études d'exécution et de synthèse, ce

qui sera le cas si toutes ces pièces sont bien à l'origine produites par extraction d'une maquette numérique (maquette numérique de conception ayant servi à la consultation des entreprises et maquettes numériques métiers).

En effet, en cas de litige, voire de contentieux, ce sont les pièces écrites et graphiques du marché de travaux et celles relatives aux études d'exécution et de synthèse assorties du visa du maître d'œuvre qui feront foi pour déterminer les responsabilités. Les éléments de la maquette numérique peuvent néanmoins éclairer l'analyse en cas de litige.

En cas de modifications demandées en cours de chantier par la maîtrise d'ouvrage, il conviendra que ces modifications, prises en compte par la maîtrise d'œuvre et par suite par les entreprises, soient intégrées dans la maquette numérique de réalisation selon les modalités contractuelles prédéfinies par le maître d'ouvrage.

Remise du DOE au maître d'ouvrage sous forme d'une maquette numérique

À l'issue des travaux, le maître d'œuvre pourra utiliser la maquette numérique de réalisation comme support à la conduite des opérations préalables à la réception des travaux et, notamment, pour l'établissement des réserves à formuler dans la décision de réception prise par le maître d'ouvrage.

Un des points forts de la démarche BIM, au-delà de l'obtention d'une construction de qualité, réside dans la fourniture au maître d'ouvrage d'une maquette numérique de DOE. C'est la maquette numérique de réalisation dans son état lors de la réception des travaux, donc parfaitement représentative de la construction réalisée, qui devient la maquette numérique de DOE. Le DOE sous cette forme présente l'avantage d'être plus facilement exploitable que les traditionnels et volumineux dossiers de DOE dans la

mesure où le maître d'ouvrage a spécifié suffisamment tôt ses attentes vis-à-vis de l'architecture de la base de données BIM.

Pour que cette maquette numérique issue du DOE garde toute sa pertinence, il convient qu'elle reste totalement représentative de la construction, et qu'elle soit à réception archivée telle quelle. Le mainteneur pourra en extraire une maquette d'exploitation, maintenue à jour lors des modifications apportées à cette construction durant sa vie.

Cette mise à jour doit également prendre en compte la question de la pérennité des supports de stockage et de la capacité des logiciels à relire des formats anciens. Cet effort de mise à jour périodique sera largement valorisé par les gains que pourra apporter cette maquette lors d'opérations de réhabilitation, de restructuration de l'équipement, en offrant une connaissance totale et facilitée de l'équipement, réduisant fortement les travaux d'investigation en amont (relevés, diagnostics, expertises) pour ce type d'opérations. Il conviendra sur ce point de stocker la maquette sous format IFC et non sous format natif, afin d'en garantir la possibilité de consultation dans la durée.

Assistance aux opérations de réception (mission AOR)

À l'issue des travaux, le maître d'œuvre pourra utiliser la maquette numérique de réalisation comme support à la conduite des opérations préalables à la réception des travaux et, notamment, pour l'établissement des réserves à formuler dans la décision de réception prise par le maître d'ouvrage.

Des missions complémentaires optionnelles (assistance au démarrage de l'exploitation, communication)

Le maître d'œuvre, dans l'exécution de ses missions traditionnelles, s'implique dans l'exploitation maintenance ultérieure de la construction. La démarche BIM renforce la nécessité d'une conti-

nuité entre la réception de l'opération et le démarrage de l'exploitation et de la maintenance.

La mission portant sur une assistance au démarrage de l'exploitation a pour objet d'apporter une aide à la maîtrise d'ouvrage et à l'exploitant pour la mise en service du bâtiment et l'optimisation de la conduite des installations techniques : cette assistance ou SAV à destination des exploitants constitue un attendu majeur pour les maîtres d'ouvrage publics qui, à la différence des promoteurs privés, n'ont pas pour objectif financier la revente, privilégiant une préoccupation plus forte sur l'usage et la durabilité. À cet égard, cette mission d'assistance est un champ de prestations complémentaires pour les MOE, ouvrant droit à rémunération dédiée.

Par ailleurs, si le maître d'ouvrage souhaite renforcer ses actions de communication du fait des possibilités qu'offre la maquette numérique en la matière et, notamment, demande à la maîtrise d'œuvre de préparer des visualisations du projet spécifiques pour les publics visés par le maître d'ouvrage (utilisateurs, usagers, riverains, clients...), il devra, si cette communication implique la maîtrise d'œuvre au-delà de ce qu'il apporte traditionnellement en la matière, le prendre en compte dans le marché de maîtrise d'œuvre sous la forme d'une mission complémentaire. Car, même si la maquette numérique réduit le coût de ces visuels, ce n'est pas la maquette numérique telle qu'elle est remise au maître d'ouvrage aux différentes phases de conception qui peut servir directement pour ces visualisations. Il s'agit en fait de prestations que le maître d'ouvrage dans un schéma hors BIM aurait confiées à des prestataires spécialisés, prestations réalisées à partir des plans remis par le maître d'œuvre au maître d'ouvrage. Ces rendus de communication peuvent concerner la réalisation de visuels 3D (non réalisables à partir de photos du bâtiment construit), comme des vues « éclatées » pour mettre en valeur des éléments précis (cheminement et espaces intérieurs, réseaux divers, incrustation d'objets en réalité augmentée, etc...).

La mission complémentaire relative au démarrage de l'exploitation et celle relative aux actions de communication ne sont pas des missions complémentaires exclusives d'une démarche BIM mais une telle démarche est un élément moteur au recours à ce type de missions rendus, notamment, plus faciles par l'utilisation du numérique.

Ces missions complémentaires seront identifiées en tant que telles dans le marché du maître d'œuvre et chacune sera assortie d'une rémunération forfaitaire spécifique généralement déterminée à partir d'une estimation du temps à passer.

Le cas du concours de maîtrise d'œuvre en mode BIM

Dès lors que le maître d'ouvrage s'engage dans une démarche BIM initialisée en phase de programmation avec une présentation des données relatives aux besoins, contraintes et exigences du programme sous un format permettant à la maîtrise d'œuvre de les transférer sans ressaisie dans une maquette numérique, la continuité de la démarche BIM tout au long du cycle de vie d'une opération, conduit naturellement ou pour le moins incite fortement les concurrents d'un concours de maîtrise d'œuvre à s'engager eux-mêmes dans la démarche BIM dès cette phase de concours. Le concurrent qui deviendra lauréat du concours, puis attributaire du marché de maîtrise d'œuvre, pourra poursuivre son travail de conception sur la base de la maquette numérique créée dans la phase de concours. Il ne partira donc pas de zéro pour la réalisation de la maquette numérique de conception.

Si de plus, une maquette numérique du site est fournie aux concurrents du concours par le maître d'ouvrage, l'incitation n'en sera que plus forte, cette maquette permettant à chaque concurrent de visualiser sa proposition de projet dans son environnement.

Le maître d'ouvrage peut même aller jusqu'à une obligation faite à chaque concurrent de remettre une maquette numérique au titre du rendu du concours. Dans cette hypothèse, le maître d'ouvrage

devra prendre soin de définir avec précision le niveau de définition de cette maquette numérique et, notamment, les objets figurant dans la maquette ainsi que les informations attachées à ces objets. Ce niveau de définition devra être en parfaite cohérence avec le niveau annoncé du rendu du concours se situant généralement au niveau d'une esquisse, voire, d'une « esquisse plus ». Les concurrents devront se conformer à ce niveau de définition sans aller au-delà sous peine d'être exclu. Cette maquette viendra en complément des rendus traditionnels sur panneaux. Les éléments graphiques (plans, coupes...) demandés sur les panneaux seront extraits de cette maquette. Cette obligation de rendre une maquette numérique n'a de sens que si cette maquette sert de support à la compréhension du projet par le jury. Ce dernier est chargé d'analyser les différents projets remis et d'en donner un classement sous la forme d'un avis au maître d'ouvrage. Cela nécessite donc la mise à la disposition du jury d'un outil de visualisation des projets à partir des maquettes numériques.

Même si, pendant le concours, du fait de la mise en concurrence, les échanges sont réduits entre la maîtrise d'ouvrage et les concurrents, ce qui est en opposition avec la démarche BIM qui prône le travail collaboratif entre les différents acteurs, on peut néanmoins dire qu'en phase concours ce n'est pas simplement la production d'une maquette numérique mais déjà, une démarche BIM qui s'opère entre les différents membres de l'équipe de maîtrise d'œuvre (et le maître d'ouvrage avec la maquette du site). Cette expérimentation des processus d'échanges entre les membres de l'équipe de maîtrise d'œuvre en phase concours, facilitera d'ailleurs pour l'équipe de maîtrise d'œuvre, lauréat du concours, l'élaboration de sa proposition de convention BIM en réponse au cahier des charges BIM. Cette convention sera proposée par le maître d'œuvre à l'issue du concours dans le cadre de la négociation du marché avec le maître d'ouvrage.

Dans le cas d'un processus de conception-réalisation, les concurrents remettent une prestation se situant à minima au niveau

d'un APS. On se retrouve donc dans une démarche qui peut s'apparenter au concours à la différence près que l'entreprise est partie prenante de la phase de consultation. C'est donc le groupement concepteur-entrepreneur qui va s'engager dans une démarche BIM pour répondre à la demande du maître d'ouvrage en la matière.

BIM et entreprises de travaux

Un dossier de consultation des entreprises intégrant une maquette numérique

Les entreprises de travaux apportent également leur pleine contribution à la démarche BIM dans le cadre de leurs relations avec la maîtrise d'œuvre.

Comme il convient d'impliquer les entreprises le plus tôt possible, il est judicieux de leur permettre de s'impliquer dans la démarche dès la phase de consultation.

Et même avant cette consultation, le maître d'ouvrage pour sa charte et, en procédure classique, le maître d'œuvre pour la convention BIM soumise à la validation de la maîtrise d'ouvrage, doivent prendre en compte les capacités et attentes des autres acteurs impliqués dans la démarche BIM, notamment les entreprises en phase de réalisation des travaux. Les entreprises n'étant pas encore désignées en procédure classique, le maître d'œuvre s'appuie sur son expérience et sa connaissance du milieu des entreprises pour appréhender au mieux leurs capacités et attentes en la matière. Une fois les entreprises désignées, cette convention BIM est réajustée pour intégrer les spécificités des entreprises retenues, avant de devenir une pièce contractuelle des marchés de travaux.

Le dossier de consultation des entreprises comprendra les pièces administratives traditionnelles, la convention BIM proposée et le dossier technique.

Tous les plans du dossier technique seront extraits de la maquette numérique de conception dans son état au moment de la consultation des entreprises. La maquette numérique de conception dont ont été extraits les plans sera annexée au dossier technique, cette maquette étant communiquée aux entreprises à titre d'information. Sur le sujet, les résultats du démonstrateur BIM Olympi, accessibles sur le site du Plan BIM 2022, sont intéressants à consulter.

Cette maquette facilitera la compréhension du projet par les entreprises engagées dans la démarche BIM et maîtrisant l'utilisation de la maquette numérique, leur permettant ainsi d'optimiser leurs offres. Chaque entreprise équipée des logiciels spécifiques à son activité fera une lecture de la maquette axée sur les éléments qui la concernent. La maquette numérique se déclinera ainsi suivant la vue métier attachée à chaque discipline.

Comme précisé dans le chapitre relatif à la maîtrise d'œuvre, la maquette numérique de conception pourra faire l'objet de reprises d'études à la demande du maître d'ouvrage suite aux modifications qui découleraient de la mise au point ou de la négociation des marchés de travaux avec les entreprises.

De même, en cas d'acceptation de variantes proposées par les entreprises retenues, celles-ci transmettront à la maîtrise d'œuvre les modifications à apporter à la maquette numérique de conception. Ces modifications transmises sous un format interopérable pourront être intégrées, dès lors que le marché de maîtrise d'œuvre l'aura prévu, après validation dans la maquette numérique de conception. Ceci implique que l'entreprise qui propose une variante travaille elle-même avec ses logiciels métiers sur une maquette numérique, initiée à partir de la maquette remise dans le dossier de consultation, afin de pouvoir en extraire les données relatives à la variante et les transmettre à la maîtrise d'œuvre.

Les plans des marchés de travaux seront extraits de la maquette numérique de conception éventuellement réajustée suite aux

mis au point, aux négociations, voire, aux variantes acceptées, maquette elle-même annexée aux marchés de travaux.

La préparation du chantier

La période de préparation du chantier sera un moment clé pour la prise en compte par les entreprises de la démarche BIM mise en place par le maître d'ouvrage et dont les modalités organisationnelles sont décrites dans la convention BIM qui est une pièce contractuelle des marchés de travaux. Maître d'œuvre et entreprises vérifieront la bonne interopérabilité entre la maquette numérique de conception et les outils logiciels utilisés par les entreprises pour élaborer leurs propres maquettes numériques métiers. Les premières études d'exécution produites par l'entreprise et nécessaires au démarrage du chantier permettront de s'assurer que le système d'échange avec la maîtrise d'œuvre fonctionne bien. Afin de permettre une parfaite mise en place du processus BIM entre la maîtrise d'œuvre et les entreprises, il pourrait être judicieux d'augmenter quelque peu cette période de préparation du chantier sans pour autant que cela conduise à une augmentation du délai global de réalisation des travaux.

Élaboration des différentes maquettes numériques métiers alimentant la maquette numérique de réalisation

Les entreprises réalisent la part d'études d'exécution que le maître d'ouvrage leur a confiée et dont le contenu est précisé dans les marchés de travaux. L'entreprise produit à partir de sa maquette numérique métier les plans d'exécution qu'elle transmet à la maîtrise d'œuvre chargée de donner son visa sur ces plans. Parallèlement, l'entreprise extrait de sa maquette numérique métier les données relatives à ces études d'exécution et les transmet à la maîtrise d'œuvre. En confrontant ces données avec les données de la maquette numérique de conception, la maîtrise d'œuvre pourra s'assurer que les études d'exécution produites

par l'entreprise respectent les dispositions du projet et ainsi, sécuriser la délivrance de son visa. Le BIM fiabilise ses échanges itératifs entre acteurs du projet.

Dans le cas où une entreprise ou un groupement d'entreprises a en charge les travaux pour plusieurs corps d'état (macro-lots), il appartient à l'entreprise ou à l'entreprise mandataire du groupement, dans le respect de ses obligations contractuelles, de coordonner en interne l'ensemble des travaux dont elle a la charge. Elle doit également assurer la cohérence des études d'exécution produites pour l'ensemble des corps d'état concernés. Dans une démarche BIM, les maquettes numériques métiers élaborées par chacun de ces corps d'état devront donc être associées entre elles pour assurer cette cohérence des études avant transmission, par l'entreprise ou l'entreprise mandataire du groupement, des plans et données à la maîtrise d'œuvre. Cette entreprise pourra recourir à la mise en place d'une plateforme adéquate pour gérer et faciliter ce système d'échanges entre les corps d'état dont elle a la charge. De même, les entreprises s'appuyant sur de la sous-traitance doivent prendre à leur charge la production des plans et information unique et homogène.

Pour ce qui concerne la synthèse de l'ensemble des plans d'exécution produits par les entreprises (lots ou macro-lots), le maître d'œuvre disposera, avec la maquette numérique de réalisation, de toutes les données relatives aux études d'exécution pour assurer dans les meilleures conditions cette synthèse. Les systèmes logiciels de détection des points de conflit dans la maquette numérique aideront le maître d'œuvre dans son travail de synthèse.

Une entreprise générale en charge de la globalité des travaux devra de la même façon assurer la coordination des études et des travaux de l'ensemble de ses entreprises sous-traitantes. Cette mise en cohérence de l'ensemble des études d'exécution inclura de fait le travail de synthèse, le tout étant soumis au visa du

maître d'œuvre. L'entreprise générale pourra également recourir à la plateforme mise en place, sur laquelle travailleraient l'entreprise générale et l'ensemble de ses sous-traitants.

Le travail de l'entreprise sur sa maquette numérique métier peut ne pas s'arrêter à la production des seuls plans d'exécution et se poursuivre pour la production des plans d'atelier et de chantier (PAC).

Cinématique de la construction (phasage, sécurité...)

Au-delà de l'utilisation de la maquette numérique par l'entreprise pour produire des plans d'exécution et des plans d'atelier et de chantier, la maquette numérique permet à l'entreprise d'optimiser l'installation, l'organisation et le déroulement du chantier. Elle s'appuiera sur la maquette pour mieux déterminer les quantités à approvisionner, à mettre en œuvre en corrélation avec le planning qui sera lui-même bâti à partir d'une simulation des étapes de la construction faite à partir de cette maquette. La maquette permettra également d'anticiper sur les questions de sécurité des personnes travaillant sur le chantier par une organisation et un déroulement plus fluide du chantier. En fait, c'est toute la cinématique de la construction qui est positivement éclairée par la démarche BIM.

Des livrables extraits des maquettes numériques métiers

Pour les lots concernés par la demande de démarche numérique BIM, les plans d'exécution transmis à la maîtrise d'œuvre pour visa seront extraits des maquettes numériques métiers des entreprises dans le format demandé. C'est sur ces documents que le maître d'œuvre apposera formellement son visa.

La remise des pièces du DOE et du DIUO au maître d'œuvre

Chaque entreprise ou l'entreprise générale doit remettre à la maîtrise d'œuvre toutes les pièces relatives au dossier des ouvrages exécutés (DOE) et au dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) pour les travaux dont elle a eu la charge.

Dans une démarche BIM pleinement collaborative entre la maîtrise d'œuvre et les entreprises, ces dossiers se constituent tout au long du chantier et les pièces sont transmises progressivement à la maîtrise d'œuvre qui les rattache après validation à la maquette numérique de réalisation. Parmi ces pièces figurent entre autres tous les plans d'exécution réalisés par les entreprises. Ce schéma est totalement satisfaisant dès lors que toute modification de la nature des travaux sur le chantier fait l'objet en parallèle d'une modification correspondante de la maquette numérique de réalisation qui devient ainsi progressivement la maquette numérique de DOE.

Dans ces conditions, le maître d'œuvre devrait être en mesure de remettre rapidement après la réception des travaux la maquette numérique DOE au maître d'ouvrage qui pourra procéder à son approbation sans attendre la levée des éventuelles réserves. Cette maquette peut alors servir de support à la gestion des levées de réserves.

Le BIM et les industriels

Le renseignement de la maquette avec des produits ou des systèmes constructifs place les industriels au cœur des enjeux du cycle de vie du bâtiment numérique, mais aussi du respect de la libre concurrence.



Il y a besoin de normalisation pour établir une méthodologie commune de description et de gestion des propriétés des produits et systèmes. A l'initiative de la France, la norme expérimentale XP P07-150, dite PPBIM, est devenue la norme internationale NF EN ISO 23386.

Le BIM et le contrôleur technique

Si aujourd'hui, le contrôle technique (norme NFP 03-100) continue de s'opérer sur les livrables traditionnels remis par la maîtrise d'œuvre (ESQ, APS, APD, PRO, EXE) ou les entreprises (EXE) et qui seuls font foi aujourd'hui, les professionnels du contrôle technique s'engagent également dans les démarches BIM. Les contrôleurs techniques peuvent conforter leurs actions de contrôle en s'appuyant sur la maquette numérique qui constitue un complément intéressant aux documents de conception et documents d'exécution traditionnels de la maîtrise d'œuvre et des entreprises. En effet, le contrôleur technique, à l'instar des autres acteurs, bénéficie ainsi d'une meilleure visualisation du projet. La condition indispensable à l'utilisation de la maquette numérique par le contrôleur technique est que les documents de conception et document d'exécution sur lesquels il formalisera son avis soient extraits de la maquette numérique. Le BIM devrait permettre au contrôleur technique de centrer encore davantage son action sur l'analyse de risque et la prévention des aléas techniques en le soulageant de certaines actions à moindre valeur ajoutée ou qui ne ressortent pas directement de sa mission (demande de documents, gestion d'interfaces...).

Le contrôleur technique se positionne en BIM utilisateur dans la mesure où il exploite les données de la maquette numérique mise à sa disposition par les contributeurs BIM sans y apporter de modification.

COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?

Lors de la consultation des contrôleurs techniques, le maître d'ouvrage joindra au dossier de consultation sa charte BIM, son cahier des charges BIM ainsi que la convention BIM dans son état au moment de cette consultation. Ces documents permettront au contrôleur technique d'être informé sur les usages BIM retenus par le maître d'ouvrage, sur les niveaux de définition de la maquette numérique, sur les formats de fichiers, etc. Le contrôleur technique proposera dans son offre de service, les modalités d'intervention BIM du contrôle technique.

Cette convention BIM, annexée à son marché, intégrera ces modalités d'intervention, après échanges avec le maître d'ouvrage, dans un volet consacré aux processus BIM spécifiques à la mission de contrôle technique et notamment aux modalités d'échanges du contrôleur technique avec la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et les entreprises, à l'espace dédié sur la plateforme pour déposer ses avis.

A n'en pas douter, le travail du contrôleur technique s'appuiera de plus en plus sur la maquette numérique.

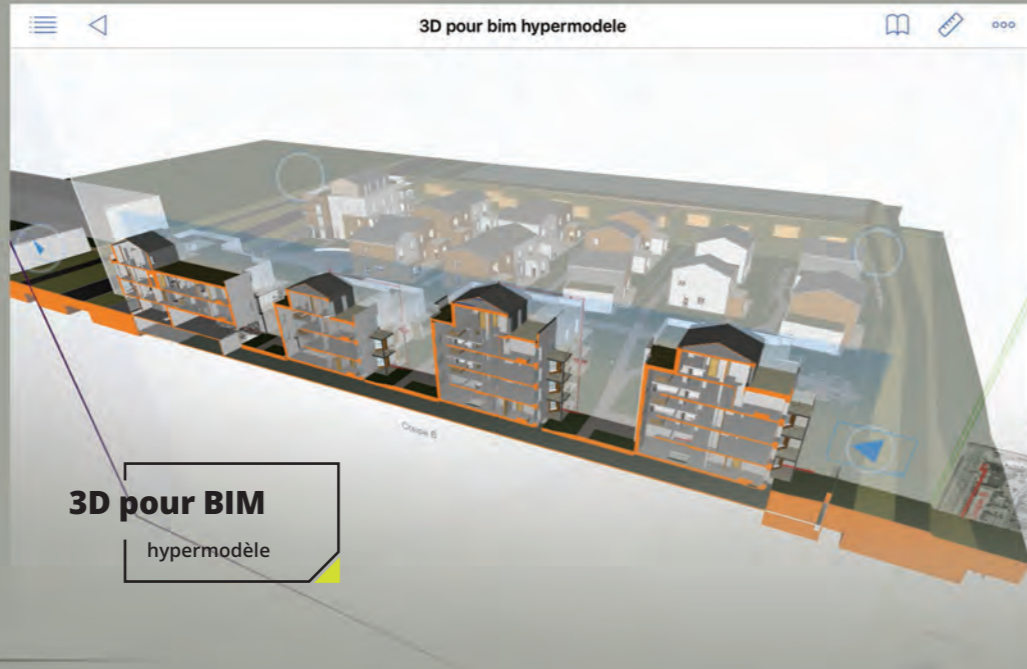
Le BIM et le coordonnateur SPS

Les professionnels de la coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé des travailleurs (SPS) deviennent également, à plus ou moins court terme, des acteurs du processus BIM lorsque des outils logiciels leur permettent de s'appuyer en partie sur les maquettes numériques pour remplir leur mission. Comme pour le contrôleur technique, le coordonnateur SPS devient utilisateur de la maquette numérique et un volet de la convention BIM définira les modalités de ses échanges avec les autres acteurs.



Présentation d'un visualisateur de BIM directement à partir d'une tablette.

Construction de 109 logements collectifs, 11 maisons individuelles et 4 bâtiments intermédiaires / EMMAUS HABITAT.



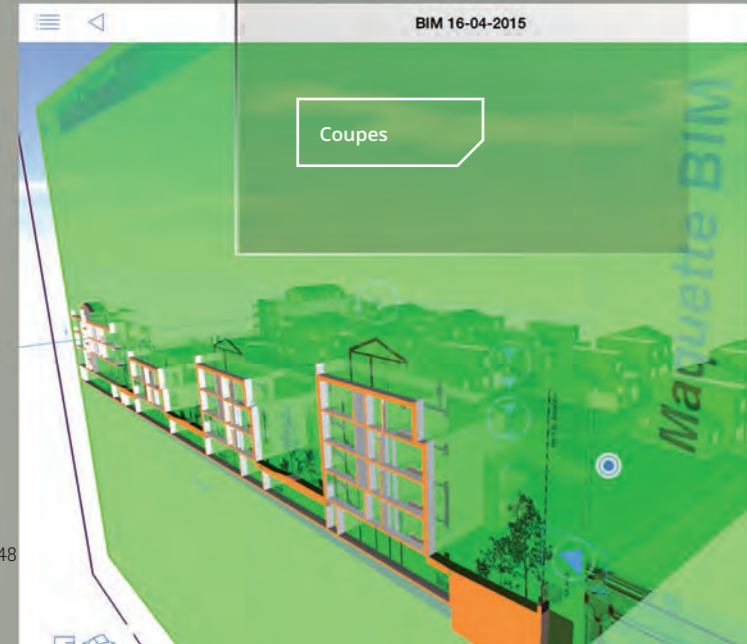
3D pour BIM
hypermodèle



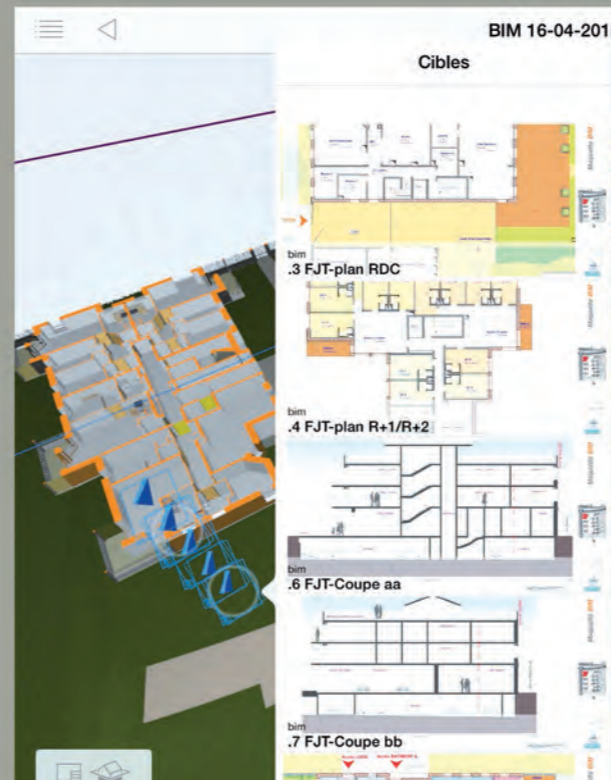
EMMAUS habitat
Vue d'ensemble

PC Numérique hauteur

BUSSY SAINT-GEORGES



Coupes

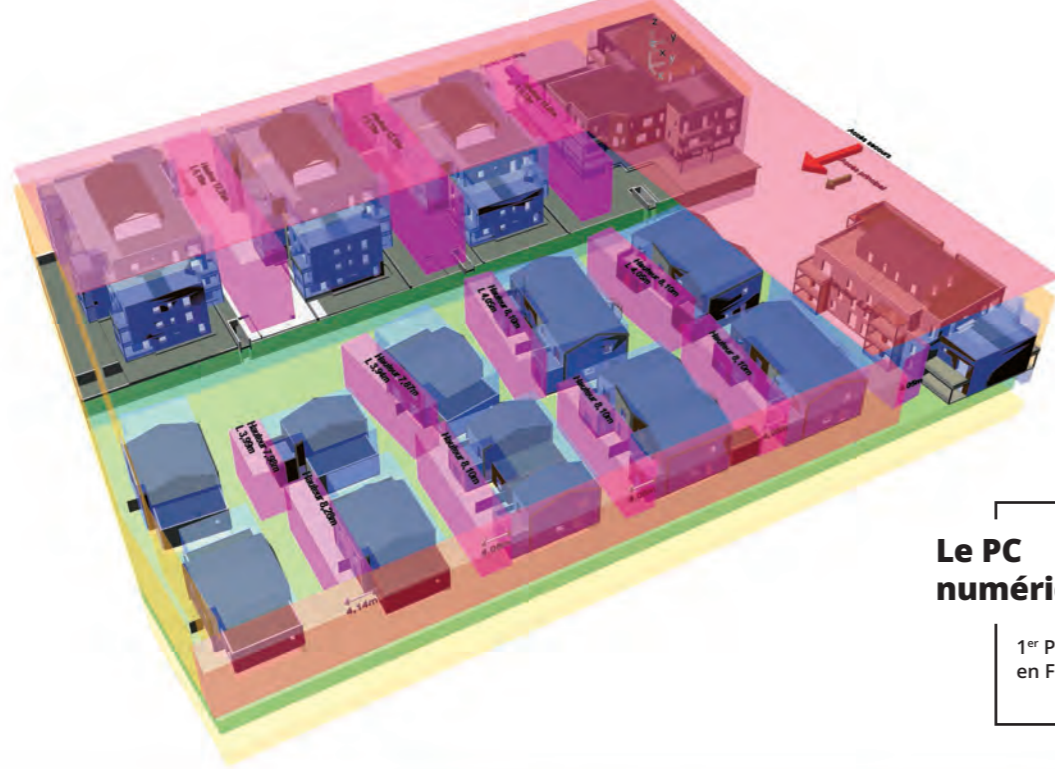


- Cibles
- bim .3 FJT-plan RDC
 - bim .4 FJT-plan R+1/R+2
 - bim .6 FJT-Coupe aa
 - bim .7 FJT-Coupe bb



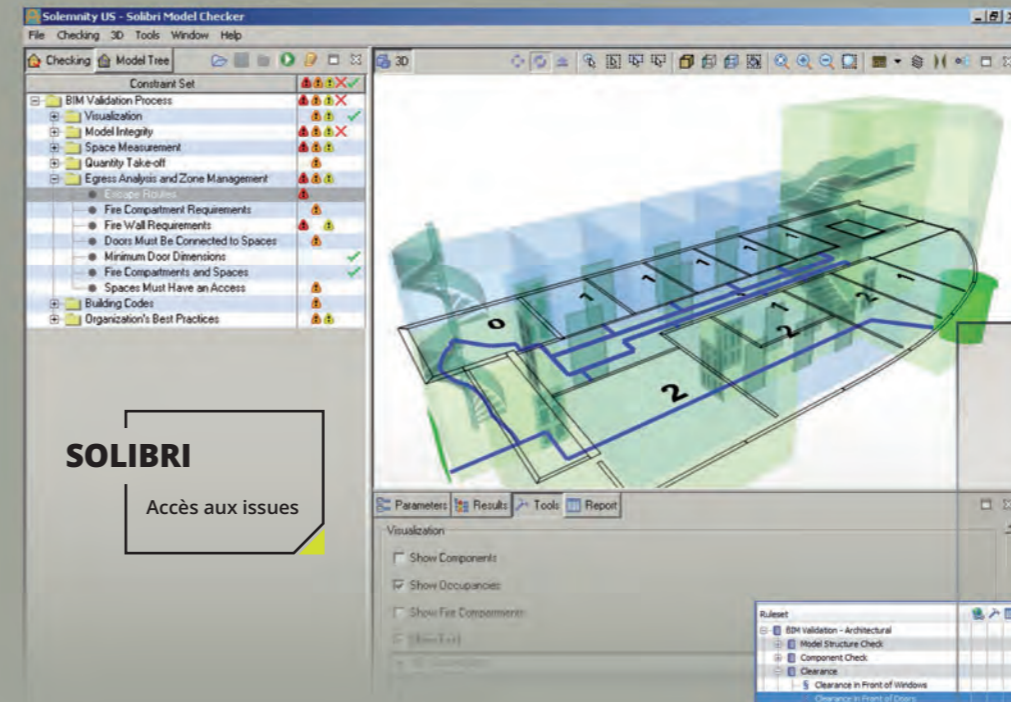
EMMAUS habitat
Coupe horizontale





Le PC numérique

1^{er} PC déposé en France - avril 2016



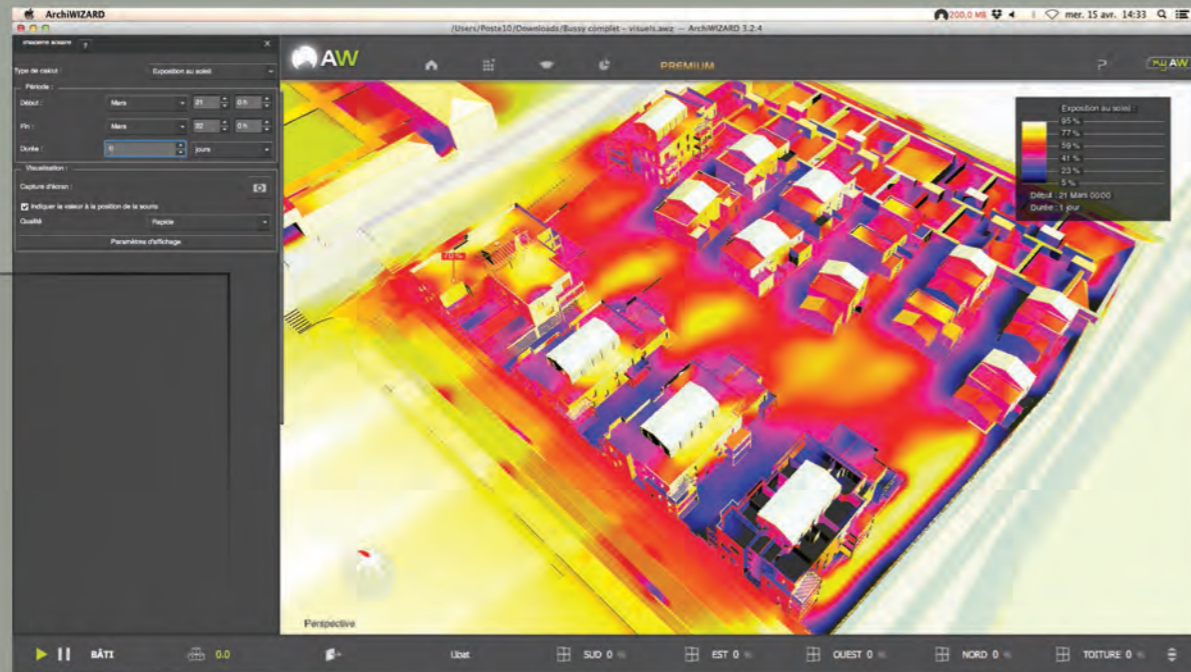
SOLIBRI

Accès aux issues

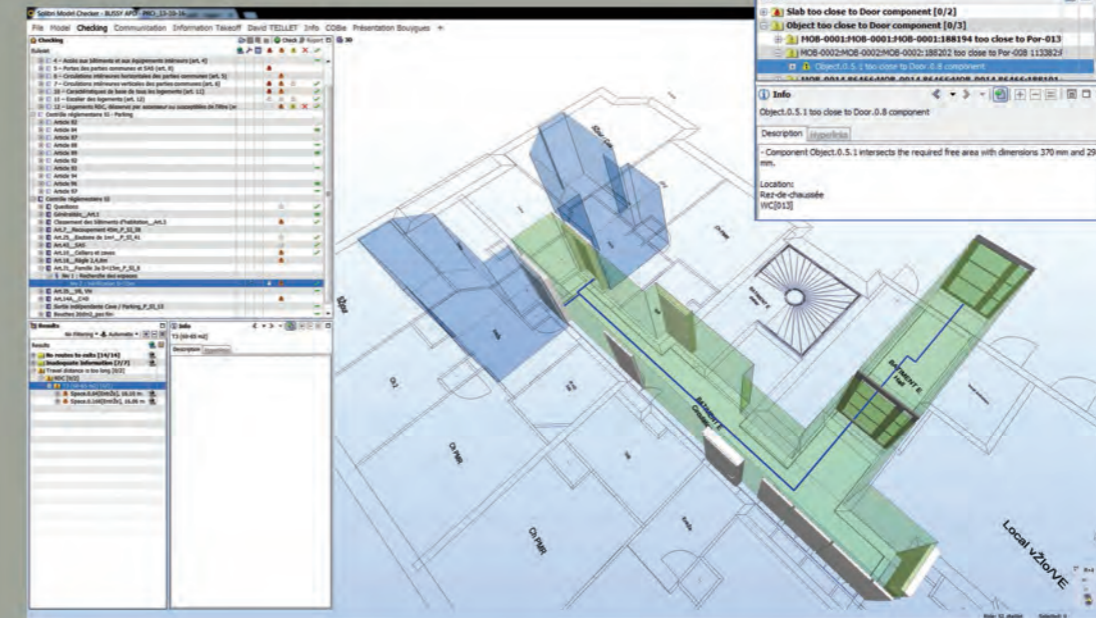
SOLIBRI

Vérification débâtement

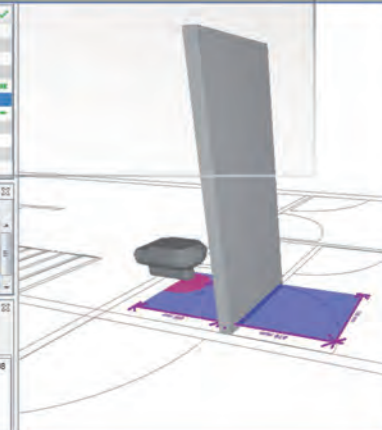
BUSSY SAINT-GEORGES



Phase Esquisse
Conception
bioclimatique



Autocontrôle
des règles de
sécurité incendie
via Solibri Model
Checker



5 QUELLES INCIDENCES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES ?



© Kengo Kuma Et Associates / Stromae et Luc Junior Tam / Société du Grand Paris

Le retour sur investissement et les coûts de prestations du BIM pour ses acteurs

Pour comprendre les incidences économiques du processus BIM, il est nécessaire d'analyser les évolutions sous l'angle de l'économie de production pour le retour sur investissement interne puis, sous celui de l'économie de marché pour l'évolution des coûts des prestations.

Le retour sur investissement

En termes d'économie de production, le prix de vente d'un produit est la somme des coûts de l'entreprise majorée d'une marge bénéficiaire. Dans la chaîne de valeur continue entre les acteurs d'un projet de construction (MOA, MOE, entreprises, AMO...), il faut retenir que le BIM représente un investissement dont il faut intégrer le retour sur investissement sur le coût global de l'ouvrage.

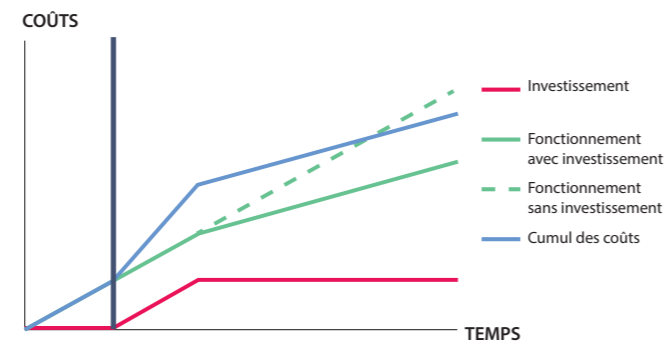
À ce titre, le maître d'ouvrage aura à sa charge d'investir sur de la formation au profit de ses personnels internes en interaction avec la plateforme du BIM (services constructeurs, gestionnaires de site...). En fonction des compétences internes dont il dispose, le maître d'ouvrage pourra développer les fonctions spécifiques au BIM (charte et cahier des charges BIM, approbation des études, concertation, communication, commercialisation, réception des travaux, exploitation et maintenance) soit par la formation, soit par le recrutement, soit par l'externalisation. En parallèle, il devra également s'assurer que l'infrastructure de dématérialisation dont il dispose permet d'assumer les actions de stockage et d'archivage des données, d'accès dématérialisée par une plateforme, de débit d'information et de terminaux d'accès.

Pour obtenir un retour sur investissement, il est incontournable d'intégrer les facultés qu'offre le BIM dans les processus de fonctionnement, voire de modifier ces processus. En effet, le BIM a pour

principale vocation à concentrer et à organiser l'information pour en améliorer la fiabilité, la conservation et l'accès de manière sensible pour les différentes phases du cycle de vie de la construction, sous réserve d'une mise à jour effective. Il s'agit donc d'optimiser le recours aux ressources humaines et matérielles à travers la mise en place du BIM pour en recueillir les bénéfices.

Enfin, le maître d'ouvrage peut tirer parti du BIM pour ouvrir des axes de communication sur le bâtiment avec ses interlocuteurs, mais ces nouveaux axes de communication sont le résultat de l'interaction des informations avec les outils métier, et non d'informations supplémentaires fournis par les prestataires. Il doit également se montrer très vigilant à ce que la concentration d'information ne se retrouve pas captive, sous quelque forme que ce soit, d'un unique prestataire sous peine de subir une dépendance préjudiciable. À ce titre, il veillera à prévoir les licences nécessaires dans les marchés qu'il conclura avec les différents acteurs.

Les gains que peut apporter le BIM sont principalement des gains de productivité et des gains liés à l'exploitation du bâtiment. Le retour sur investissement intervient grâce à la réduction des coûts de production et d'exploitation. Le gain apparaît lorsque la somme des coûts avec l'investissement devient inférieure à la somme des coûts sans investissement. Dans le cas d'un ouvrage, ce rapport doit nécessairement s'envisager sur l'ensemble du cycle de vie de l'ouvrage.



Source Direction des Achats de l'État

L'évolution des coûts des prestations

Si la transition numérique nécessite à ce que l'ensemble des acteurs de l'immobilier avancent de concert sur l'introduction du processus BIM dans leurs modes de production ou de fonctionnement, il est important de souligner que chacun d'eux peut tirer un avantage économique du nouveau processus dans le cadre de la bonne gestion et de l'évolution de son entité. Il revient à chacun d'établir un équilibre économique sain dans l'écosystème de l'opération immobilière de manière à ce que les gains de productivité soient perçus sur l'ensemble de la chaîne de valeur.

Une démarche de gain de productivité réussie implique que la somme des coûts réduits soit supérieure à la somme des coûts supplémentaires. Un prestataire intégrant le processus BIM de manière vertueuse proposera donc, à terme, des prix inférieurs à ceux hors processus BIM par la diminution des coûts de production qu'il parviendra à engager sur l'opération.

Des gains à terme sur le coût de la construction et le coût global

Le coût global dans le domaine de l'immobilier consiste à avoir une approche qui rassemble le coût d'investissement (coûts d'études, coûts travaux, coûts équipements, coût du foncier, coûts financiers...) et le coût de fonctionnement sur la durée de vie de l'équipement (coût de maintenance, coût d'exploitation, coût des travaux liés à des modifications fonctionnelles...) en un seul coût, le coût global. Les coûts liés au fonctionnement représentent environ les trois quarts du coût global. C'est donc sur la phase d'exploitation maintenance que se situent les gains économiques potentiels les plus importants. C'est pourquoi la démarche BIM dont un des objectifs est une meilleure prise en

QUELLES INCIDENCES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES ?

compte en amont de l'exploitation maintenance, doit conduire, en facilitant le travail d'exploitation maintenance, à des gains sur le coût global. Les gains ne seront probablement pas immédiats car il y a un temps de retour sur l'investissement consenti par tous les acteurs de la filière de la construction pour disposer des outils nécessaires (logiciels, matériels) et pour bien maîtriser tous ces outils (formation externe, interne).

Même si l'essentiel des gains attendus se situent en phase d'exploitation maintenance, des gains sur le coût de la construction pourront également à terme apparaître du fait d'un projet mieux optimisé, d'études plus précises réduisant les aléas qui surviennent en phase chantier. Pour autant il ne faut pas chercher une réduction à l'outrance des coûts de construction, car ce serait contraire au concept du coût global qui conduit parfois à augmenter le coût de l'investissement pour économiser sur le coût global en réduisant les coûts d'exploitation maintenance.

Comme indiqué dans le chapitre II relatif aux gains du BIM et, notamment, les gains économiques, le BIM pourra permettre la mise en œuvre de la norme ISO 15 686-5 relative à une méthode de calcul du coût global d'une opération de la construction à la déconstruction.

Le marché de maîtrise d'œuvre

Les paramètres de négociation du marché

La rémunération de la maîtrise d'œuvre est librement déterminée entre le maître d'ouvrage quel que soit son statut, public ou privé, et le maître d'œuvre.

Le système de prix administré pour la maîtrise d'œuvre, tel qu'il existait pour les contrats passés par les maîtres d'ouvrage publics a été supprimé le 1^{er} juin 1994 avec l'entrée en vigueur du décret

N° 93-1268 du 29 novembre 1993 pris en application de la loi MOP.

Du fait de la codification effective depuis le 1^{er} avril 2019, c'est aujourd'hui l'article R. 2432-6 du CCP qui précise que la rémunération à caractère forfaitaire du maître d'œuvre tient compte de l'étendue de la mission, du degré de complexité de cette mission et du coût prévisionnel des travaux.

C'est donc, dans tous les cas de figure, le marché qui fixe contractuellement le montant de la rémunération de la maîtrise d'œuvre.

Le « Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations de maîtrise d'œuvre » de juin 1994 actualisé en octobre 2019 donne des recommandations en termes de méthode pour l'évaluation par le maître d'ouvrage d'un montant de rémunération de la maîtrise d'œuvre. Dans le cadre de cette méthode, le guide liste des éléments à prendre en compte pour apprécier la complexité de la mission. Parmi les éléments de complexité liés aux exigences contractuelles fixées par le maître d'ouvrage, figure un élément relatif à l'emploi de méthodes ou d'outils particuliers.

Si, en 1994, les exemples donnés pour ces méthodes ou outils particuliers faisaient référence à des exigences en matière de DAO, d'armoires informatiques et de messagerie, aujourd'hui une démarche BIM exigée par le maître d'ouvrage pourrait figurer en phase d'introduction du BIM parmi ces méthodes et outils particuliers.

Mais, c'est dans le cadre de la négociation du marché entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre que ce sujet pourra être abordé en fonction, notamment, de l'implication du maître d'œuvre dans la démarche BIM exigée par le maître d'ouvrage (management du BIM, plateforme BIM) mais aussi du degré de pratique et d'expérience du BIM par le maître d'œuvre. Il convient pour le

maître d'ouvrage de trouver un juste équilibre entre son exigence de précision de la maquette finale et les moyens accordés à la maîtrise d'œuvre. On soulignera en particulier que le travail requis pour élaborer un DOE numérique abouti est sans commune mesure avec celui consistant en mode traditionnel à rassembler dans un même dossier les études d'exécution des entreprises.

Il n'y a aucun automatisme en la matière, c'est une libre négociation qui est menée sur ces sujets en fonction des attentes et demandes de chacune des deux parties.

Précisons, à ce titre, compte tenu de l'importance que revêt la négociation d'un marché de maîtrise d'œuvre, que le code de la commande publique autorise les maîtres d'ouvrage à négocier tout marché de maîtrise d'œuvre comportant des prestations de conception (3^o de l'article R. 2124-3 du code de la commande publique).

Une répartition des honoraires de maîtrise d'œuvre différente (renforcement des phases amont de conception)

La démarche BIM et l'utilisation de la maquette numérique conduit la maîtrise d'œuvre, par le renforcement du travail collaboratif entre les membres de l'équipe de maîtrise d'œuvre dès les premières étapes de conception et par la nature même du travail sur une maquette numérique 3D constituée d'objets caractérisés, à approfondir les études menées à chaque étape de conception en anticipant parfois sur l'étape de conception suivante. Cet enrichissement des études de conception au bénéfice d'une plus grande précision et fiabilité des études doit permettre un allègement de certaines tâches de maîtrise d'œuvre en phase de réalisation.

Ce glissement de la charge de travail de la maîtrise d'œuvre vers l'amont devrait se traduire dans les marchés de maîtrise d'œuvre par un glissement équivalent de la répartition des honoraires sur



les différents éléments de mission de maîtrise d'œuvre tout en préservant la nécessité d'une bonne disponibilité de la maîtrise d'œuvre en phase de réalisation pour permettre un suivi efficace des travaux. C'est le marché, fixant cette répartition, qui pourra être un sujet de négociation entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre. On trouvera en annexe III la proposition formulée dans le cadre du label FAIR proposé par l'association Architecture et Maîtres d'Ouvrage (AMO) pour qualifier la qualité d'un marché de maîtrise d'œuvre.

Des missions complémentaires

Les missions complémentaires optionnelles telles qu'elles ont été définies précédemment dans le guide (BIM Management, assistance au démarrage de l'exploitation, communication) seront identifiées et définies dans le marché de maîtrise d'œuvre. Une rémunération forfaitaire spécifique sera attachée à chacune de ces missions complémentaires et déterminée le plus souvent à partir d'une estimation du temps à passer.

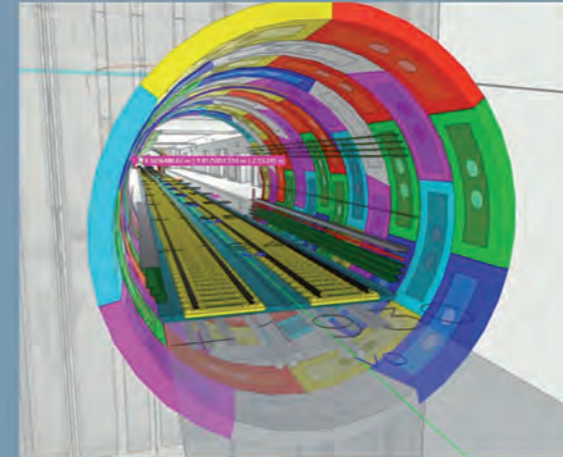
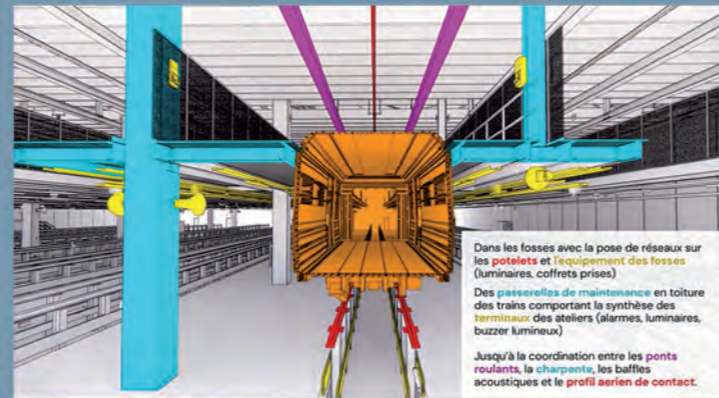
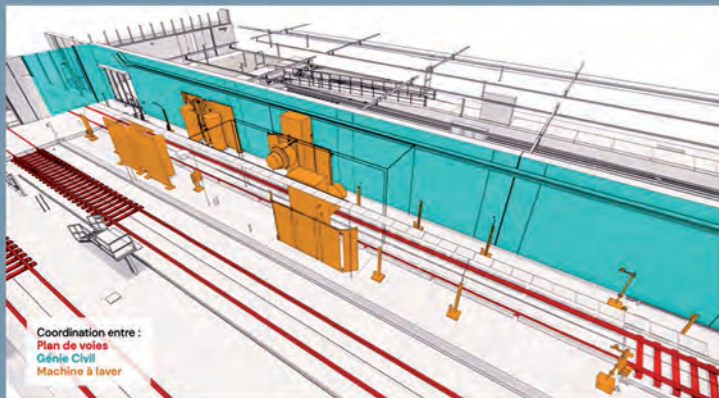
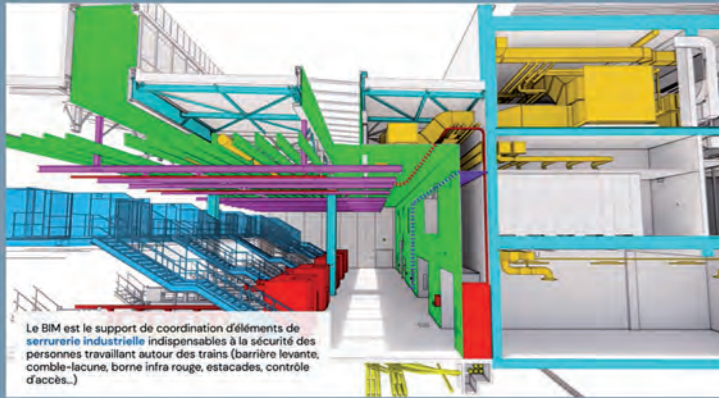
Le marché des entreprises de travaux

Il conviendra que les missions et prestations attendues des différents lots de travaux concernés par la démarche BIM soient bien identifiées dans leurs marchés respectifs. La convention BIM de l'opération signée par tous les acteurs concernés est le document contractuel commun inséré dans chaque marché en application de l'article 4 du CCAG Travaux.

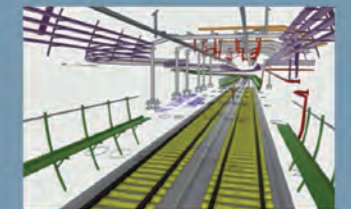
Catégorie 2 Visite de chantier SGP

Illustrations extraites
du Lauréat des
Trophées BIM BOOSTERS

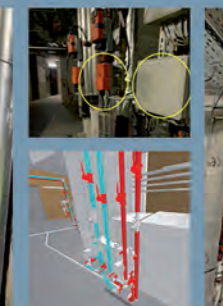
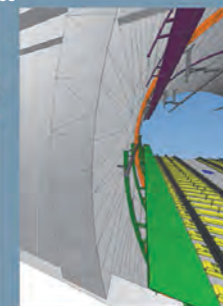
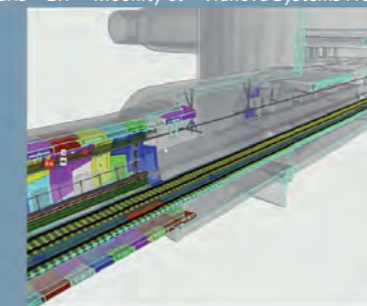
LAURÉATS DES BIM BOOSTERS



© Société du Grand Paris © ETF © Mobility et © Vianova Systems France

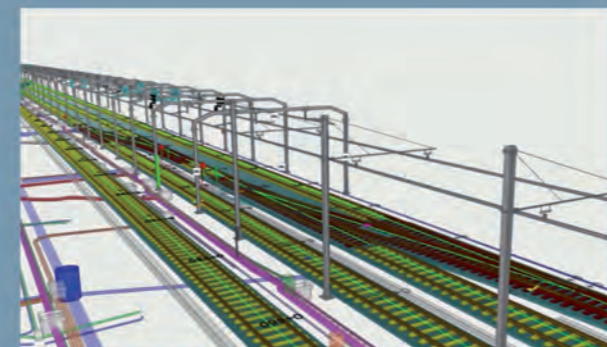
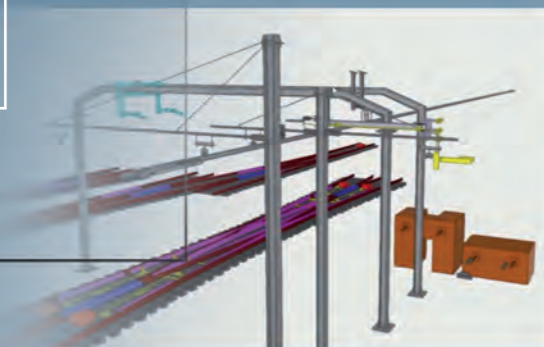


© Société du Grand Paris © EGIS Bâtiment © Richez_Associés et © EGIS Rail



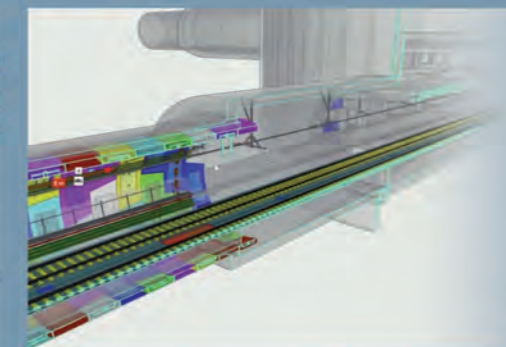
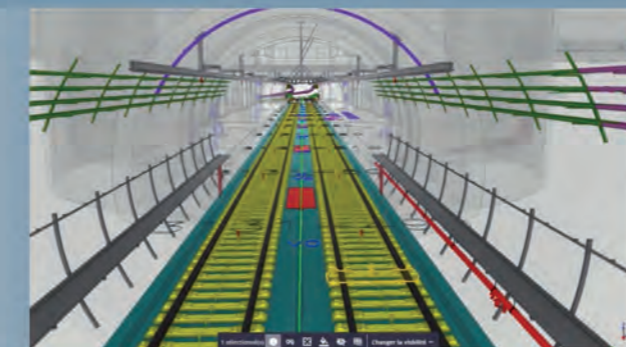
Catégorie 2 Collaboration

Illustrations
extraites du Lauréat
des Trophées BIM
BOOSTERS



Catégorie 1 Conception

Captures vidéo extraites
du Lauréat des Trophées
BIM BOOSTERS



ANNEXE I

GLOSSAIRE MAQUETTE NUMÉRIQUE/BIM



© Agence Kengo Kuma & Associates / Société du Grand Paris

L'acronyme **BIM**, d'origine anglo-saxonne, a plusieurs significations. *Building Information Model* correspond au modèle de données décrivant un projet ; *Building Information Modelling* décrit le processus de création, de collecte et d'utilisation de ces données ; enfin, *Building Information Management* met l'accent sur l'organisation de projet nécessaire à la mise en œuvre du processus.

Dans le cadre de ce guide, nous avons décidé de ne garder que l'acronyme BIM pour *Building Information Modelling* définissant le processus. En France, le terme de « maquette numérique » est aujourd'hui entré dans le langage courant pour définir le *Building Information Model*. Par ailleurs, nous définirons le *Building Information Management* par le terme *BIM Management*.

BIM : le BIM (« *Building Information Modelling* ») : méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une ou plusieurs maquettes numériques. Dans un processus BIM, chaque acteur de la construction modélise et renseigne sa maquette en utilisant les maquettes transmises par les autres acteurs afin d'en tirer les informations dont il a besoin pour son métier. Les maquettes sont interopérables et permettent donc la circulation et le partage des informations qu'elles véhiculent. Au final, le travail collaboratif donne lieu à un objet virtuel renseigné, représentatif de la construction, de ses caractéristiques géométriques et des propriétés de comportement. Pour mémoire, la norme ISO 19650-1 définit le BIM comme l'« utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision ».

BIM Management : le *BIM Management* vise à l'organisation des méthodes et processus permettant, notamment, l'établissement et le suivi de la maquette numérique. Il sera en charge de piloter l'élaboration de la convention BIM. Selon la nature du BIM Management, notamment sa contractualisation de mission auprès du donneur d'ordre, la convention BIM sera élaborée,

rédigée et mise à jour en coordination et accord avec l'ensemble des parties intervenantes concernées.

Charte BIM : document générique 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, et recensant, notamment, les exigences et les objectifs à satisfaire pour que le processus BIM des opérations puisse alimenter la maquette d'entretien exploitation maintenance de son patrimoine.

Cahier des charges BIM : document précisant pour le projet les exigences et objectifs des intervenants successifs du projet, incluant ceux de la charte BIM du maître d'ouvrage. Il constitue le volet BIM du programme.

Convention BIM : document décrivant les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, 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. À chaque étape du cycle de vie du projet, la convention évolue et s'adapte aux nouveaux acteurs, à des usages nouveaux ou à des nécessités du projet.

Maquette numérique : on appelle maquette numérique ou *Building Information Model* une représentation numérique tridimensionnelle des caractéristiques fonctionnelles et/ou physiques de l'ouvrage. Elle est constituée d'objets et d'espaces identifiés et renseignés (nature, composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, performances...). Elle décrit l'ouvrage pendant tout ou partie de son cycle de vie : programmation, conception, réalisation, réception, livraison, exploitation, maintenance, déconstruction.

La « maquette numérique » décrivant un ouvrage peut être unique ou constituée de la somme de maquettes et/ou modèles métiers complémentaires.

En fonction des étapes du cycle de vie de l'ouvrage, elle prend les appellations suivantes :

Document numérique de programmation : maquette numérique de site et programme du projet complétés par une numérisation des exigences et des contraintes programmatiques du projet. Elle peut servir à la consultation des MOE. En cas de réhabilitation, ce document numérise les données de l'existant.

Maquette numérique de construction : maquette numérique couvrant les phases conception, réalisation et livraison.

Maquette numérique de phase conception : maquette numérique utilisée pour la conception de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions de MOE définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle est élaborée sous la responsabilité de la maîtrise d'œuvre. Elle est une compilation rassemblant les maquettes numériques propres à chaque intervenant et constituant une représentation numérique du projet. Cette compilation est effectuée conformément au processus du *BIM Management*. Les documents graphiques présentés sous forme de plans et prévus par le marché de maîtrise d'œuvre sont issus de la maquette numérique. Celle-ci a vocation à accompagner la consultation des entreprises.

Maquette numérique de phase réalisation : maquette numérique utilisée pendant la phase de réalisation de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle permet l'élaboration des plans d'exécution réalisés par la maîtrise d'œuvre et le visa des plans d'exécution réalisés par les entreprises. Elle prend en compte les conditions de la réalisation effective de l'ouvrage par un processus itératif mis en place avec les équipes de réalisation. Elle est la compilation des maquettes numériques et informations métiers de tous les intervenants constituant une représentation numérique du projet. Cette compilation est effectuée conformément au

processus du *BIM Management*. Les documents graphiques présentés sous forme de plans et prévus par les marchés de travaux et de maîtrise d'œuvre sont extraits de la maquette numérique.

Maquette numérique de phase réception (maquette numérique DOE) : maquette numérique représentative de la construction telle qu'elle est au moment de la réception et de la livraison de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle est élaborée par les acteurs du projet, contrôlée par la maîtrise d'œuvre et remise au maître d'ouvrage.

NB : les maquettes numériques des phases conception, réalisation et DOE sont trois états successifs d'une même maquette qui gagne en précision au fur et à mesure de l'avancement des études et du chantier.

Maquette numérique d'exploitation et de maintenance : maquette numérique utile au maître d'ouvrage, au mainteneur ou à l'exploitant. Elle répond aux besoins exprimés par le maître d'ouvrage, dans la charte et/ou le cahier des charges BIM, pour la maintenance et l'exploitation de l'ouvrage livré. Elle peut être constituée d'une version adaptée de la maquette DOE et incorpore de nouvelles données, notamment, liées à l'usage. Elle est enrichie de données spécifiques à l'utilisation en *Facility Management*, d'informations sur les valeurs de mesure attendues pour les contrôles, d'un recensement des marchés et des contacts fournisseurs. Pour les bâtiments existants elle peut être élaborée à partir d'un relevé 3D avec un niveau d'information adapté aux besoins de l'exploitation et de la maintenance. Elle peut servir à la consultation d'un prestataire pour l'exploitation et/ou la maintenance.

Maquettes numériques métiers : maquette numérique propre à chaque intervenant.

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

Format propriétaire : un format de fichier est propriétaire lorsqu'il caractérise un éditeur disposant d'une solution logicielle ou d'une gamme de solutions logicielles capables d'exploiter les données du fichier. Un format propriétaire est régi par les lois relatives au copyright (©) et à la *Trade mark* (TM).

IFC : le format IFC (« *Industry Foundation Classes* ») est le modèle de données utilisé dans les maquettes numériques dans le domaine de la construction. Il permet de décrire des objets (murs, fenêtres, espaces, poteaux, etc.), leurs caractéristiques et leurs relations. Les IFC font partie de la norme internationale STEP ou « *standard for Exchange of product data* » (ISO 10 303). Depuis mars 2013, les IFC sont labellisés ISO 16 739. Les IFC ont pour but d'assurer l'interopérabilité des logiciels métiers BIM.

Ingénierie concourante : d'après 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 les différents acteurs dans les phases de conception, de construction, d'exploitation maintenance et de fin de vie dès l'amont du projet.

Interopérabilité : l'interopérabilité est la capacité d'échanger par la présence d'un standard neutre et ouvert des données entre les différents « modèles » sans dépendre d'un acteur ou d'un outil en particulier.

Niveau de définition, niveau de détail, niveau de développement : différents termes qui regroupent un seul et même sujet. Niveau nécessaire d'informations liées aux objets en termes géométriques, analytiques, alphanumériques et relationnels. Il existe

différents niveaux de définition/détail/développement accordés suivant les phases d'avancement du projet. On parle aussi des niveaux d'information pour les informations non graphiques associées aux objets de la maquette.

Objet BIM : représentation virtuelle d'un élément de construction, en trois dimensions, formellement identifié (par exemple, un mur, une dalle, une porte, un étage...) avec ses propriétés (par exemple propriétés des matériaux, résistance mécanique, transmissivité thermique...).

Objet BIM générique : un objet générique numérique est un objet libre de droit d'usage décrivant, en termes de spécifications fonctionnelles et performancielles, un ouvrage, une partie d'ouvrage ou un composant sans référence à un produit, une marque ou une solution spécifique.

Il est utilisé en phase conception jusqu'au marché de travaux pour préciser les exigences attendues dans les phases amont du développement de la maquette numérique et constitue ainsi l'amorce de l'objet représentatif de la solution pratique correspondante.

PPBIM : la norme expérimentale AFNOR XP P07-150 dite « norme PPBIM » (« *Product Properties for BIM* ») porte sur l'harmonisation des dictionnaires de propriétés de produits et systèmes constructifs dans le cadre d'une maquette numérique.

Reuves BIM : réunions de travail utilisant la(les) maquette(s) numérique(s) comme support.

Usages BIM : c'est une explicitation de processus intégrant des pratiques BIM, c'est-à-dire la description d'un processus concret, tel qu'il sera mis en œuvre sur un projet. Cela permet de décrire factuellement les usages voulus des maquettes numériques, les interactions des différents acteurs avec cette base de données, pour des actions métiers précises allant de la production d'images jusqu'à l'exploitation de bâtiment.

ANNEXE II

NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE



francois.pelegrin@architecture-pelegrin.com

- Programmation
- Conception (ESQ, APS, APD, PRO)
- Passation des marchés de travaux (AMT)
- Réalisation, exécution des marchés de travaux (EXE, VISA, DET)
- Réception (AOR, DOE)
- Exploitation/maintenance
- GER, rénovation, réhabilitation, démolition

Cette annexe se présente, pour les éléments de mission ESQ, APS, APD PRO, EXE, sous la forme d'un tableau dont les deux premières colonnes décrivent l'élément de mission tel que défini dans les articles réglementaires du livre IV de la deuxième partie du code de la commande publique et son annexe 20. Pour rappel, ces articles réglementaires codifient les dispositions de l'ancien décret 93-1268 du 29 novembre 1993 pris en application de la loi MOP et l'annexe 20 se substitue à l'ancien arrêté du 21 décembre 1993.

Une troisième colonne propose un niveau de définition de la maquette numérique à chaque étape d'avancement de la conception. Une quatrième colonne décrit les pièces graphiques et écrites à remettre au maître d'ouvrage et dont une partie identifiée dans le tableau en italique bleu est extraite de la maquette numérique.

On entend par documents extraits de la maquette numérique les documents extraits du modèle numérique 3D, c'est à dire les documents produits par la maquette numérique suite à un traitement, à un calcul de données issues de la maquette. Des documents peuvent être sauvegardés dans la maquette et récupérés à tout moment sans aucun traitement, ces documents constituent l'environnement numérique de la maquette. Ainsi les documents extraits de la maquette

seront replacés à titre de sauvegarde dans cet environnement numérique de la maquette.

Le niveau de développement de la maquette numérique souhaité par le maître d'ouvrage, à chaque étape d'avancement du projet ou du chantier, pour ses usages BIM, sera défini dans son cahier des charges BIM et ainsi rendu contractuel. Il peut s'appuyer sur tout référentiel existant, comme celui de la présente annexe ou encore celui proposé par le guide Luxembourgeois présenté en annexe VI.

Études de programmation : établissement du programme et de l'enveloppe financière prévisionnelle

Articles L. 2421-1 et suivants du Code de la Commande Publique, Deuxième partie, livre IV, Titre II

Les attributions du maître d'ouvrage qui, pour chaque opération envisagée, s'assure préalablement de sa faisabilité et de son opportunité, sont les suivantes :

- 1° La détermination de sa localisation ;
- 2° L'élaboration du programme défini à l'article L. 2421-2 ;
- 3° La fixation de l'enveloppe financière prévisionnelle ;
- 4° Le financement de l'opération ;
- 5° Le choix du processus selon lequel l'ouvrage sera réalisé ;
- 6° La conclusion des marchés publics ayant pour objet les études et l'exécution des travaux de l'opération.

Le programme élaboré par le maître d'ouvrage comporte les éléments suivants relatifs à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage :

- 1° Les objectifs que l'opération doit permettre d'atteindre ;
- 2° Les besoins que l'opération doit satisfaire ;
- 3° Les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le paysage et de protection de l'environnement.



NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE PROGRAMMATION

Informations de la programmation

Niveau préalable permettant d'identifier les objectifs de l'opération et les besoins qu'elle doit satisfaire ainsi que les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le paysage et de protection de l'environnement, relatives à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage (cf. article L. 2421-2 du CCP).

Objectifs

- Études d'opportunité ;
- Études de faisabilité ;
- Localisation ;
- Programme.

Sources/entrants

- Orientation de l'action ;
- Recherche de l'information.

Réalisation de la maquette numérique comprenant une :

- Analyse fonctionnelle ;
- Analyse en coût global ;
- Validation.

Le maître d'ouvrage élabore le programme et fixe l'enveloppe financière prévisionnelle de l'opération avant tout commencement des études d'avant-projet par le maître d'œuvre.

Il peut préciser le programme et l'enveloppe financière avant tout commencement des études de projet par le maître d'œuvre.

L'élaboration du programme et la fixation de l'enveloppe financière prévisionnelle peuvent se poursuivre pendant les études d'avant-projet pour :

1° Les opérations de réhabilitation ;

2° Les opérations de construction neuve portant sur des ouvrages complexes, sous réserve que le maître d'ouvrage l'ait précisé dans les documents de la consultation du marché public de maîtrise d'œuvre.

Le maître d'ouvrage qui souhaite que son projet soit développé sous la forme d'une maquette numérique, peut intégrer ce mode opératoire dès la phase de programmation. Toutes les données sont fournies autant que possible sous forme numérique dans des formats ouverts et neutres afin d'être exploitées et intégrées dans les maquettes numériques à venir des ouvrages. Il en est ainsi notamment des données relatives au site, au sol, aux existants (plans topographiques, plans des réseaux, plans des avoisinants, ...).

Une maquette du site peut être très utilement donnée afin de permettre la visualisation du projet dans son environnement (notamment en cas de concours pour une meilleure insertion des projets) ou encore faire figurer les règles de gabarit ou de prospect éventuellement imposées par les documents d'urbanisme.

Études d'esquisse (ESQ)

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I
<p>Art. R. 2431-8 Les études d'esquisse, ont pour objet :</p> <p>1° De proposer une ou plusieurs solutions d'ensemble, traduisant les éléments majeurs du programme, d'en indiquer les délais de réalisation et d'examiner leur compatibilité avec la partie de l'enveloppe financière prévisionnelle retenue par le maître d'ouvrage et affectée aux travaux ;</p> <p>2° De vérifier la faisabilité de l'opération au regard des différentes contraintes du programme et du site.</p>	<p>1. Les études d'esquisse constituent la première étape de la réponse de la maîtrise d'œuvre aux objectifs, besoins et contraintes définis dans le programme. Outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-8 du code de la commande publique, elles peuvent proposer certaines mises au point du programme et suggérer des études géologiques et géotechniques, environnementales ou urbaines complémentaires.</p> <p>Il est demandé les plans des niveaux significatifs établis au 1/500^e, avec, éventuellement, certains détails significatifs au 1/200^e, ainsi que l'expression de la volumétrie d'ensemble avec, éventuellement, une façade significative au 1/200^e.</p> <p>Pour les ouvrages de construction neuve de logements, les plans des principaux types de logements au 1/200^e peuvent être demandés en plus des études d'esquisse.</p>

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE CONCEPTION	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS (en italique bleu les pièces ou valeurs extraites de la maquette numérique de conception)
<p>Maquette sommaire Niveau conceptuel permettant de corréler la composition volumétrique aux exigences programmatiques notamment en termes de fonctionnalité et aux contraintes réglementaires. Ce niveau de développement permet, en tant que de besoin, d'apprécier le projet représenté par la maquette numérique au regard de ses impacts sur le site : mouvements de sol, ensoleillement, masques, vents, insertion dans le site, interfaces avec avoisinants et existants.</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implantation et orientation dans le site ; • Composition volumétrique en masse ; • Principaux volumes intérieurs par niveau ; • Phasage (ou tranches de travaux) par bâtiment suivant programme ; • Approche économique ; • Stratégie énergétique et bioclimatique ; • Validation réglementaire du projet. <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le programme ; • Données : plans topographiques, études de sol, rapports d'évaluation des risques (naturels, technologiques, ...), maquette numérique de l'existant ; • Règles d'urbanisme pour l'implantation et la composition des volumes selon réglementations locales et nationales ; • Règles de construction pour l'intégration des principales contraintes constructives (sécurité, sûreté, sismique, ...) ; • Objectifs de performance pour la définition de la maquette numérique dans sa forme et son orientation tenant compte des contraintes thermiques, acoustiques et environnementales ; <p>Réalisation de la maquette numérique comprenant une :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Géolocalisation et information cadastrale ; • Définition géométrique de tous les volumes ; • Définition de la géométrie des enveloppes ; • Définition des trames (structurelles et de façades) ; • Définition des principes des distributions intérieures verticales et horizontales ; • Définition générale des niveaux avec les zones fonctionnelles et les principales divisions internes permettant de connaître les surfaces et volumes internes ; 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Formalisation graphique de la solution préconisée, présentée sous forme de plans des niveaux significatifs établis à l'échelle de 1/500^e (0,2 cm/m) avec éventuellement certains détails significatifs au 1/200^e (0,5 cm/m), ainsi que l'expression de la volumétrie d'ensemble avec éventuellement une façade significative au 1/200^e ;</i> • Note de présentation des solutions architecturales et fonctionnelles envisagées et justification du parti architectural retenu ; • Note de présentation des principes techniques retenus ; • Note sur <i>les surfaces</i> des différents niveaux ; • Note sur la compatibilité du projet avec l'enveloppe financière ; • Note sur la compatibilité du projet avec le délai global ; • Comptes-rendus de réunions avec le maître d'ouvrage portant sur les principales options prises à ce stade de la mission.
COMMENTAIRES	
<p><i>L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique</i></p>	

Études d'avant-projet sommaire (APS)

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I
<p>Art. R. 2431-9 2. Les études d'avant-projet comprennent les études d'avant-projet sommaire définies à l'article R. 2431-10 et les études d'avant-projet définitif définies à l'article R. 2431-11. [...]</p> <p>Art. R. 2431-10 Les études d'avant-projet sommaire ont pour objet :</p> <p>1° De préciser la composition générale en plan et en volume ;</p> <p>2° D'apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage ;</p> <p>3° De proposer les dispositions techniques pouvant être envisagées ;</p> <p>4° De préciser le calendrier de réalisation et, le cas échéant, le découpage en phases fonctionnelles ;</p> <p>5° D'établir une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux.</p>	<p>Les études d'avant-projet, fondées sur la solution d'ensemble retenue et le programme précisé à l'issue des études d'esquisse approuvées par le maître d'ouvrage, comprennent :</p> <p>a) Les études d'avant-projet sommaire qui ont pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-10 du code de la commande publique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de vérifier la compatibilité de la solution retenue avec les contraintes du programme et du site ainsi qu'avec les différentes réglementations, notamment celles relatives à l'hygiène et à la sécurité ; • de contrôler les relations fonctionnelles des éléments du programme et leurs surfaces ; • d'apprécier les intentions de traitement des espaces d'accompagnement ; • de proposer éventuellement les performances techniques à atteindre ; <p>Le niveau de définition correspond à des plans établis au 1/200^e, avec certains détails significatifs au 1/100^e ;</p>

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE CONCEPTION	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS (en italique bleu les pièces ou valeurs extraites de la maquette numérique de conception)
<p>Maquette d'études Niveau de définition des principaux éléments constitutifs de l'ouvrage ayant pour but l'organisation des parties d'ouvrage par nature et par fonction.</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les surfaces et l'organisation par ensembles fonctionnels sont définitivement arrêtées ; • Définition des concepts structurels et de sécurité incendie ; • Définition de la géométrie des enveloppes, de leur performance et de leurs caractéristiques techniques générales ; • Les scénarios énergétiques et environnementaux sont finalisés ; • Intégration des informations transmises par les disciplines techniques (surfaces, volumes, localisations, fonctions) ; • Estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux. <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquette numérique niveau esquisse ; • Les données complémentaires : géomètres, sol, réseaux, existants... ; • Les observations du maître d'ouvrage sur l'esquisse ; • Les précisions apportées par le maître d'ouvrage sur le programme ; • Les informations transmises par les disciplines techniques. <p>Réalisation de la maquette numérique comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Division des niveaux en différents types de destination ; • Objets structuraux positionnés et incluant les informations techniques sommaires (forme et nature) associées ; • Objets constituant les enveloppes positionnés, épaisseur des parois des enveloppes externes et localisation de leurs ouvertures et définition de leurs matériaux ; • Objets constituant les parois intérieures positionnées par ensembles fonctionnels, épaisseur des parois des volumes internes et localisation des ouvertures ; • Accessibilité aux personnes à mobilité réduite ; • Intégration des principes et informations techniques impactant les volumes intérieurs (locaux techniques, trémies, gaines verticales et horizontales, innervations principales). 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Formalisation graphique de l'APS proposé sous forme de plans, coupes et élévations à l'échelle de 1/200^e (0,5 cm/m) avec certains détails significatifs au 1/100^e (1 cm/m) ;</i> • Le cas échéant, demande complémentaire de reconnaissance des sols ; • Tableau <i>des surfaces</i> par ensemble fonctionnel • Notice descriptive sommaire (<i>volumes intérieurs</i>, aspects extérieurs, traitement des abords) ; • Notice explicative des dispositions et performances techniques proposées ; • Indication d'un délai global de réalisation de l'opération comprenant, le cas échéant, un phasage par tranches fonctionnelles ; • Estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux ; • Comptes-rendus de réunions avec le maître d'ouvrage portant sur les principales options prises à ce stade de la mission.
COMMENTAIRES	
<p>La maquette est constituée des familles et/ou objets ouverts et paramétrables. <i>L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique.</i></p>	

Études d'avant-projet définitif (APD)

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I
<p>Art. R. 2431-11</p> <p>II - Les études d'avant-projet définitif, ont pour objet :</p> <p>1° De déterminer les surfaces détaillées de tous les éléments du programme ;</p> <p>2° D'arrêter en plans, coupes et façades, les dimensions de l'ouvrage, ainsi que son aspect ;</p> <p>3° De définir les principes constructifs, les matériaux et les installations techniques ;</p> <p>4° D'établir l'estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposée par corps d'état ;</p> <p>5° De permettre au maître d'ouvrage d'arrêter définitivement le programme ;</p> <p>6° De permettre la fixation du forfait de rémunération dans les conditions prévues par le marché public de maîtrise d'œuvre.</p> <p>Art. R.2431-9 [...] Les études d'avant-projet comprennent également l'établissement des dossiers et les consultations relevant de la compétence de la maîtrise d'œuvre et nécessaires à l'obtention du permis de construire et des autres autorisations administratives, ainsi que l'assistance au maître d'ouvrage au cours de leur instruction. Pour les ouvrages de construction neuve de logements, les études d'avant-projet sommaire et d'avant-projet définitif peuvent être exécutées en une seule phase d'études.</p> <p>Art. R. 2431-14 L'avant-projet définitif ou le projet servent de base à la mise en concurrence des opérateurs économiques chargés des travaux par le maître d'ouvrage. [...]</p>	<p>b) Les études d'avant-projet définitif, fondées sur l'avant-projet sommaire approuvé par le maître d'ouvrage, et qui ont pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-11 du code de la commande publique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de vérifier le respect des différentes réglementations, notamment celles relatives à l'hygiène et à la sécurité ; • de définir les principes constructifs, de fondation et de structure, ainsi que leur dimensionnement indicatif ; • de justifier les solutions techniques retenues, notamment en ce qui concerne les installations techniques ; • au maître d'ouvrage d'arrêter définitivement certains choix d'équipements en fonction de l'estimation des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance. <p>Le niveau de définition correspond à des plans établis au 1/100^e, avec certains détails significatifs au 1/50^e.</p>

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE CONCEPTION	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS (en italique bleu les pièces ou valeurs extraites de la maquette numérique de conception)
<p>Maquette d'études Niveau de définition permettant de positionner et décrire tous les éléments constitutifs de l'ouvrage.</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dépôt des demandes d'autorisation administratives notamment permis de construire ; • Les éléments de construction, les caractéristiques des matériaux et les conditions de leur mise en œuvre sont arrêtées ; • L'implantation, l'encombrement des équipements techniques, les passages de fluides et les équipements de protection incendie sont définis ; • Estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposée en lots séparés ; • Planification des principales étapes de la construction (gros œuvre, hors d'eau, hors d'air...) ; • Estimation provisoire du coût prévisionnel du cycle de vie. • Permettre d'arrêter le programme. <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquette numérique niveau APS ; • Les observations du maître d'ouvrage sur l'APS ; • Les précisions apportées par le maître d'ouvrage sur le programme ; • Les informations transmises par les disciplines techniques et le second œuvre. <p>Réalisation de la maquette numérique comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objets structuraux positionnés y compris fondations et incluant les informations techniques (forme et nature) associées ; • Objets constituant l'ensemble des parois intérieures positionnées, qualification des parois des volumes internes et localisation des ouvertures y compris les équipements participant à la protection incendie ; • Définition de tous les matériaux de surface (sols, murs, plafonds) ; • Maquettage des locaux techniques, définition des trémies principales, cheminements des réseaux principaux, implantation des équipements terminaux principaux relatifs aux fluides (CFO, CFA, CVC, Plomberie, protection incendie) ; • Définition de la nature des surfaces et infrastructures (voiries et aménagements paysagers) environnant le projet et inscrites dans celui-ci ; • Cheminement de l'ensemble des réseaux extérieurs en coordination avec les réseaux existants ; • Implantation des points de connexion avec les concessionnaires (y compris équipements associés) en limite de propriétés/bâtiment. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Formalisation graphique de l'APD proposé sous forme de plans, coupes, élévations, de l'ouvrage et de ses abords extérieurs à l'échelle de 1/100^e (1cm/m) avec certains détails au 1/50^e (2 cm/m) ;</i> • <i>Plans de principes de structure et leur pré dimensionnement ; tracés unifilaires de réseaux et terminaux sur des zones types à l'échelle de 1/100^e (chauffage, ventilation, plomberie, électricité, etc.) ;</i> • <i>Tracés de principe des réseaux extérieurs (1/100^e) ;</i> • Tableau <i>des surfaces</i> détaillées ; • Descriptif détaillé des <i>principes constructifs de fondations et de structures</i> ; • Notice descriptive précisant les matériaux ; • Descriptif détaillé des <i>solutions techniques retenues et notamment des installations techniques</i> ; • Notice de sécurité et <i>plans de compartimentage, issues de secours</i>, etc; • Estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposée en lots séparés ; • Comptes-rendus de réunions avec le maître d'ouvrage portant sur les principales solutions retenues à ce stade de la mission.
COMMENTAIRES	
<p>Les familles et/ou objets ouverts et paramétrables sont complétés. Les données de la maquette numérique de conception sont structurées par éléments de métiers, corps d'état ou lots et définies par des familles ou objets ouverts qui permettent l'exploitation de la maquette numérique de conception pour favoriser une réponse optimale de l'entreprise. L'ensemble des vues documentaires (reflet des plans, coupes, détails et autres pièces communiquée au dossier de consultation) sont structurées et embarquées dans la maquette numérique de conception. <i>L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique.</i></p>	

Études de projet (PRO)

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I
<p>Art. R. 2431-12 Les études de projet ont pour objet :</p> <p>1° De préciser par des plans, coupes et élévations, les formes des différents éléments de la construction, la nature et les caractéristiques des matériaux et les conditions de leur mise en œuvre ;</p> <p>2° De déterminer l'implantation, et l'encombrement de tous les éléments de structure et de tous les équipements techniques ;</p> <p>3° De préciser les tracés des alimentations et évacuations de tous les fluides ;</p> <p>4° D'établir un coût prévisionnel des travaux décomposé par corps d'état, sur la base d'un avant-métré ;</p> <p>5° De permettre au maître d'ouvrage, au regard de cette évaluation, d'arrêter le coût prévisionnel de de l'ouvrage et d'estimer les coûts de son exploitation ;</p> <p>6° De déterminer le délai global de réalisation de l'ouvrage.</p>	<p>3. Les études de projet, fondées sur le programme arrêté et les études d'avant-projet approuvées par le maître d'ouvrage ainsi que sur les prescriptions de celui-ci, découlant du permis de construire et autres autorisations administratives, définissent la conception générale de l'ouvrage. Elles doivent permettre, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-12 du code de la commande publique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de coordonner les informations et contraintes nécessaires à l'organisation spatiale des ouvrages en fonction de l'éventuel allotissement des marchés publics de travaux ; • de décrire les ouvrages et d'établir les plans de repérage nécessaires à la compréhension du projet ; <p>Le niveau de définition correspond à des plans généralement établis au 1/50^e avec tous les détails significatifs de conception architecturale à des échelles variant de 1/20^e à 1/2.</p>

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE CONCEPTION	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS (En italique bleu les pièces ou valeurs extraites de la maquette numérique de conception)
<p>Maquette projet Niveau de définition avancé permettant d'arrêter l'ensemble des prestations ; elle vise à déterminer l'attribution par corps d'état des ouvrages qui composent le bâtiment à construire et à préparer les marchés de travaux. Niveau de développement présentant de manière exhaustive les composants de la maquette numérique : ils sont repérés et renseignés et permettent une description détaillée de l'ouvrage. Niveau de développement permettant l'établissement d'un coût prévisionnel des travaux décomposés par corps d'état, sur la base d'un avant-métré.</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tous les éléments structurels sont dimensionnés ; les ouvrages de second œuvre sont renseignés ; la synthèse des constituants techniques est effective et l'ensemble du matériel est renseigné ; • Planification détaillée par élément d'ouvrage ; • Coût prévisionnel des travaux décomposés par corps d'état, sur la base d'un avant-métré ; • Programmation de la mise en exploitation • Être en mesure de fournir aux entreprises une Maquette numérique comprenant l'ensemble des informations correspondant à la phase études de projet. Elles se les approprieront pour faire une offre technique et financière. <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquette numérique niveau APD ; • Les observations du maître d'ouvrage sur l'APD ; • Les informations transmises par les disciplines techniques et le second œuvre. <p>Réalisation de la maquette numérique comprenant Ensemble des composants de l'ouvrage définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets renseignés et référencés par rapport au découpage en lots envisagé pour la consultation des entreprises (désignation, nature, composition, géométrie, propriétés physiques, performances) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objets relatifs aux ouvrages de fondation et de structure ; • Objets constituant les enveloppes (Les différents types de façades sont définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets génériques renseignés (désignation, nature, composition, propriétés physiques, performances) ; • Objets constituant les ouvrages intérieurs (Les différents ouvrages intérieurs et leurs ouvertures sont définis, positionnés et dimensionnés sous forme d'objets génériques renseignés (désignation, nature, composition, géométrie, propriétés physiques, performances, calepinage). Notamment figurent les faux plafonds, faux planchers, cloisons, portes, revêtement et habillage, façade intérieure, aménagements) ; • Objets relatifs aux fluides (CFO, CFA, CVC, Plomberie, protection incendie) (Les principaux équipements et réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets détaillés et génériques (désignation, dimensions, fonction, spécification technique) ; • Objets relatifs aux VRD, aménagements paysagers (Les principaux réseaux sont dimensionnés et saisis sous forme d'objets gabarités (désignation, fonction, informations techniques nécessaires). Niveau de définition permettant l'établissement de quantitatifs nécessaires à l'estimation financière. 	<p>Documents graphiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Formalisation graphique du projet sous forme de plans, coupes et élévations de l'ouvrage et de ses abords extérieurs à l'échelle de 1/50^e, incluant les repérages des faux plafonds, les revêtements de sols, les cloisonnements, les portes et tous ouvrages de second œuvre, avec tous les détails significatifs de conception architecturale à une échelle variant de 1/20^e à 1/2 ;</i> • <i>Plans de fondations et ouvrages d'infrastructure, incluant axes, trames, joints de dilatation, terrassements généraux, tracés des canalisations enterrées avec principaux diamètres, dimensionnement et niveaux du 1/100^e au 1/50^e des fondations superficielles et profondes (ouvrages principaux) ;</i> • <i>Plans de structure, incluant axes, trames, joints de dilatation, plans des différents niveaux du 1/100^e au 1/50^e avec positionnement, dimensionnements principaux ;</i> • <i>Réservations importantes affectant les ouvrages de structure. Surcharges d'exploitation et charges à supporter par la structure pour les principaux ouvrages, besoins principaux en fluides ;</i> • <i>Plans des réseaux extérieurs et des voiries sur fond de plan de masse ;</i> • <i>Plans de chauffage, climatisation et plomberie sanitaire, intégrant schémas généraux, bilan de puissance, tracés des principaux réseaux et implantation des terminaux au 1/100^e ;</i> • <i>Plans d'électricité, courants forts et courants faibles, incluant schémas généraux de distribution, bilan de puissances, tracés des principaux chemins de câbles, implantation des principaux tableaux et appareillages au 1/100^e ;</i> • <i>En tant que de besoins, coupes de coordination spatiale pour l'implantation des réseaux de fluides ;</i> • <i>Plans généraux des VRD avec tracé sur plan masse des principaux réseaux avec diamètres et niveaux principaux ;</i> • <i>Positionnement, dimensionnement, ventilation et équipement principaux des locaux techniques ;</i> • <i>Plans des dispositions générales de sécurité (compartimentage, dégagements, issues de secours, etc.) ;</i> • Plan de principe d'installation et d'accès de chantier. <p>Documents écrits</p> <ul style="list-style-type: none"> • Description détaillée des ouvrages et spécifications techniques définissant les exigences qualitatives et fonctionnelles, la nature et les caractéristiques des ouvrages et des matériaux, les contraintes générales de mise en œuvre, les conditions d'essai et de réception, incluant les limites de prestations entre les différents lots ; • Présentation du coût prévisionnel des travaux décomposé par corps d'état et de l'avant-métré sur la base duquel il a été établi ; • Calendrier prévisionnel d'exécution des travaux, décomposés par lots ou corps d'état, qui sera joint au DCE.
<p>COMMENTAIRES</p> <p>Les données de la maquette numérique de conception sont structurées par éléments de métiers, corps d'état ou lots et définies par des familles ou objets ouverts qui permettent l'exploitation de la maquette numérique de conception pour favoriser une réponse optimale de l'entreprise. L'ensemble des vues documentaires (reflet des plans, coupes, détails et autres pièces communiquée au dossier de consultation) sont structurées et embarquées dans la maquette numérique de conception.</p>	

Passation du ou des marchés de travaux (AMT)

Sans objet lorsque l'entreprise est choisie en amont des études de conception, cas notamment des marchés globaux

La maquette numérique de conception issue de la phase projet est communiquée à l'entreprise à titre d'information.

A minima, tous les éléments graphiques du dossier de consultation des entreprises sont extraits de cette maquette numérique.

Lors de cette phase AMT, le maître d'œuvre, à l'issue de la mise au point ou de la négociation des marchés de travaux avec les entreprises, apporte à la maquette numérique qui a servi de support à la consultation des entreprises, les modifications induites par cette mise au point ou cette négociation.

En cas d'acceptation de variantes proposées par les entreprises, celles-ci apportent à la maquette numérique qui a servi à la consultation les modifications induites par les variantes acceptées et transmettent les modifications à la maîtrise d'œuvre pour validation et intégration dans la maquette numérique de conception. La signature du marché de travaux s'effectue sur la base des documents contractuels, au format réglementaire en vigueur, à la date du début de préparation du marché de travaux.

Tous les plans du marché sont extraits depuis la maquette numérique de conception annexée au marché.

Études d'exécution et de synthèse (EXE)

Les études d'exécution peuvent être confiées, soit à la maîtrise d'œuvre, soit aux entreprises, soit encore en partie à la maîtrise d'œuvre et en partie aux entreprises. C'est le maître d'ouvrage qui en décide.

Tel que le précise l'article 5 de l'annexe 1 de l'annexe 20 du CCP, les études d'exécution ont notamment pour objet « *d'établir tous les plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier, [...] afin de dispenser l'acteur économique chargé des travaux de réaliser des études complémentaires autres que celles concernant les plans d'atelier et de chantier, relatifs aux méthodes de réalisation, aux ouvrages provisoires et aux moyens de chantier* ». Ces dispositions sont reprises à l'annexe 2 de l'annexe 20 concernant les opérations de réhabilitation.

Quel que soit le choix fait, les marchés doivent définir le contenu et le niveau de précision des études d'exécution mises à la charge de chacun des acteurs.

En cas de marchés globaux, le groupement a à sa charge l'ensemble des études d'exécution.

Même dans le cas où ces études sont confiées à la maîtrise d'œuvre, cette dernière a besoin pour réaliser ces études de prendre en compte certains savoir-faire et moyens des entreprises, afin d'éviter une remise en cause de ces études par les entreprises. La maîtrise d'œuvre réalisera donc les études d'exécution après désignation des entreprises.

Le BIM favorise une telle démarche collaborative entre maîtrise d'œuvre et entreprises.

Seules certaines études d'exécution ne faisant pas appel aux savoir-faire et aux moyens des entreprises tels que les plans et carnets de détails architecturaux pourront être produits par la maîtrise d'œuvre en amont de la consultation des entreprises.

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I
<p>Article R. 2431-13 L'assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation des marchés publics de travaux sur la base des études qu'il a approuvées a pour objet :</p> <p>1° De préparer la consultation des opérateurs économiques chargés des travaux, en fonction du mode de passation des marchés publics ;</p> <p>2° De préparer la sélection des candidatures et de les examiner ;</p> <p>3° D'analyser les offres et, le cas échéant, les variantes ;</p> <p>d) De préparer les mises au point permettant la conclusion des marchés publics par le maître d'ouvrage.</p> <p>Art. R. 2431-14 [...]</p> <p>Lorsque le maître d'ouvrage retient une offre qui comporte une variante, le maître d'œuvre doit compléter les études du projet pour en assurer la cohérence, notamment en établissant la synthèse des plans et spécifications et, le cas échéant, prendre en compte les dispositions découlant d'un permis de construire modifié.</p>	<p>4. L'assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation des marchés publics de travaux sur la base des études qu'il a approuvées a pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-13 du code de la commande publique :</p> <ul style="list-style-type: none">• de préparer la consultation des opérateurs économiques chargés des travaux afin qu'ils puissent présenter leurs offres en toute connaissance de cause, sur la base d'un dossier constitué des pièces administratives et techniques prévues au contrat ainsi que des pièces élaborées par la maîtrise d'œuvre correspondant à l'étape de la conception choisie par le maître d'ouvrage pour cette consultation. Le contenu du dossier de consultation est adapté en fonction de la décision du maître d'ouvrage d'allotir ou non l'opération ;• de procéder, au stade de l'analyse des offres, à la vérification de la conformité des réponses apportées aux documents de la consultation, d'analyser les méthodes ou solutions techniques proposées en s'assurant qu'elles sont assorties de toutes les justifications et avis techniques, en vérifiant qu'elles ne comportent pas d'omissions, d'erreurs ou de contradictions normalement décelables par un homme de l'art et d'établir un rapport d'analyse comparative proposant les offres susceptibles d'être retenues, conformément aux critères d'attribution précisés dans les documents de la consultation. La partie financière de l'analyse comporte une comparaison des offres entre elles et avec le coût prévisionnel des travaux.

Études d'exécution et de synthèse (EXE)

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III

ANNEXE 20 DU CCP ANNEXES I ET II

Art. R. 2431-15

Les études d'exécution permettent la réalisation de l'ouvrage. Elles ont pour objet, pour l'ensemble de l'ouvrage ou pour les seuls marchés publics concernés :

1° D'établir tous les plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier ainsi que les plans de synthèse correspondants ;

2° D'établir sur la base des plans d'exécution un devis quantitatif détaillé par marché public ;

3° D'établir le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par marché public ;

4° D'effectuer la mise en cohérence technique des documents fournis par les opérateurs économiques chargés des travaux lorsque les documents pour l'exécution des ouvrages sont établis pour partie par la maîtrise d'œuvre et pour partie par ces opérateurs.

[...]

5. Les études d'exécution, fondées sur le projet approuvé par le maître d'ouvrage, ont pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-15 du code de la commande publique :

• d'établir tous les plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier, en cohérence avec les plans de synthèse correspondants, et définissant les travaux dans tous leurs détails. Ces plans d'exécution et spécifications sont établis afin de dispenser l'opérateur économique chargé des travaux de réaliser des études complémentaires autres que celles concernant les plans d'atelier et de chantier, relatifs aux méthodes de réalisation, aux ouvrages provisoires et aux moyens de chantier ;

• de réaliser des études de synthèse ayant pour objet d'assurer pendant la phase d'études d'exécution la cohérence spatiale des éléments d'ouvrage de tous les corps d'état, dans le respect des dispositions architecturales, techniques, d'exploitation et de maintenance du projet. Ces études de synthèse se traduisent par des plans de synthèse qui représentent, au niveau du détail d'exécution, sur un même support, l'implantation des éléments d'ouvrage, des équipements et des installations ;

L'examen de la conformité au projet des études d'exécution et de synthèse faites par les opérateurs économiques chargés des travaux ainsi que leur visa par le maître d'œuvre ont pour objet d'assurer au maître d'ouvrage que les documents établis par ces opérateurs respectent les dispositions du projet établi par le maître d'œuvre. Le cas échéant, le maître d'œuvre participe aux travaux de la cellule de synthèse.

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE RÉALISATION

DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS (en italique bleu les pièces ou valeurs extraites de la maquette numérique de réalisation)

Maquette de réalisation

Ce niveau de définition est celui de l'exécution des travaux par l'entreprise.

La maquette numérique intègre progressivement les caractéristiques des éléments retenus dans les marchés d'entreprises et mis au point durant les études d'exécution.

Le titulaire des études d'exécution développe la maquette et produit ses documents d'exécution.

Cette maquette permet d'apprécier les impacts éventuels des modifications pendant la phase d'exécution.

Objectifs

- Intégration des données d'exécution dans la maquette numérique de réalisation en miroir de l'ouvrage construit ;
- Estimation définitive du coût prévisionnel du cycle de vie ;
- En phase d'exécution : établissement des modes opératoires en relation avec le coordinateur sécurité et protection de la santé (CSPS) ;
- Planification détaillée des travaux avec engagement sur les échéances intermédiaires et finales (fondations, hors d'eau, hors d'air, réception), suivi économique des travaux ;
- Consolidation des informations aptes à répondre aux exigences réglementaires et aux demandes de certification/labellisation (Qualibat, HQE...);
- Développement des outils liés aux garanties de performance énergétique.

Sources/entrants

- La maquette numérique niveau projet ;
- Les observations du maître d'ouvrage sur le projet ;
- Maîtrise d'œuvre : dossiers d'exécution, schémas, notes de calculs, etc... ;
- Entreprises, fabricants de matériaux et équipements : les fiches matériels et équipements, schémas, etc... ;

Réalisation de la maquette numérique comprenant :

- L'ensemble des composants de la maquette numérique ; renseignés par les données des entreprises et fournisseurs ;
- L'ajustement des locaux techniques, des trémies, des réseaux ;
- L'implantation des équipements et terminaux ;
- L'ensemble des détails relatifs aux objets figurant dans la maquette.

Les plans et documents EXE sont extraits depuis la maquette numérique de réalisation.

Ci-dessous une liste indicative et non exhaustive des documents et plans à produire dans le cadre des études d'exécution.

Plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier

En complément des plans architecturaux établis au stade du projet :

- *Plans de repérage* et calepinage *des ouvrages de second œuvre (menuiseries, faux plafonds, revêtement de sols, etc.)* ;
- *Coupes et détails de second œuvre à grande échelle* avec définitions des interfaces entre composants et corps d'état.

Infrastructure, fondations et structure :

- *Plans de fondations et ouvrages d'infrastructure, incluant les terrassements particuliers, les tracés de toutes les canalisations enterrées avec tous les diamètres, les dimensionnements et niveaux au 1/50° des fondations superficielles et profondes* ;
- Plans de ferrailage au 1/50° avec nature des aciers, sections d'armatures et implantation générale ;
- *Plans de structure béton armé incluant les plans des différents niveaux au 1/50° avec cotation, dimensionnement, implantation des trémies, report des réservations définies par les entreprises* et visées par la cellule de synthèse ;
- *Plans des maçonneries porteuses, nature, positionnement au 1/50°* ;
- *Plans des ouvrages de structure métallique incluant lignes d'épure, cotation, nature des profilés*, détails de principe des assemblages, des scellements et appuis.

CHAUFFAGE, VENTILATION, CLIMATISATION, PLOMBERIE

- Plans au 1/50° intégrant *les tracés des réseaux et gaines avec indication des diamètres sections et niveaux*, l'implantation des terminaux et principaux accessoires ;
 - Les détails de principe d'équipement des locaux techniques et sanitaires ;
 - Les coupes et détails nécessaires.
- ELECTRICITÉ COURANTS FORTS ET FAIBLES
- *Plans au 1/50° d'implantation des tableaux d'étage et appareillages et des tracés de chemins de câbles* ;
 - Schémas des tableaux avec définition des différents départs, puissances et protections. Plans d'organisation des baies.

VRD :

- Plans de VRD avec tracé sur plan masse de tous les réseaux avec diamètres, niveaux, fils d'eau, position et dimension de tous regards et raccordements aux réseaux extérieurs ;
- Profils en long et coupes en travers des voiries.

Devis **quantitatif** détaillé.

Actualisation du calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par lots ou corps d'état.

Plans de synthèse.

Fiches techniques des matériels et matériaux.

COMMENTAIRES

Les métiers définissent les familles et/ou objets spécifiques de la mise en œuvre *in situ*.

Les données de la maquette numérique de construction sont structurées par éléments de métiers, corps d'état ou lots, et définies par des familles ou objets renseignés permettant l'exploitation de la maquette numérique DOE pour ses usages présents, mais aussi futurs, et préalablement définis au marché

La numérisation offre, dans le cadre de la synthèse une palette nouvelle d'outils qui facilite énormément la coordination spatiale.

Visa des études d'exécution et de synthèse (VISA)

Le visa est fait sous la forme d'un autocontrôle dans le cas des marchés globaux

Les schémas classiques de validation, approbation documentaire, sont préservés et maintenus. L'entreprise présente pour validation des documents et des plans extraits de la maquette numérique métier de l'entreprise.

Pour autant, afin de faciliter ce visa, les données relatives aux études d'exécution réalisées par l'entreprise sont extraites de la maquette numérique métier de l'entreprise et transmises à l'équipe de conception qui pourra ainsi, par superposition des données, comparer avec la maquette numérique de conception et délivrer son visa.

L'équipe de conception, une fois le visa donné, associera ces données relatives aux études d'exécution dans la maquette numérique de conception qui deviendra dès lors la maquette numérique de réalisation.

Dans une hypothèse à plus long terme d'une maquette numérique unique partagée par l'ensemble des acteurs, ce visa pourra être délivré sans qu'il y ait besoin de transférer les données d'une maquette à l'autre.

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE,
DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III

ANNEXE 20 DU CCP
ANNEXES I ET II

Articles R. 2431-15

[...]

Lorsque les études d'exécution sont, partiellement ou intégralement, réalisées par les opérateurs économiques chargés des travaux, le maître d'œuvre s'assure que les documents qu'ils ont établis respectent les dispositions du projet et, dans ce cas, leur délivre son visa.

5.

[...]

L'examen de la conformité au projet des études d'exécution et de synthèse faites par les opérateurs économiques chargés de travaux ainsi que leur visa par le maître d'œuvre ont pour objet d'assurer au maître d'ouvrage que les documents établis par l'opérateur économique chargé des travaux respectent les dispositions du projet établi par le maître d'œuvre. Le cas échéant, le maître d'œuvre participe aux travaux de la cellule de synthèse.



La démarche BIM fait partie intégrante du marché afin de doter la maîtrise d'ouvrage d'une maquette 3D interactive facilitant la gestion des ouvrages et des équipements. Ce premier essai lui permettra d'adapter l'outil et ses interfaces logicielles et, à terme, généraliser le process à l'ensemble de son parc immobilier.

La maquette BIM est de niveau 2 avec une modélisation complète des trois édifices et des extérieurs dans leur forme initiale puis projetée. À l'exception des aménagements de menuiserie et de serrurerie détaillés en 2D, la conception 3D a été poussée dans le détail.

DOMAINE SUD AU THOLONET

La Société du Canal de Provence - créée en 1957 - a pour rôle principal de concevoir, réaliser et exploiter des aménagements hydrauliques structurants et respectueux de l'environnement. Ses locaux sont implantés dans un vaste domaine arboré, dans la commune du Tholonet à proximité de la montagne de la Sainte Victoire sur deux sites : le domaine Nord occupé notamment par un château du XVII^{ème} siècle et le domaine Sud sur lequel voisinent des édifices contemporains.

L'opération vise à la transformation et extension de trois bâtiments - Sainte-Victoire, Comptoir du Matériel et Verdon afin de regrouper les différents services de la Direction de l'Ingénierie et des Services (DIS) de la SCP sur le domaine sud.

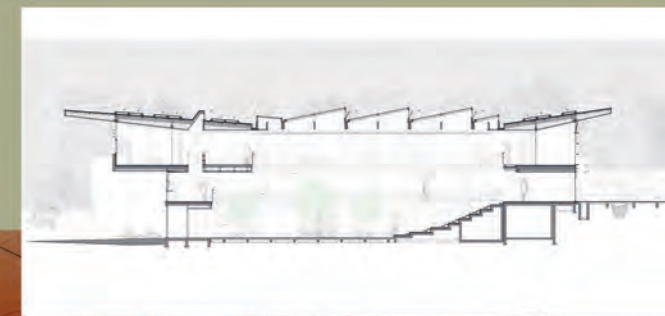


Réhabilitations de bâtiments

du Domaine Sud au Tholonet

Malgré une convention BIM précise, l'interopérabilité a été complexe à mettre en œuvre en raison de la complexité et de la diversité des maquettes. Mais, elle a permis une meilleure compréhension de l'existant et a facilité notamment la justification de la non-aggravation sismique de la structure et le cheminement des fluides tout particulièrement dans la charpente du dernier niveau, l'entrelacs de fondations du patio et l'exiguïté des locaux techniques. La 3D a également facilité la communication avec la maîtrise d'ouvrage et les ambassadeurs du personnel au travers d'ateliers animés à partir de la maquette native. *In fine*, même si les maquettes IFC sont jointes au dossier d'appel d'offre, les missions d'EXE et de Synthèse seront traditionnelles avec uniquement une mission BIM en DOE afin de ne pas écarter les entreprises locales compétentes et, au contraire, accompagner en douceur leur transition vers le BIM.

Société du Canal de Provence



La direction de l'exécution du ou des marchés de travaux (DET)

Le DET est fait sous la forme d'un autocontrôle dans le cas des marchés globaux

L'équipe de conception sur la base de la maquette numérique de réalisation assure sa mission de suivi de la bonne exécution des travaux et de leur conformité aux prescriptions des marchés de travaux. Elle sera également un bon support lorsque l'équipe de conception organise des revues de projet.

Toute modification acceptée du projet à l'initiative du maître d'ouvrage, de l'équipe de conception ou de l'entreprise conduira à la mise à jour de la maquette de réalisation pour lui donner les meilleures garanties de fiabilité et de traçabilité.

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III

ANNEXE 20 DU CCP ANNEXES I ET II

Art. R. 2431-16

La direction de l'exécution des marchés publics de travaux a pour objet :

- 1° De s'assurer que les documents d'exécution ainsi que les ouvrages en cours de réalisation respectent les dispositions des études effectuées ;
- 2° De s'assurer que les documents qui doivent être produits par les opérateurs économiques chargés des travaux, ainsi que l'exécution des travaux sont conformes aux clauses de leur marché public ;
- 3°) De délivrer tous ordres de service, d'établir tous procès-verbaux nécessaires à l'exécution du marché public de travaux, de procéder aux constats contradictoires et d'organiser et de diriger les réunions de chantier ;
- 4° De vérifier les projets de décomptes mensuels ou les demandes d'avance présentés par les opérateurs économiques chargés des travaux, d'établir les états d'acomptes, de vérifier le projet de décompte final et d'établir le décompte général ;
- 5° D'assister le maître d'ouvrage en cas de différend sur le règlement ou l'exécution des travaux.

6. La direction de l'exécution des marchés publics de travaux a pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-16 du code de la commande publique :

- de s'assurer que les documents produits par les opérateurs économiques chargés des travaux ne comportent ni erreur, ni omission, ni contradiction normalement décelables par un homme de l'art ;
- de s'assurer que l'exécution des travaux est conforme aux clauses du marché public, y compris le cas échéant, en ce qui concerne l'application effective d'un schéma directeur de la qualité, s'il en a été établi un ;
- d'informer systématiquement le maître d'ouvrage sur l'état d'avancement et de prévision des travaux et dépenses, avec indication des évolutions notables ;
- de donner un avis au maître d'ouvrage sur les réserves éventuellement formulées par les opérateurs économiques chargés des travaux et sur les décomptes généraux ainsi que d'instruire les mémoires de réclamation de ces opérateurs économiques.

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE RÉALISATION EN PHASE DET

DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS

Maquette numérique de réalisation

Niveau d'exécution permettant de produire les travaux en corrélation avec les dispositions retenues dans la maquette numérique de réalisation, et de reporter dans la maquette les recollements successifs dus aux modifications de mise en œuvre.

Objectifs

- Dossier de suivi de l'opération ;
- Dossier de construction de l'ouvrage ;
- Dossier de fonctionnement de l'ouvrage ;
- Dossier de maintenance de l'ouvrage ;
- Dossier de garantie de l'ouvrage

Sources/entrants

- La maquette numérique niveau études d'exécution ;
- Les observations du maître d'ouvrage sur les études ;
- Maîtrise d'œuvre : suivi de chantier, schémas, notes de calculs, etc... ;
- Entreprises, fabricants de matériaux et équipements : les fiches matériels et équipements, schémas, etc.

Réalisation de la maquette numérique comprenant le :

- Recollement de l'ensemble des réalisations des entreprises avec un niveau de détail (LOD) et d'information (LOI) prévus dans la convention BIM de l'opération.

Rapport de revue de projet récapitulatif :

Direction des travaux

- Organisation et direction des réunions de chantier
- Établissement et diffusion des comptes-rendus
- Établissement des ordres de service
- État d'avancement général des travaux à partir du planning général
- Avancement, dépenses et évolutions notables

Contrôle de la conformité de la réalisation

- Examen des documents complémentaires à produire par les entreprises, en application de leurs contrats
- Conformité des ouvrages aux prescriptions des contrats
- Les comptes-rendus d'observation
- Synthèse des choix des matériaux, échantillons ou coloris à valider par le maître de l'ouvrage

Gestion financière

Vérification des décomptes mensuels et finaux

- Établissement des états d'acompte
- Examen des devis de travaux complémentaires
- Examen des mémoires en réclamation (examen technique, matériel et économique) présentés au plus tard à la présentation du projet de décompte final
- Établissement du décompte général

Opérations de réception et période de garantie de parfait achèvement (AOR)

L'AOR est fait sous la forme d'un autocontrôle dans le cas des contrats globaux

La maquette numérique de réception (maquette numérique de DOE), représentative de la construction au moment de la réception et de la livraison de l'ouvrage facilite l'élaboration du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) dans la mesure où elle est l'équivalente de ces dossiers sous forme numérique. Elle viendra donc se substituer à ces dossiers et restera opérationnelle tout au long de la vie de la construction pour peu qu'elle soit mise à jour régulièrement suite aux travaux de maintenance et aux éventuels travaux modificatifs de la construction.

La maquette numérique peut aussi être utilisée pour gérer le relevé des réserves de réception et leurs levées.

Les informations relatives aux familles et/ou objets ouverts et paramétrables sont remplacées par celles relatives aux produits industriels effectivement mis en œuvre.

Les plans conformes à la réalisation sont extraits depuis la maquette numérique de réception.

CODE LA COMMANDE PUBLIQUE, DEUXIÈME PARTIE, LIVRE IV, TITRE III	ANNEXE 20 DU CCP ANNEXE I ET II
<p>Art. R. 2431-18 L'assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement a pour objet :</p> <p>1° D'organiser les opérations préalables à la réception des travaux ;</p> <p>2° D'assurer le suivi des réserves formulées lors de la réception des travaux jusqu'à leur levée ;</p> <p>3° De procéder à l'examen des désordres signalés par le maître d'ouvrage ;</p> <p>4° De constituer le dossier des ouvrages exécutés nécessaires à leur exploitation.</p>	<p>8. L'assistance apportée au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement a pour objet, outre les éléments mentionnés à l'article R. 2431-18 du code de la commande publique, de constituer le dossier des ouvrages exécutés à partir des plans conformes à l'exécution remis par les opérateurs économiques chargés des travaux, des plans de récolement ainsi que des notices de fonctionnement et des prescriptions de maintenance des fournisseurs d'éléments d'équipement mis en œuvre.</p>

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE RÉCEPTION	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS
<p>Maquette numérique de réception Niveau de réception permettant de vérifier le parfait achèvement et le bon fonctionnement de l'opération, avant réception, il est également nécessaire d'introduire toutes les formations retenues pour la prise en charge du fonctionnement et de l'exploitation du bâtiment par le maître de l'ouvrage et les occupants</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réception de l'ouvrage • Démarrage des garanties • Référence des outils d'exploitation/maintenance, de diagnostic et de GER, rénovation, réhabilitation et démolition <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquette numérique de réalisation niveau exécution ; • Les observations du maître d'ouvrage sur l'exécution ; • Maîtrise d'œuvre : suivi de chantier, schémas, notes de calculs, etc... ; • Entreprises, fabricants de matériaux et équipements : les fiches matériels et équipements, schémas, etc. 	<p>Au cours des opérations préalables à la réception, le maître d'œuvre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valide par sondage les performances des installations • Organise les réunions de contrôle de conformité • Établit par corps d'état ou par lot la liste des réserves • Propose au maître d'ouvrage la réception. <p>État des réserves et suivi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le maître d'œuvre constitue le dossier des ouvrages exécutés nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage à partir du dossier de conception générale du maître d'œuvre, des plans conformes à l'exécution remis par l'entrepreneur ainsi que des prescriptions de maintenance des fournisseurs d'éléments d'équipement mis en œuvre. <p>Au cours de l'année de garantie de parfait achèvement,</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le maître d'œuvre examine, à l'aide, le cas échéant de la maquette numérique, les désordres apparus après la réception et signalés par le maître d'ouvrage.
<p>Réalisation de la maquette numérique comprenant le :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dossier de suivi de l'opération ; • Dossier de construction de l'ouvrage ; • Dossier de fonctionnement de l'ouvrage ; • Dossier de maintenance de l'ouvrage ; • Dossier de garantie de l'ouvrage. 	

Exploitation/Maintenance

La maquette numérique de phase exploitation maintenance est représentative de la construction au fur et à mesure de l'écoulement de son cycle de vie.

Elle est destinée à servir de référence à toutes les gestions et interventions ultérieures de l'ouvrage (GMAO, GTB, GTC, plans de prévention, SSI, OSEF, objets connectés...)

Les produits industriels effectivement mis en œuvre sont tenus à jour avec les informations complémentaires d'entretien maintenance, les gammes de maintenance, les relevés d'interventions, les éléments de garantie, les fournitures et pièces consommables...

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE D'EXPLOITATION MAINTENANCE

Maquette numérique d'exploitation maintenance

Niveau de définition permettant de suivre l'utilisation du bâtiment. Il permet également de suivre la performance du bâtiment dans son cycle de vie, ainsi que la vérification des durées de vie annoncées initialement

Objectifs :

- Exploitation de l'ouvrage ;
- Maintenance de l'ouvrage ;
- Suivi des garanties ;
- Interopérabilité avec les outils de gestion du bâtiment.

Sources/entrants :

- La maquette numérique de réception ;
- Les procès-verbaux de réception ;
- Données liés à l'usage ;
- Données spécifiques à l'exploitation maintenance.

Réalisation de la maquette numérique comprenant le :

- Recollement de l'ensemble des actions d'exploitation et de maintenance.

GER, Rénovation, Réhabilitation, Démolition

La maquette numérique lors d'une phase GER (gros entretien renouvellement), rénovation, réhabilitation, démolition trouve la source de ses données dans la maquette numérique d'exploitation/maintenance. Cette dernière est représentative de la construction au moment de la programmation ou du diagnostic pour l'opération de travaux envisagé, dès lors qu'elle a été maintenue à jour tout au long de la phase d'exploitation maintenance.

Le maître d'ouvrage se retrouve en fait dans une nouvelle phase de programmation à la nuance près que les travaux envisagés portent sur un équipement déjà existant et pour lequel le maître d'ouvrage dispose d'une maquette numérique.

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE PHASE GER, RÉNOVATION, RÉHABILITATION, DÉMOLITION

Maquette numérique de phase GER, rénovation, réhabilitation, démolition

Niveau préalable permettant d'identifier les objectifs de l'opération et les besoins qu'elle doit satisfaire ainsi que les contraintes et exigences de qualité sociale, urbanistique, architecturale, fonctionnelle, technique et économique, d'insertion dans le paysage et de protection de l'environnement, relatives à la réalisation et à l'utilisation de l'ouvrage (Cf. article 2 loi MOP).

Objectifs

- Études d'opportunité ;
- Études de faisabilité ;
- Localisation ;
- Programme.

Sources/entrants

- Maquette numérique de phase exploitation/maintenance
- Orientation de l'action ;
- Recherche de l'information.

Réalisation de la maquette numérique comprenant une

- Analyse fonctionnelle ;
- Analyse en coût global ;
- Validation.

ANNEXE III

RECOMMANDATIONS AUX MAÎTRES D'OUVRAGE POUR LA RÉMUNÉRATION DES MAÎTRES D'ŒUVRE EN MODE BIM, CONCERNANT LA RÉPARTITION DES HONORAIRES EN FONCTION DES DIFFÉRENTES PHASES



© Chatillon Architectes

Rappel : le contrat de maîtrise d'œuvre est un contrat forfaitaire librement négocié.

Le « Guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations de la maîtrise d'œuvre » publié par la MIQCP, donne des points de repère sous la forme d'un taux dégressif à appliquer au montant des travaux, taux affecté d'un coefficient de complexité tenant compte de la nature de l'ouvrage et de différents éléments objectifs de complexité comme les contraintes physiques du contexte, la spécificité du projet et les exigences contractuelles.

Le recours imposé à des livrables BIM s'ajoutant aux rendus 2D extraits de la maquette doit être considéré comme un facteur de complexité, au moins pendant les premiers temps de développement de cette nouvelle technologie (Cf. pages 33, 34 du guide).

MISSIONS DE BASE	SÉQUENCEMENT MISSION DE BASE LOI MOP	SÉQUENCEMENT PROJET MENÉ EN BIM
Esquisse	ESQUISSE 4% à 6%	ESQUISSE 7% à 9%
Avant-projet sommaire	APS 9% à 10%	APS 14% à 15%
Avant-projet détaillé	APD 17% à 18%	APD 19% à 20%
Projet	PRO 19% à 21%	PRO 12% à 14%
Total études :	49% à 55%, soit 52% en moyenne	52% à 58%, soit 55% en moyenne
Visa des études d'exécution	VISA 8% à 9%	VISA 8% à 9%
Assistance pour la passation des marchés de travaux	AMT 7% à 8%	AMT 6% à 7%
Direction de l'exécution des travaux	DET 24% à 28%	DET 24% à 28%
Assistance à l'opération de réception et pendant l'année de parfait achèvement y compris DOE	AOR 5% à 7%	AOR 3% à 5%
Total chantier :	44% à 52%, soit 48% en moyenne	41% à 49%, soit 45% en moyenne
Missions complémentaires	<ul style="list-style-type: none"> - Maquette exploitation maintenance - Assistance au démarrage de l'exploitation - Vérification de performance - Mise à jour annuelle de la maquette de construction 	

Cette proposition d'adaptation au BIM de la répartition traditionnelle des honoraires selon les phases s'appuie sur une publication de l'association AMO (Architecture et Maîtres d'ouvrage) concernant la labellisation « FAIR » garante d'une relation de qualité entre maîtres d'œuvre et maîtres d'ouvrage.

Réhabilitation
de la copropriété
Fontanelles



Étude

de l'impact des
brises vues/soleil sur
l'éclairage naturel
intérieur

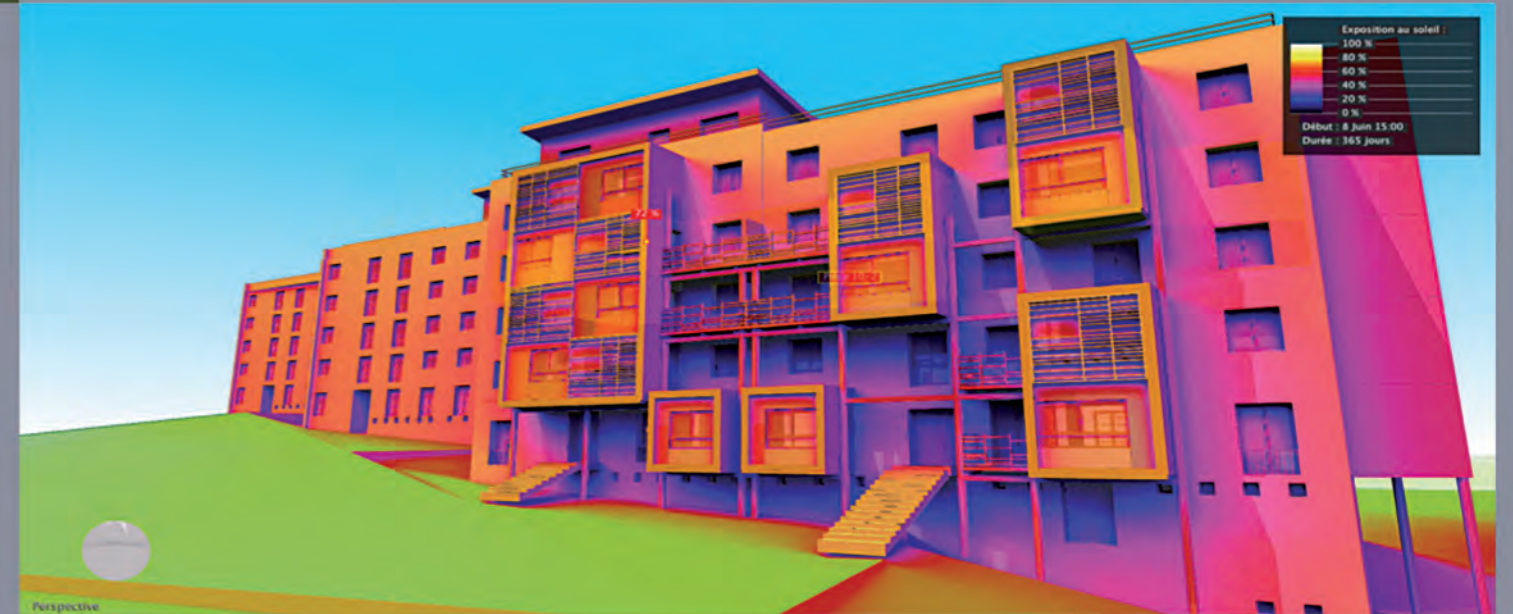
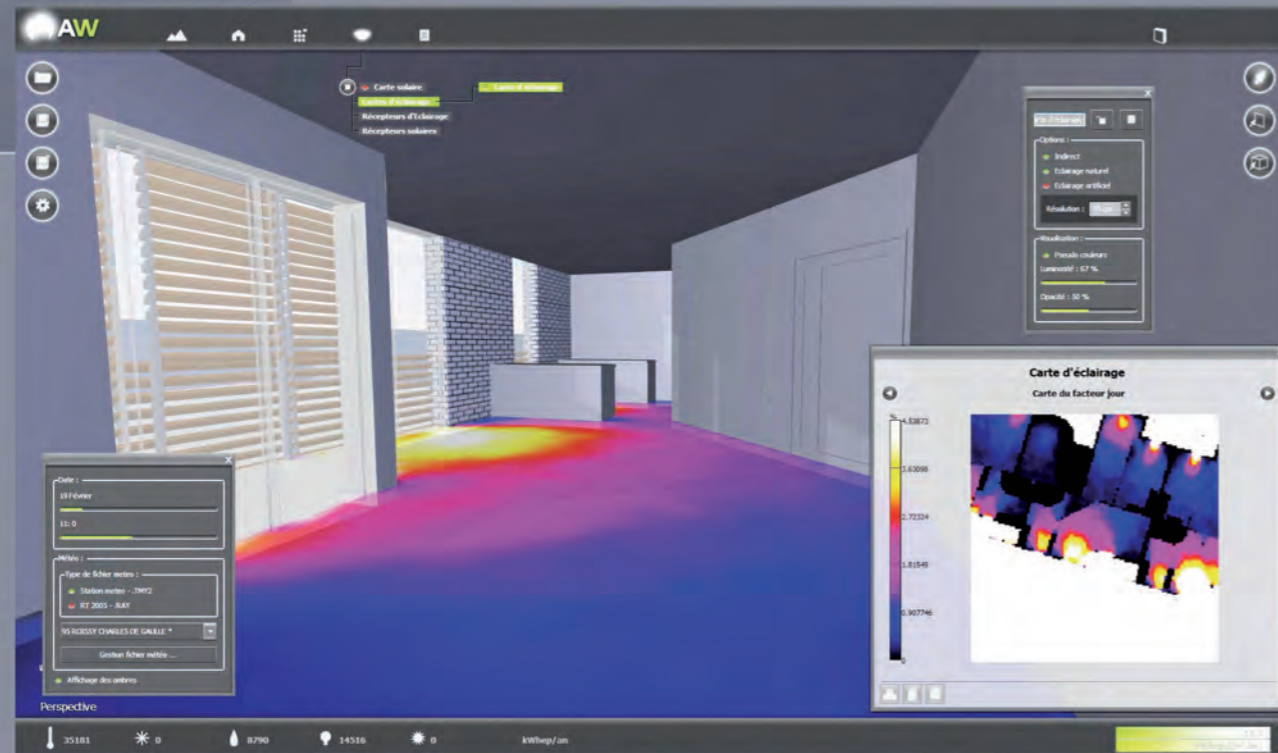
Phase esquisse – conception bioclimatique

L'usage du BIM est particulièrement pertinent dans l'adaptation des programmes de logement à la transition climatique et à la meilleure prise en compte de leur impact énergétique.

Étude

de l'impact des
balcons rapportés sur
l'exposition au soleil

TOULOUSE



ANNEXE IV

EXEMPLE DE CAHIER DES CHARGES BIM ISSU D'ORELIE



francois.pelegrin@architecture-pelegrin.com

CAHIER DES CHARGES BIM

Maquette générique issue d'ORELIE

1 INTRODUCTION	100	6 STRUCTURATION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE BIM	109
1.1 La démarche BIM	100	6.1 Arborescence spatiale	109
1.2 Définition du cahier des charges BIM	100	6.2 Informations sur le projet	109
1.3 Étendue de la mission BIM	100	6.3 Informations sur le site	110
1.4 Définition du BIM	100	6.4 Informations sur le(s) bâtiment(s)	110
1.5 Cession des droits d'usage et d'exploitation	100	6.5 Structuration des niveaux du projet	111
1.6 Non-respect du cahier des charges BIM	101	6.6 Pièces du projet	111
2 OBJECTIFS ET USAGES DU MAÎTRE D'OUVRAGE DELÉGUÉE	101	6.7 Éléments principaux constituant l'ouvrage BIM	113
2.1 Objectifs BIM de la maîtrise d'ouvrage déléguée	101	6.8 Dénomination des maquettes numériques BIM	113
2.2 Usages du BIM	102	7 PROCÉDURES	114
Vidéo : « Vidéo de présentation » le but est de disposer		7.1 Revues de projet BIM	114
d'un outil de communication pour les décideurs et les futurs usagers.	104	7.2 Procédure de mise à jour de la convention BIM	115
3 DESCRIPTION DU PROCESSUS	105	7.3 Modalités de livraison des maquettes numériques BIM	115
3.1 Prestation BIM Manager	105	7.4 Procédure de correction des non-conformités	115
3.2 Plateforme collaborative	107	Procédure d'EXE	115
4 PRESCRIPTIONS DES LIVRABLES	107	8 LISTE DES LIVRABLES	115
4.1 Formats des livrables : MNBIM	107	9 CONTRÔLE DE QUALITÉ	120
4.2 Formats des livrables : DAO	108	10 CONTENU DES MAQUETTES NUMÉRIQUES BIM - TND	120
4.3 Formats des livrables : TABLEURS	108	11 ANNEXE TECHNIQUE BIM	120
4.4 Visionneuse de référence	108		
5 PRESCRIPTIONS DE MODÉLISATION DES MNBIM	108		
5.1 Niveau d'organisation	108		
5.2 Classification des objets	108		
5.3 Unités	109		
5.4 Tolérance bâtiment	109		
5.5 Localisation	109		

Glossaire des sigles et abréviations

AMO BIM	ASSISTANCE À MAÎTRISE D'OUVRAGE BIM
BCF	BIM COLLABORATION FORMAT
ECD	ENVIRONNEMENT COMMUN DE DONNÉES
IFC	INDUSTRY FOUNDATION CLASSES
GTPAO	GESTION TECHNIQUE DE PATRIMOINE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR
MNBIM	MAQUETTE NUMÉRIQUE BIM
CVBIM	CONVENTION BIM
TND	TABLEAU DE NIVEAUX DE DÉVELOPPEMENT

Définitions

BCF

BCF, *BIM Collaboration Format*, est un format pour la communication des messages. Il permet de transférer des annotations relatives à un objet dans une maquette numérique BIM entre les différents intervenants d'un projet.

BIM

Le BIM (« *Building Information Modelling* »), 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 maquette de nouvelles informations pour aboutir au final à un objet virtuel renseigné, représentatif de la construction, de ses caractéristiques géométriques et des propriétés de comportement.

BIM MANAGER

Il rédige la « convention BIM » qui régit le projet en conformité avec les exigences du maître d'ouvrage. Il en vérifie le respect par la réception des livrables auprès des différents coordinateurs BIM. Le rôle de BIM Manager est à distinguer de celui de chef de projet : ce n'est pas un rôle décisionnel mais plutôt de conseil en matière de BIM. Son champ d'intervention est strictement limité à l'intégrité des maquettes numériques BIM, l'analyse et l'exploitation de celles-ci étant menée par les personnes en charge du projet.

COORDINATEUR BIM

Tout acteur impliqué dans des pratiques BIM de production et/ou de coordination du projet. Le coordinateur BIM est souvent l'expert BIM d'un cabinet d'architectes, d'une entreprise ou d'un bureau d'études, qui connaît les processus et les besoins de son équipe dans le métier qu'il exerce. Il est le responsable de la maquette métier que son entité produit pour un projet. Il est en relation direct avec le BIM Manager afin que l'intégration des éléments dans la maquette numérique BIM fédérée se fasse selon les besoins du projet en suivant les règles établies entre les partenaires.

DOCUMENT EXTRAITS

La maîtrise d'œuvre doit remettre à la maîtrise d'ouvrage la maquette numérique BIM conforme à son niveau de développement pour chaque phase et des rendus traditionnels sous forme de documents graphiques et écrits (plans, coupes, élévations, vue 3D) qui doivent être extraits de la maquette numérique BIM et remis à la maîtrise d'ouvrage sans modification afin d'être parfaitement en concordance avec la maquette numérique BIM.

DOCUMENT LIÉS

Les documents liés sont intégrés à la maquette numérique BIM et restitués à tout moment sans nécessiter aucun traitement. Ils



sont simplement liés à la maquette numérique BIM ou à un de ses éléments : une fiche produit sera liée à un objet représentant un type d'équipement, une note présentant les résultats d'une simulation thermique dynamique sera liée globalement à la maquette numérique BIM.

IFC

Le format IFC (« *Industry Foundation Classes* ») est le modèle de données utilisé dans les maquettes numériques dans le domaine de la construction. Il permet de décrire des objets (murs, fenêtres, espaces, poteaux, etc.), leurs caractéristiques et leurs relations. Les IFC font partie de la norme internationale STEP ou « *standard for Exchange of product data* » (ISO 10 303). Depuis mars 2013, les IFC sont labellisés ISO 16 739. Les IFC ont pour but d'assurer l'interopérabilité des logiciels métiers BIM.

INTEROPÉRABILITÉ

L'interopérabilité est la capacité d'échanger par la présence d'un standard neutre et ouvert des données entre les différents « modèles » sans dépendre d'un acteur ou d'un outil en particulier.

NIVEAUX DE DEVELOPPEMENT (ND)

Différents termes qui regroupent un seul et même sujet. Niveau nécessaire d'informations liées aux objets en termes géométriques, analytiques, alphanumériques et relationnels. Il existe différents niveaux de définition/détail/développement accordés suivant les phases de projet de la Loi MOP.

OBJET BIM

Représentation virtuelle d'un élément de construction, en trois dimensions, formellement identifié (par exemple un mur, une dalle, une porte, un étage, etc.) avec ses propriétés (par exemple : propriétés des matériaux, résistance mécanique, transmissivité thermique, etc.).

PLATEFORME COLLABORATIVE

C'est une infrastructure d'échange de données liées à un projet selon des méthodologies définies. Elle centralise tous les outils liés à la conduite de projet et la gestion des connaissances liées à ce même projet et les mets à disposition des acteurs du projet.

CONVENTION BIM

Document décrivant les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, 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. À chaque étape du cycle de vie du projet, la convention évolue et s'adapte aux nouveaux acteurs, à des usages nouveaux ou à des nécessités du projet.

USAGES BIM

C'est une explicitation de processus intégrant des pratiques BIM, c'est-à-dire la description d'un processus concret, tel qu'il sera mis en œuvre sur un projet. Cela permet de décrire factuellement les usages voulus des maquettes numériques, les interactions des différents acteurs avec cette base de données, pour des actions métiers précises allant de la production d'images jusqu'à l'exploitation de bâtiment.

1 Introduction

1.1 La démarche BIM du maître d'ouvrage

- Rappel des missions spécifiques en fonction des compétences de l'institution.
- Objectif : disposer d'une maquette numérique BIM du bâtiment afin de pouvoir *in fine* gérer la donnée véhiculée dans ce modèle BIM dans un outil de gestion patrimoniale.

1.2 Définition du cahier des charges BIM

Le présent **cahier des charges BIM** a pour objet de décrire les missions de la maîtrise d'œuvre ainsi que les objectifs et exigences BIM de la maîtrise d'ouvrage déléguée pour les phases suivantes :

- **ESQ**
- **APS**
- **APD**
- **PRO**
- **EXE**
- **AOR**
- **DOE**

Le cahier des charges BIM est un **document contractuel** qui fait partie intégrante du marché de maîtrise d'œuvre.

Ce cahier des charges BIM servira en particulier :

- À assurer la compréhension des implications relatives au BIM tout au long du projet ;
- À guider le BIM Manager du projet dans la rédaction de la convention BIM ;
- À informer architectes et bureaux d'études sur le contenu des maquettes numériques BIM à produire.

1.3 Étendue de la mission BIM

Le titulaire du précédent marché sera responsable de la prestation BIM. La totalité des missions BIM, composée du **BIM**

Management (gestion du projet) et du **BIM modélisation (modélisation du projet)**, des phases suivantes :

- **ESQ**
- **APS**
- **APD**
- **PRO**
- **EXE**
- **AOR**
- **DOE**

1.4 Définition du BIM

La norme ISO 29481-1 : 2016 le définit comme « l'utilisation d'une représentation numérique partagée d'un objet construit pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation de manière à constituer une base fiable permettant les prises de décisions ».

Il se décline de diverses façons :

- **BIM MODÈLE** : production d'un modèle informatique en trois dimensions, qui contient des objets BIM structurés avec des informations géométriques et alphanumériques.
- **BIM MODELLING** : processus de travail basé sur la collaboration autour d'une maquette numérique BIM.
- **BIM MANAGEMENT** : organisation permettant le suivi de la maquette numérique BIM tout au long du projet.

Le titulaire du marché lors des échanges de données sous la forme de maquette numérique BIM devra mettre en œuvre ces trois déclinaisons du BIM.

1.5 Cession des droits d'usage et d'exploitation

Si le maître d'ouvrage a bien acheté la maquette numérique, le prestataire cède, par la présente, à la maîtrise d'ouvrage et à la maîtrise d'ouvrage déléguée les droits d'usage et d'exploitation des livrables cités ci-dessous pour un usage de gestion tech-

nique, gestion patrimoniale et de communication. Cette cession est explicitement intégrée au présent marché.

- Maquettes numériques BIM ;
- Pièces graphiques et pièces écrites ;
- Tableurs ;
- Vidéo.

1.6 Non-respect du cahier des charges BIM

En cas de non-respect du cahier des charges BIM, et notamment dans la présentation des documents demandés dans les délais et avec les niveaux de qualité requis, et l'éventuelle modification ou correction des documents suite au rapport de vérification, le titulaire du marché encourt des pénalités définies ci-dessous.

Etapes de la mission	Date butoir	Fait générateur	Pénalités
Phase Conception			
APS, APD, PRO (dont DCE)	Remise APS, APD, PRO	Non fourniture des MNBIM	
	Deux semaines après la réception du rapport de vérification	Non fourniture des MNBIM modifiées	
	Remise APS, APD, PRO et DCE	Non fourniture des documents extraits de la MNBIM	
Phase Réalisation			
EXE et AOR (dont DOE)	Remise EXE et deux mois avant le DOE	Non fourniture des MNBIM	
	Trois semaines après la réception du rapport de vérification	Non fourniture des MNBIM modifiées	
	Remise EXE et deux mois avant le DOE	Non fourniture des documents extraits de la MNBIM	

Les pénalités peuvent affecter les sommes dues de la prestation BIM. Dans ce cas de figure, la maîtrise d'ouvrage déléguée pourra prendre la décision d'une « réduction ».

2 Objectifs et usages du maître d'ouvrage délégué

2.1 Objectifs BIM de la maîtrise d'ouvrage déléguée

Voici les principaux objectifs BIM de la maîtrise d'ouvrage déléguée qui doivent être réunis :

1. Meilleurs services aux usagers.
 - a. Faciliter l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage
2. Meilleure appropriation du projet.
 - a. Communiquer sur le projet et en faciliter son appropriation
 - b. Mieux comprendre le projet grâce à une visualisation de la maquette numérique BIM
3. Maîtrise des risques.
 - a. Réduire les risques d'erreurs de conception et mieux coordonner les différents acteurs
 - b. Améliorer la productivité lors de la phase réalisation
4. Performance économique accrue
 - a. Maîtriser le coût de construction

2.2 Usages du BIM

1. Revue de projet

Cet usage consiste à superposer les maquettes numériques BIM pour avoir une vue du projet dans son ensemble et le faire évoluer au regard des problèmes de coordination qui peuvent en sortir. Le but est de détecter les conflits et d'accompagner leur gestion jusqu'à leur résolution avec les acteurs concernés. Ces revues de projet participent donc à l'amélioration continue du management de projet BIM. Tous les acteurs qui participent à ces revues de projet devront pré-valider leur(s) maquette(s). Attention, il est important de préciser qu'il existe plusieurs types de réunion de revue de projet et que celles-ci devront être précisées dans le convention BIM.

- **Phase concernée** : ESQ, APS, APD et PRO (DCE numérique) et EXE
- **Livrable** : rapport d'analyse (format PDF et BCF²) et maquettes numériques BIM (format IFC)
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification des maquettes numériques BIM au format IFC par rapport au TND.
 - (B) Vérification de la tenue d'une revue de projet à minima à chaque fin de phase contractuelle et de l'archivage de la maquette validée. La revue de projet devra comporter la visualisation en séance de la MN. La revue de projet devra faire l'objet d'un compte rendu abordant les aspects relatifs au BIM.
 - (C) Vérification sur la plateforme des différentes maquettes validées.

2. Production des livrables

Cet usage consiste à utiliser la maquette numérique BIM comme base de production des livrables graphiques traditionnels d'un projet : plans de toutes sortes, coupes, élévations et perspectives. Ces documents seront extraits depuis les maquettes numériques BIM afin de garantir la cohérence entre eux.

² Un BCF est un format pour la communication des messages. Il permet de transférer des annotations relatives à un objet dans une maquette numérique BIM entre les différents intervenants d'un projet.

La saisie d'informations complémentaires sur ces livrables peut être nécessaire si elles ne sont pas contenues dans la maquette numérique BIM : détails de construction.

- **Phases concernées** : ESQ, APS, APD, PRO (DCE numérique), EXE et AOR (DOE numérique)
- **Livrables** : documents graphiques du projet (plans de toutes sortes, coupes, élévations, détails, perspectives), au format PDF et DWG, directement extraits de la maquette numérique
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification de la présence des livrables attendus dont ceux issus de la maquette dans le contrat ou les documents contractuels.
 - (B) Vérification de la présence de la liste des documents rendus.
 - (C) Cohérence de la liste avec ce qui a été défini dans le contrat.
 - (D) Analyse du format natif pour vérifier que les documents graphiques sont bien présents.
 - (E) Analyse de la conformité des documents graphiques avec les maquette numérique BIM.

3. Extraction des quantités

Cet usage consiste à extraire des quantités des éléments de la maquette numérique BIM. Ces extractions prennent la forme de bases de données organisées en nomenclatures, structurées par catégories d'objets et par valeurs significatives. Ces extractions peuvent s'appuyer sur des jeux de propriétés (PSET), des attributs, une composition, une référence à un type et des quantités de base. Les valeurs significatives sont les données permettant de caractériser le projet. La totalité des quantités de l'économiste seront extraits de la maquette numérique BIM.

Le maître d'ouvrage a besoin de connaître les surfaces suivantes :

- **Onglet SUR** :
 - la surface du terrain ;
 - la surface d'emprise au sol du bâtiment ;
 - le code NGF du bâtiment.



- **Onglet SU** :
 - la surface utile (SU) par pièce/local.
- **Onglet SHON** :
 - la surface hors œuvre nette (SHON) par pièce/local.
- **Onglet SDO** :
 - la surface dans œuvre (SDO), somme de la SU et des surfaces de circulation.
- **Onglet SH** :
 - la surface habitable (SH) par pièce.
- **Onglet SDP** :
 - la surface de plancher (SDP) par pièce/local ; au sens de l'ordonnance n°2011-1539 du 16 novembre 2011.
- **Onglet LOCAUX** : le nombre d'entités spécifiques :
 - nombre de salle de cours par étape et par bâtiment ;
 - nombre de logements en fonction par étape et par bâtiment ;
 - nombre de chambre d'internat par étage et par bâtiment ;
 - nombre de place de stationnement par typologie et par bâtiment.

Il est attendu que le prestataire génère à partir de la maquette numérique BIM le tableau des surfaces et le complète par des colonnes dans lesquelles il indiquera les valeurs significatives décrites précédemment.

- **Phases concernées** : ESQ, APS, APD, PRO (DCE numérique), EXE et AOR (DOE numérique)
- **Livrables** : extraction des quantitatifs au format .xls et .pdf
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification de la présence des quantités et valeurs significatives attendues et issues de la maquette dans le contrat ou les documents contractuels.
 - (B) Présence des nomenclatures permettant l'extraction des quantités et valeurs significatives au sein de la maquette numérique.
 - (C) Analyse du format natif pour vérifier que les nomenclatures des quantités sont bien présentes et qu'ils sont conformes à la maquette numérique BIM.

4. Évaluations / simulations des performances en termes de confort

Cet usage consiste à simuler à partir de la maquette numérique BIM les futures performances du bâtiment comme la luminosité et l'acoustique. L'objectif est de vérifier le respect des exigences et de pouvoir modifier la conception en cas de besoin.

La maîtrise d'œuvre devra veiller au respect du confort dans l'ouvrage, en réalisant deux études : rapport de calcul FLJ (Facteur Lumière Jour) et étude acoustique. Deux rapports techniques seront donc à remettre à la maîtrise d'ouvrage déléguée. Ceux-ci devront être issus directement de la maquette numérique BIM.

- **Phases concernées** : APS et APD
- **Livrable** : étude facteur lumière jour et étude acoustique, au format natif du logiciel de simulation
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification de la présence du livrable attendu dont celui issu de la maquette dans le contrat ou les documents contractuels.
 - (B) Vérification par sondage de la cohérence des informations présentes dans le livrable.

5. Évaluations /simulations thermiques dynamiques

Cet usage consiste à évaluer à partir de la maquette numérique BIM l'impact environnemental du bâtiment au regard des matériaux utilisés ou encore des consommations énergétiques simulées. Il permet aussi, par exemple, de répertorier les produits potentiellement nocifs.

Un livrable sera attendu, issu de la maquette numérique BIM : étude STD (Simulation Thermique Dynamique).

- **Phases concernées** : APS et APD
- **Livrable** : étude STD, au format natif du logiciel de STD
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification de la présence des quantités et valeurs significatives attendues et issues de la maquette dans le contrat ou les documents contractuels.
 - (B) Vérification par sondage du fonctionnement du processus liant le modèle analytique avec le modèle de calcul.

6. Simulation du déroulement de la construction : planification 4D

Cet usage consiste à simuler virtuellement le déroulement du projet par association de la maquette numérique BIM à un planning de type Gantt pour permettre à la maîtrise d'ouvrage de visualiser l'avancement, prévu ou réalisé, de la phase d'exécution du projet. Ce planning doit gagner en précision en phase de construction par rapport à la phase de conception. La planification 4D est un processus qui permet de fournir à une équipe de projet, y compris au maître d'ouvrage, une meilleure compréhension des étapes du projet globale, d'une zone particulière.

- **Phases concernées** : EXE
- **Livrables** : planning 4D du projet dans un format compatible avec un logiciel 4D
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification des liens bijectifs entre le planning et la maquette numérique de l'ouvrage.
 - (B) Vérification de la visualisation complète du planning en 4D.

7. Gestion technique et patrimoniale assistée par ordinateur (GTPAO)

Cet usage consiste à lier la maquette numérique BIM exploitation à un système de gestion des espaces afin d'exploiter l'information qu'elle contient pour planifier et gérer l'occupation du bâtiment, les déménagements ou encore le mobilier.

- **Phases concernées** : AOR (DOE numérique)
- **Livrable** : maquette numérique BIM au format IFC
- **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** :
 - (A) Vérification par sondage de la mise à jour des données et de leur interaction avec l'outil de gestion patrimoniale.
 - (B) Vérification de l'existence d'un processus d'amélioration continue pour l'acquisition des données.

8. Communication du projet

Cet usage consiste à utiliser la maquette numérique BIM pour présenter le projet. La maîtrise d'ouvrage déléguée souhaite disposer différents types de rendu de communication qui devront être réalisées directement à partir des maquettes numériques BIM du projet. Ces rendus devront suivre des caractéristiques particulières. Le contenu des maquettes numériques BIM devra être celui précisé dans le tableau de niveaux de développement des phases concernées.

1. Vidéo : « Vidéo de présentation » – le but est de disposer d'un outil de communication pour les décideurs et les futurs usagers.

- **Acteur concerné** : maîtrise d'œuvre
- **Phase concernée** : PRO
- **Livrable** : vidéo au format .mp4
- **Caractéristiques** : cette vidéo doit intégrer, à minima, les caractéristiques suivantes :
 - maquette texturée (avec la texture par défaut des matériaux) du bâtiment et des revêtements des sols extérieurs ;
 - ombres portées ;
 - parcours de la lumière solaire ;
 - personnages à l'échelle ;
 - terrain et voirie ;
 - bâtiments existants sous forme de volume ;
 - mobilier intérieur ;
 - intégration dans le paysage existant.
- **Parcours** : La vidéo devra permettre de visualiser les éléments suivants :
 - vue aérienne en direction de l'ouvrage ;
 - vue des extérieures du bâtiment et de son environnement ;
 - circulation des usagers de l'entrée du bâtiment (l'espace d'accueil) jusqu'aux différents points remarquables du bâtiment.
- **Durée** : 2 minutes
- **Résolution** : 1080 pixels

• **Vérification de la maîtrise d'ouvrage déléguée** : (A) Vérification de la présence du livrable attendu dont celui issu de la

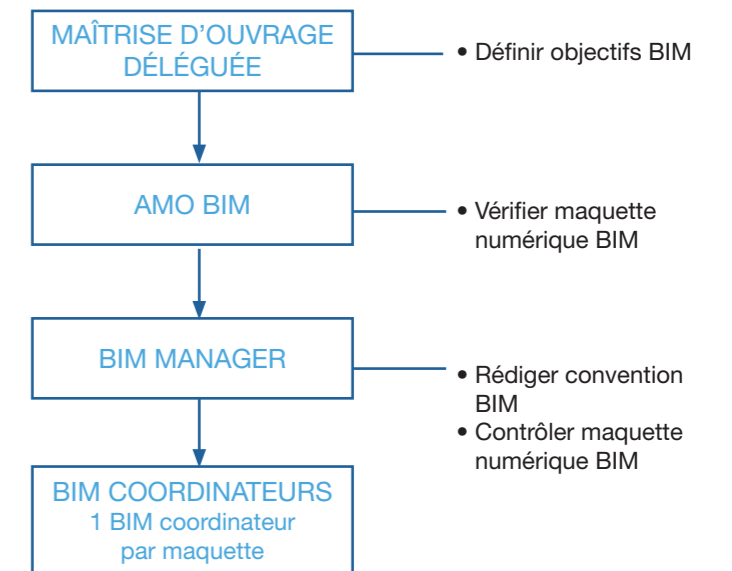
maquette dans le contrat ou les documents contractuels. (B) Vérification de la cohérence du parcours vidéo proposé.

USAGES BIM	ESQ	APS	APD	PRO	EXE	DOE
1. Revue de projet		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Production des livrables		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Extractions des quantités		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Évaluation / simulation performance en termes de confort		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5. Évaluation / simulation thermique dynamique		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
6. Simulation du déroulement de la construction : planification 4D					<input type="checkbox"/>	
7. Gestion technique et patrimoniale assistée par ordinateur (GTPAO)						<input type="checkbox"/>
8. Communication du projet				<input type="checkbox"/>		

3 Description du processus

3.1 Prestation BIM Manager

Le **BIM Manager** est responsable du BIM Management de la maquette numérique. Son rôle est d'auditer et de coordonner les différentes maquettes numériques BIM des intervenants. Il rédigera le **convention BIM** (CVBIM) du projet qui est une réponse au cahier des charges BIM de la maîtrise d'ouvrage déléguée. Ce document contractuel définit les conditions dans lesquelles les prestataires de l'équipe de maîtrise d'œuvre vont travailler ensemble (rôles, méthodes et moyens). Cette convention BIM sera mis à jour selon les besoins du projet et devra être validé par l'ensemble des membres de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Le BIM Manager vérifie également le respect des livrables BIM auprès des différents **coordinateurs BIM**³. Le BIM Manager fait partie intégrante de l'équipe de maîtrise d'œuvre.



³ Le coordinateur BIM est souvent l'expert BIM d'une entreprise ou d'un bureau d'études, qui connaît les processus et les besoins de son équipe dans le métier qu'il exerce. Il est le responsable de la maquette métier que son entité produit pour un projet.

Les rôles du BIM Manager à chaque étape du projet seront les suivants :

En réponse à la consultation de la maîtrise d'œuvre, il élabore un projet de **convention BIM** dont le chapitrage est le suivant:

USAGES BIM	APPLICATIONS LOGICIELS	PARTENAIRES CONCERNÉS (à définir lors de la mise au point du marché)
1. Revue de projet		
2. Production des livrables		
3. Extractions des quantités		
4. Évaluation / simulation performance en termes de confort		
5. Évaluation / simulation thermique dynamique		
6. Simulation du déroulement de la construction : planification 4D		
7. Gestion technique et patrimoniale assistée par ordinateur (GTPAO)		
8. Communication du projet		

- La définition de la plateforme : les échanges de données (définition d'une solution de stockage collaboratif pour un environnement commun de données et un processus d'échange) ;
- Les principes de collaboration (échange de données entre les logiciels ; circuit de communication et de validation des documents ; organisation des réunions et contrôle qualité) ;
- Les prescriptions de modélisation selon les logiciels ;
- Les procédures de contrôle (détection des conflits) ;
- Le TND (définition du contenu de la maquette numérique BIM par acteur – qui est producteur de telle donnée ?) ;
- La liste des livrables BIM : le prestataire devra déterminer l'émetteur de chacun des livrables BIM attendus par la maîtrise d'ouvrage déléguée, par phase, durant toute la durée de l'opération ;
- Les dérogations : la maîtrise d'ouvrage déléguée ouvre la pos-

- Tableau présentant l'équipe projet : présentation de l'équipe et des logiciels utilisés avec les formats et versions ;
- Tableau des usages BIM : descriptions des usages BIM et des applications choisies ;

sibilité, sous réserve de validation, d'effectuer des demandes de dérogation. Dans ce chapitre, le titulaire du marché devra préciser d'éventuelle demande de dérogation vis-à-vis du cahier des charges BIM en citant expressément le sous-chapitre du cahier des charges BIM ainsi que les raisons de la dérogation.

Pendant la conception, il aura pour missions de :

- Coordonner la mise en œuvre du processus BIM de l'équipe de « coordonnateurs BIM » ;
- Transmettre la convention BIM à la maîtrise d'ouvrage pour validation (préciser à quel stade il sera transmis) qui adressera les livrables BIM pour vérification par l'AMO BIM ;
- Gérer les évolutions successives de la convention pour prendre en compte les intervenants (règles de modélisation, méthodes



- d'échange de données) ;
- Décrire la structuration des fichiers du projet (calques, classes, arborescence) ;
- Déterminer la structure de stockage et les configurations (niveaux d'accès, sécurité) ;
- Organiser matériellement les revues de projet BIM et rédiger les comptes rendus ;
- Vérifier la conformité des différentes maquettes numériques BIM de conception et au présent cahier de charges ;
- Assurer la continuité BIM entre les différentes phases ;
- Organiser la logistique numérique pour le fonctionnement BIM de la cellule de synthèse ;
- Analyse des offres BIM (mémoire technique BIM) ;
- Rédiger le CCTP BIM travaux ;

Les compétences requises pour le BIM Manager devront être équivalentes ou supérieures à celles de la certification Référent BIM niveau 1 minimum, reconnu par Certivéa. L'équivalence se mesure par le nombre de jours de formations à la démarche BIM (hors formations aux logiciels).

3.2 Plateforme collaborative

Tout au long de ce marché, le BIM Manager devra utiliser **la plateforme collaborative KROQI (version 1.0), ou une autre plateforme aux fonctionnalités équivalentes ou supérieures** pour les échanges de tous les documents relatifs au projet et à la validation des livrables.

La plateforme collaborative sera portée techniquement par l'équipe de maîtrise d'œuvre en phase de conception. Il se chargera de la mise en place de l'arborescence pour le projet, de l'attribution des droits d'accès selon les types d'utilisateur (consulter, ajouter, modifier, commenter), ainsi que de la centralisation et conservation des historiques de la plateforme. Lorsque l'opération sera terminée, le dossier du projet sera archivé et déplacé

dans un autre espace le maître d'ouvrage (serveur interne). La codification des documents devra suivre les prescriptions énoncées dans le présent cahier des charges BIM. L'ensemble des documents liés au projet sera stocké dans cette plateforme collaborative. Il est important de rappeler que chaque prestataire reste responsable de conserver une copie de sauvegarder de leurs propres fichiers. Le dossier du projet sera géré par l'équipe de maîtrise d'œuvre en phase conception.

4 Prescriptions des livrables

Les spécifications suivantes sont relatives aux contraintes de production des maquettes numériques BIM. Le choix du logiciel n'est pas imposé à l'équipe de maîtrise d'œuvre et aux entreprises.

4.1 Formats des livrables : MNBIM

Les modèles BIM devront être échangeables au format IFC 2x3, avec l'extension de fichier *.ifc.

Les maquettes numériques BIM devront être livrées sous deux formats :

- Le format IFC** (un fichier par bâtiment et par discipline) ;
- Le format NATIF** propre au logiciel utilisé pour des extensions futures de l'ouvrage (uniquement au PRO-DCE numérique). Pour chaque élément de la maquette numérique BIM, le prestataire devra respecter le **Tableau de Niveaux de Développement (TND)**, pièce contractuelle figurant en annexe du présent document. Voici **des options d'export IFC** à respecter :
 - La taille de la maquette numérique BIM : elle ne doit pas excéder 200 Mo/fichier.** À défaut, un découpage cohérent devra être pensé et mis en place ;
 - L'export doit se faire avec l'option « quantités de base » (Base Quantities)** pour obtenir des informations quantitatives

normalisées. Tous les objets ne comportent pas des « quantités de base » à l'export. Cela dépend de la nature de chaque objet. Dans le cas où l'objet ne porte pas des « quantités de base », le prestataire devra trouver le moyen de véhiculer les dimensions suivant par d'autres propriétés : largeur, hauteur, épaisseur, surface et volume.

• **Les limites d'espaces (Space Boundaries)** : elles vont permettre d'obtenir des données utiles aux logiciels de calculs thermiques réglementaires et aux logiciels de simulation thermique dynamique.

4.2 Formats des livrables : DAO

Le format « dessin vectoriel » sera demandé pour les pièces graphiques 2D extraites du modèle numérique BIM. Tous les plans devront être produits conformément aux prescriptions mentionnées dans le CCAP.

4.3 Formats des livrables : TABLEURS

Les fichiers de tabulation transmis par le prestataire seront obligatoirement sous le format tableur.

4.4 Visionneuse de référence

Les maquettes numériques BIM devront être visualisées sur le logiciel de référence commune et de coordination. Cette visionneuse permettra de valider la réception des données des maquettes numériques BIM. L'ensemble des informations liées aux maquettes numériques BIM, les données géométriques et les données alphanumériques, doivent être conformes à l'affichage sur ce logiciel. Les prestataires se doivent au préalable de vérifier leur livrables sur ce même logiciel. En cas de non-conformité, les prestataires ne pourront pas justifier de l'affichage divergeant des données sur une autre logiciel.

5 Prescriptions de modélisation des MNBIM

Les informations alphanumériques et géométriques sont sous la responsabilité de celui qui les produit. Les prestataires, dans l'accomplissement de la prestation liée à ce cahier des charges, seront responsables quant à l'exactitude de ces informations.

5.1 Niveau d'organisation

Le choix du niveau d'organisation est libre. La maîtrise d'œuvre devra le préciser dans le cadre de sa convention BIM. Toutefois, la maîtrise d'ouvrage déléguée exclut la possibilité de réaliser le projet de Modèle Isolé - BIM Niveau 1.

• **Niveau d'organisation de la maquette numérique BIM de niveau 2 – Modèle Fédéré** : chacun produit une maquette numérique BIM indépendamment (architecte, structure, fluides et économiste). Les modèles évoluent de concert et les échanges se réalisent en utilisant un format de fichier IFC. Cet échange va permettre de combiner tous les modèles en mode fédéré. C'est avec ce mode fédéré que seront effectuées les détections de conflits.

• **Niveau d'organisation de la maquette numérique BIM de niveau 3 – Modèle Intégré** : Il s'agit d'un modèle unique, stocké sur un serveur centralisé, accessible par tous les intervenants durant toute la durée du projet.

5.2 Classification des objets

Tout objet est associé à un objet type et un seul dont la désignation est indiquée dans l'attribut « objet type » du PSET ROOT afin, notamment, de pouvoir les classer et les sélectionner facilement. Les trois contraintes suivantes doivent être respectées :

1. le type de tous les objets est indiqué ;
2. le nom du type est explicite ;
3. le libellé est cohérent avec les valeurs caractéristiques de l'objet type.

5.3 Unités

Les maquettes numériques BIM devront être dimensionnellement exactes.

DIMENSIONS	UNITÉS	DÉCIMALE
Longueur	Mètre (m)	1
Surface	Mètre carré (m ²)	2
Volume	Mètre cube (m ³)	2
Angle	Degré (°)	2

5.4 Tolérance bâtiment

Les tolérances de précisions des maquettes numériques BIM sont les mêmes qui s'appliquent à toutes autres pièces écrites ou graphiques constitutives du projet.

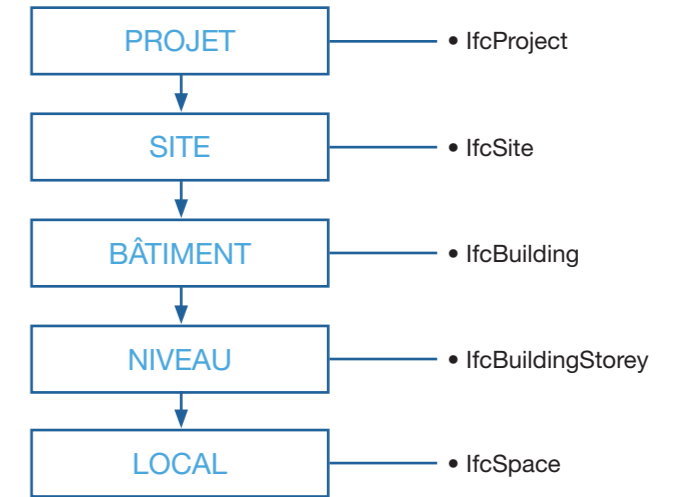
5.5 Localisation

La maîtrise d'œuvre devra prévoir un point fixe de géolocalisation et une orientation, communs à toutes les maquettes numériques BIM.

6 Structuration de la maquette numérique BIM

6.1 Arborescence spatiale

Le contenu des maquettes numériques BIM sera organisé sous la forme d'une arborescence spatiale qui est la suivante :



Le bâtiment est décomposé par niveau dans lequel se trouvent des locaux et des équipements.

Cette arborescence est décrite dans une maquette numérique BIM au format IFC par des liens d'agrégation entre des objets des classes projet (IfcProject), site (IfcSite), bâtiment (IfcBuilding), niveau (IfcBuildingStorey) et espace (IfcSpace).

Les objets doivent être rattachés en priorité selon leur hiérarchie spatiale. Si cette hiérarchie n'est pas respectée, la structuration du patrimoine associée ne pourra pas être aussi précise que possible.

6.2 Informations sur le projet

Le projet est dans une propriété de la classe IfcProject. Il est identifié par un code et un libellé unique. Le projet est géoréférencé dans les propriétés de la classe IfcProject et doit contenir un code propre. Ce code « projet » doit comprendre six caractères alphanumériques (AREA) et sera renseigné dans l'attribut **Name** de l'IfcProject/Root. Le libellé complet du projet (Extension_réhabili-

tation) sera renseigné dans l'attribut **Description** de l'IfcProject/Root. Le nom de la phase du projet (APS par exemple) sera ren-

seigné dans l'attribut **Phase** de l'IfcProject/Project.

PARAMÈTRES PERTINENTS	EXEMPLES DE VALEURS	ATTRIBUT IFC / PSET
Code projet	- AREA - Extention_réhabilitation - APS	Code projet - IFC/PSET : IfcRoot/Name Libellé projet - IFC/PSET : IfcRoot/Description Nom phase projet - IFC/PSET : IfcProject/Phase

6.3 Informations sur le site

Le site est géoréférencé dans les propriétés de la classe IfcSite et doit contenir un code propre. Ce code « Site » doit comprendre 20 caractères alphanumériques maximum

(9AAA) et sera renseigné dans l'attribut Name de l'IfcSite Root. Le libellé complet du Site sera renseigné dans l'attribut Description de l'IfcSite/Root.

PARAMÈTRES PERTINENTS	EXEMPLES DE VALEURS	ATTRIBUT IFC / PSET
Code site	- 9AAA LYCÉE_XXX	Code site - IFC/PSET : IfcRoot/Name Libellé site - IFC/PSET : IfcRoot/Description

6.4 Informations sur le(s) bâtiment(s)

Le(s) bâtiment(s) est(sont) rattaché(s) à la classe **IfcBuilding** et doit(doivent) contenir un code propre. Ce code est composé d'une certaine manière. Le code « Bâtiment » doit comprendre

3 caractères alphanumériques (**S**) sera renseigné dans l'attribut **Name** de l'IfcBuilding/Root. Le libellé complet du Bâtiment (**BÂTIMENT_SUD**) sera renseigné dans l'attribut **Description** de l'IfcBuilding/Root.

PARAMÈTRES PERTINENTS	EXEMPLES DE VALEURS	ATTRIBUT IFC / PSET
Code bâtiment(s)	- (rien) Si 1 seul bâtiment sur site Si plusieurs bâtiments sur site : - S - BÂTIMENT SUD - C - BÂTIMENT CENTRE - N - BÂTIMENT NORD	Code bâtiment - IFC/PSET : IfcRoot/Name Libellé Bâtiment - IFC/PSET : IfcRoot/Description

6.5 Structuration des niveaux du projet

Chaque niveau/étage contient les informations de hauteur, surfaces, volume ainsi que l'ensemble des objets de construction qui lui sont propres (murs, portes, fenêtres, etc.) mais aucun élément de mobiliers ou encore des équipements. Les **IfcBuildingStorey** ne doivent pas renfermer des objets appartenant à d'autres étages.

Le code « Niveau » doit comprendre 3 caractères alphanumériques (**SS1** pour SOUS-SOL 1, **R+1** pour 1^{er} ÉTAGE, etc.). Il correspond selon le cas à l'étage. Ce code « Niveau » sera renseigné dans l'attribut **Name** de l'IfcBuildingStorey/Root. Le libellé complet Niveau (**1^{er} ÉTAGE**) sera renseigné dans l'attribut **Description** de l'IfcBuildingStorey/Root.

PARAMÈTRES PERTINENTS	EXEMPLES DE VALEURS	ATTRIBUT IFC / PSET
Désignation des niveaux	- SS2 2 ^{ème} SOUS-SOL	- IFC/PSET : IfcRoot/Name et IFC/PSET : IfcRoot/Description
	- SS1 1 ^{er} SOUS-SOL	
	- RDC REZ DE CHAUSSE	
	- R+1 1 ^{er} ÉTAGE	
	- R+2 2 ^{ème} ÉTAGE	
	- R+3 3 ^{ème} ÉTAGE	
	- R+4 4 ^{ème} ÉTAGE	
	- R+5 5 ^{ème} ÉTAGE	
	- R..... ÉTAGE	

6.6 Pièces du projet

Un étage comprend un certain nombre de locaux. Leur nomenclature constitue la base du processus d'exploitation-maintenance, tous les équipements sont spatialement liés à un local (il pourra être nécessaire, selon les cas, de créer un IfcSpace en toiture ou en vide sanitaire). Tous les locaux qu'ils soient clos ou non, couverts ou non, sont représentés par des objets BIM de la classe IfcSpace (ascenseur, balcon, chambre, cellier, dégagement, grenier, garage etc.).

Il est défini :

- Un IfcSpace par pièce ;
 - Un IfcSpace pour chaque place de stationnement et un autre pour la circulation du parc de stationnement ;
 - Un IfcSpace pour les cheminements extérieurs.
- Chaque IfcSpace contient des informations spécifiques. Il est rigoureux d'appliquer la codification spécifique des locaux afin de permettre leur transmission :
- Dans l'outil de gestion patrimoniale de la maîtrise d'ouvrage

déléguée (encore méconnu), pour les informations concernant les surfaces, dimensions, affectation.

Chaque IfcSpace contient les informations suivantes à minima :

- La désignation « Pièce » sera renseignée dans l'attribut **Long-Name** de l'IfcSpace/SpatialStructureElement (**CHAMBRE_FROIDE_1** ; **SALLE_ACTIVITE_1** ; etc.)
- Le code « Pièce » sera composé de 5 caractères alphanumériques maximum (**CHF1** pour Chambre froide 1 ; **SACT1** pour

Salle d'activité1, etc.). Il sera renseigné dans l'attribut **ObjectType** de l'IfcSpace/Object.

- Le numéro « Pièce » sera renseigné dans l'attribut **Description** de l'IfcSpace/Root. (Exemple : S.001). Le BIM Manager devra définir dans la convention BIM d'Exécution une manière de numéroter les pièces afin de permettre à la maîtrise d'ouvrage déléguée par la suite de gérer cette information.

PARAMÈTRES PERTINENTS	EXEMPLES DE VALEURS	ATTRIBUT IFC / PSET
Désignation de la pièce	- CHAMBRE_FROIDE_1 - RÉSERVE_1 - SALLE_ACTIVITE_1 - SANITAIRE_1 - SALLE DE COUR - ...	- IFC/PSET : IfcSpatialStructureElement/LongName
Code de la pièce	- CHF1 pour Chambre froide 1 - RES1 pour Réserve1 - SACT1 pour Salle d'activité 1 - SAN1 pour Sanitaire 1 - ...	- IFC/PSET : IfcObject/ObjectType
Numéro de la pièce	- S.001 (exemple) - 1.002 (exemple) - 5.003 (exemple) - ... Le BIM Manager doit le définir	- IFC / PSET : Root/Description

Nota : l'annexe technique BIM du présent cahier des charges BIM présente le détail de la désignation et des codes de chacune des pièces. Les majuscules et underscores doivent être respectés. Si toutefois, une pièce n'est pas présente dans cette liste, le prestataire devra se rapprocher de la maîtrise d'ouvrage déléguée et son AMO BIM pour valider la désignation et le code de celle-ci.

6.7 Éléments principaux constituant l'ouvrage BIM

Les principaux éléments de la maquette numérique BIM sont exportés selon les classes de l'IFC. Une nomenclature explicite des objets et équipements est utilisée. Celle-ci est exigée par la maîtrise d'ouvrage déléguée. Chaque équipement défini dans les maquettes numériques BIM sont identifiables par un code unique (GUID) créé lors de la modélisation sur le logiciel BIM.

Le nom des objets de la maquette numérique BIM (IfcName), devra correspondre au nom du composant de la liste du système de gestion de maintenance de la maîtrise d'ouvrage déléguée (fourni en Annexe technique BIM).

Tous les équipements techniques seront à modéliser en trois dimensions selon un niveau de détail adéquat (réf. Annexe technique BIM – TND - Tableau de Niveaux de Développement).

PARAMÈTRES PERTINENTS	NOMMAGE ÉLÉMENTS ATTRIBUT IFC (IFC/PSET : IfcRoot/Name)	CLASSE IFC 2 X 3 ATTRIBUT IFC (IFC/PSET : IfcRoot/IfcType)
Terrain	- TERRAIN	- IfcSite
Murs	- MUR	- IfcWall
Escalier	- ESCALIER	- IfcStair / IfcStairFlight
Fenêtres	- FENÊTRE	- IfcWindow
.....

Nota : Les informations relatives aux systèmes de codification, nommage, désignation sont décrites dans l'annexe du présent document. La dénomination contextuelle des objets de hiérarchisation spatiale, structure bâtiment et équipements doit être homogène entre toutes les maquettes numériques BIM. Les majuscules et underscores doivent être respectés.

6.8 Dénomination des maquettes numériques BIM

Le code du fichier devra être construit de la manière suivante :

Pièces graphiques :

Nom projet	Phase	Émetteur	Lot	Bâtiment	Type	Révision
9AAA	APS	ARC	S	01B	MN	1
9AAA_EXE_ARC_01B_S_MN_1						

NOM DU PROJET : x

PHASE :

- **ESQ** : Esquisse
- **APS** : Avant-Projet Sommaire
- **APD** : Avant-Projet Détaillé
- **PRO** : Études de Projet
- **EXE** : Études d'exécution
- **AOR** : Assistance aux opérations de réception (dont DOE : Dossier des ouvrages exécutés)

ÉMETTEUR (Suggestion de la maîtrise d'ouvrage déléguée) :

- **ARC** : Architecte
- **STR** : Structure
- **PLB** : Plomberie
- **CVC** : Chauffage, Ventilation et Climatisation
- **ELE** : Électricité
- **VRD** : Voirie et Réseaux Divers

LOT :

- **LOT 01B** : DÉCONSTRUCTIONS LOURDES – REPRISES EN SOUS-CŒUVRE – STRUCTURE – CHARPENTE MÉTALLIQUE
- **LOT 01C** : DÉCONSTRUCTIONS INTÉRIEURES LÉGÈRES – MAÇONNERIES
- **LOT 01D** : STRUCTURE BOIS (escalier monumental et platelages)
- **LOT 01E** : MICRO SITE
- **LOT 02** : ÉTANCHÉITÉ
- **LOT 03A** : COURANTS FORTS ET FAIBLES – ALARME
- **LOT 03B** : PHOTOVOLTAÏQUE
- **LOT 04** : PLOMBERIE – CVC – DÉSENFUMAGE – ENTRETIEN
- **LOT 05** : CLOISONS – DOUBLAGES – FAUX-PLAFONDS – PEINTURES INTÉRIEURES - NETTOYAGE
- **LOT 06** : MENUISERIES INTÉRIEURES
- **LOT 07** : REVÊTEMENTS DURS DES SOLS ET DES MURS
- **LOT 08** : REVÊTEMENTS DE SOLS SOUPLES
- **LOT 09** : RAVALEMENT – ITE
- **LOT 10A** : MENUISERIES EXTÉRIEURES – BRISE-SOLEIL
- **LOT 10B** : SERRURERIE – MÉTALLERIE – CANOPÉE (Tranche optionnelle)

- **LOT 11** : ASCENSEURS – MONTE-CHARGES
- **LOT 12** : ESPACES VERTS – VRD
- **LOT 13** : ÉQUIPEMENTS DE CUISINE
- **LOT 14** : RÉSINE DE SOL
- **XXX** : Tous les lots

BÂTIMENT (si nécessaire) :

- **S** : BÂTIMENT SUD
- **C** : BÂTIMENT CENTRE
- **N** : BÂTIMENT NORD
- **XXX** : Tous les bâtiments

TYPE (suggestion de la maîtrise d'ouvrage déléguée, à compléter selon les besoins) :

- **MN** : Maquette Numérique BIM
- **RP** : Rapport d'analyse
- **TB** : Tableur
- Etc.

REVISION :

- La logique de révision adoptée est la suivante : 0, 1, 2, 3, ...

Nota : L'équipe de maîtrise d'œuvre devra respecter ces règles de nommage ou faire figurer dans sa convention BIM les éventuels changements.

7 Procédures

7.1 Revues de projet BIM

Types de revues de projet BIM :

1. Revue de démarrage qui vise à valider la convention BIM et présenter les acteurs ;
2. Revues de projet BIM, organisée par le BIM Manager et impliquant les BIM Coordinateurs ;
3. Revue de projet BIM MOA, elle implique l'équipe de maîtrise d'ouvrage déléguée et ses conseils.



7.2 Procédure de mise à jour de la convention BIM

La convention BIM est un document contractuel validé par la maîtrise d'ouvrage déléguée. Il peut évoluer tout au long du projet. Des mises à jour pourront être décidées sous validation de la maîtrise d'ouvrage déléguée.

7.3 Modalités de livraison des maquettes numériques BIM

Les livrables, maquettes numériques BIM, documents associés et liés, et leur format à chaque phase du projet, sont précisés dans le paragraphe « liste des livrables » du présent document.

En phase de réception et de mise en exploitation, une procédure spécifique devra être mise en place :

- La maquette numérique BIM est réceptionnée un mois avant la réception.
- Avant cette échéance, les avis de non-conformité avec les ouvrages exécutés sont de la responsabilité du constructeur et font l'objet d'un contrôle par l'exploitant ;
- Les informations des attributs IFC sont de la responsabilité de la maîtrise d'œuvre et des entreprises jusqu'à la fin de la période de parfait achèvement.

7.4 Procédure de correction des non-conformités

Chacune des livraisons, intervenant à chaque revue de projet BIM, comprend une période de validation par la maîtrise d'ouvrage déléguée et/ou son AMO BIM et du BIM Manager inscrite dans la convention BIM, pour permettre :

- À la maîtrise d'ouvrage déléguée, de signifier, à la maîtrise d'œuvre, les non-conformités majeures (empêchant la validation) et mineures des maquettes numériques BIM ;
- À la maîtrise d'œuvre, de procéder aux actions correctives nécessaires ;
- À la maîtrise d'ouvrage déléguée, de contrôler les actions correctives appliquées et la conformité finale.

La validation par la maîtrise d'ouvrage déléguée est impérative pour passer à la phase suivante et initier le paiement des prestations afférentes.

Les vérifications et validations des maquettes numériques BIM sont réalisées à l'aide du **logiciel X** sur les formats IFC.

Procédure d'EXE

Les livrables devront être générés à partir du logiciel BIM de manière automatique. Des éléments mineurs pourront être complétés manuellement selon accord de la maîtrise d'ouvrage déléguée.

Les documents 2D d'exécution devront impérativement être issus de maquettes numériques BIM d'exécution, à l'exception des documents suivants :

- Plans de ferrailage ;
- Schémas synoptiques des installations techniques (schémas électriques ou de climatisations) ;
- Notes de calculs de structure.

La réalisation des maquettes numériques BIM ne pourra en aucun cas engendrer de retard dans l'exécution des travaux. À cet effet, des pénalités pour non remise de maquettes numériques BIM sont prévues au CCAP.

Il est demandé que la mission de synthèse se fasse en BIM, en d'autres termes, que les maquettes numériques BIM d'exécution servent de support aux opérations de synthèse.

8 Liste des livrables

Conformément aux définitions initiales, chaque livrable BIM est composé de quatre composants :

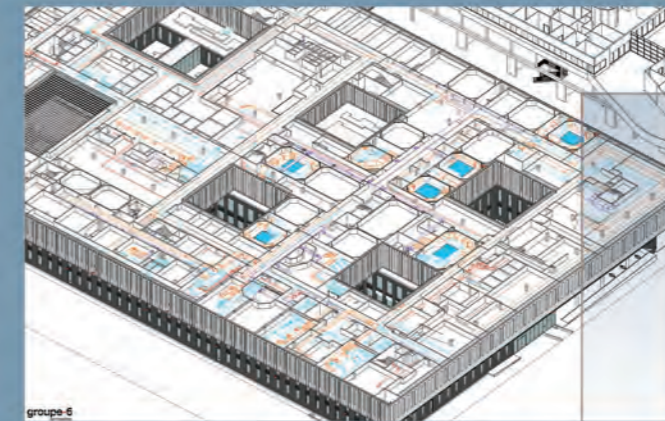
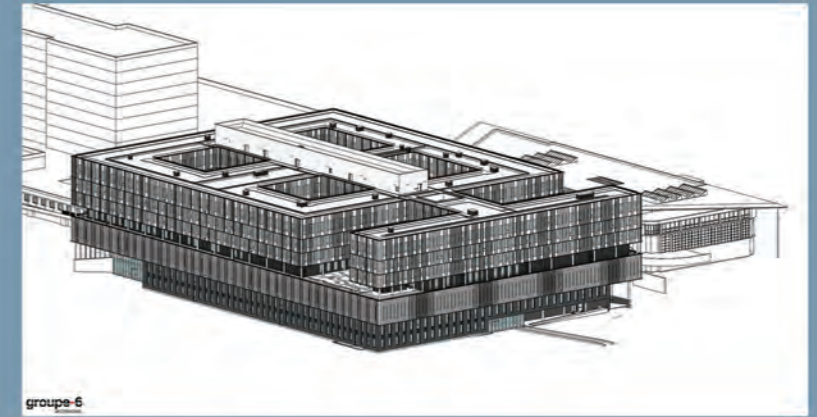
- Les maquettes numériques BIM ;
- Les documents extraits de la maquette numérique BIM ;
- Les documents liés à la maquette numérique BIM ;
- Le cas échéant, une vidéo produite à partir de la maquette numérique BIM.

Les livrables devront être générés à partir du logiciel BIM de manière automatique. Des éléments mineurs pourront être complétés manuellement selon accord de la maîtrise d'ouvrage délé-

guée, en 2D directement sur les livrables 2D. La maîtrise d'ouvrage déléguée ne demande pas à être destinataire des versions intermédiaires du BIM.

Détails	APS	APD	PRO	EXE	DOE
Convention BIM	o	o	o	o	o
Architecture	o	o	o		
VRD	o	o	o		
Structure		o	o		
Plomberie/CVC		o	o		
Électricité		o	o		
1 MNBIM par lots				o	o
Plan de situation	o				
Plan masse avec réseaux et dessertes (1/200 ^e)	o				
Plan masse et de situation (1/500 ^e)		o			
Plan de masse et de situation (échelle adaptée au projet)			o		
Plan des VRD (cotation en altimétrie et planimétrie)	o				
Ensemble des façades au (1/200 ^e)	o				
Plans des façades (1/100 ^e)		o			
Plans des principes constructifs et éléments techniques	o				
Plans d'implantation des appareillages et des réseaux techniques	o				
Plans de détails significatifs au 1/100 ^e	o				
Détails significatifs (1/50 ^e)		o			
Plan de traitement des espaces extérieurs (1/500 ^e)		o			
Plans des espaces verts précisant notamment la nature et le positionnement des différentes plantations, le cas échéant			o		
Plans des différents niveaux (1/100 ^e)		o			
Plans de tous les niveaux (1/50 ^e)			o		
Plans cotés de toutes les façades et de toutes les toitures (1/50 ^e)			o		
Toutes les coupes cotées (1/50 ^e)			o		
Dimensionnements principaux des structures et des fondations		o			
Tracé des réseaux fluides		o			
Tracé des réseaux extérieurs		o			

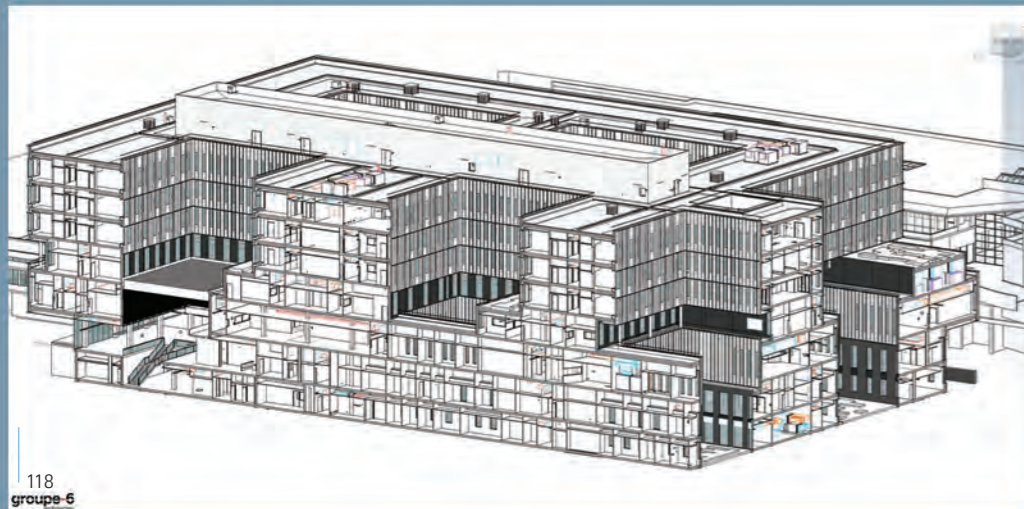
Détails	APS	APD	PRO	EXE	DOE
Réservations importantes affectant les ouvrages de structure, surcharge d'exploitation et charges à supporter par la structure			o		
Plan des réseaux extérieurs et voirie sur fond de plan de masse			o		
Plans de chauffage, production d'ECS, plomberie sanitaire, intégrant schémas généraux, bilan de puissance, pré-dimensionnement des installations, tracés unifilaires des principaux réseaux et implantation des terminaux (1/100 ^e)			o		
Plans d'électricité, courants forts et courants faibles, incluant schémas généraux de distribution bilan de puissances, tracés des principaux chemins de câbles, implantation des principaux tableaux et appareillages (1/100 ^e)			o		
Coupes de coordination spatiale pour l'implantation des réseaux de fluides			o		
Positionnement, dimensionnement, ventilation et équipements principaux des locaux techniques			o		
Étude STD	o	o			
Coupes et détails de second œuvre à grande échelle avec définitions des interfaces entre composants et corps d'état (.dwg et .pdf)				o	
Plans de fondations et ouvrages d'infrastructure, incluant les terrassements particuliers, les tracés de toutes les canalisations enterrées avec tous diamètres, les dimensionnements et niveaux au 1/50 ^e des fondations superficielles et profondes (.dwg et .pdf)				o	
Plans des ouvrages de structure métallique incluant lignes d'épure, cotation, nature des profilés, détails de principe des assemblages, des scellements et appuis (.dwg et .pdf)				o	
Plans au 1/50 ^e intégrant les tracés des réseaux et gaines (bifilaires) avec indication des diamètres, sections et niveaux, l'implantation des terminaux et principaux accessoires (.dwg et .pdf)				o	
Plans au 1/50 ^e d'implantation des tableaux d'étage et appareillages et des traces de chemins de câbles (.dwg et .pdf)				o	
Plans de VRD avec tracé sur plan masse de tous les réseaux avec diamètres, niveaux, fils d'eau, position et dimension de tous regards et raccordements aux réseaux extérieurs (.dwg et .pdf)				o	
Tous les plans conformes à l'exécution (.dwg et .pdf) - première remise lors de la demande de réception					o
Tableur pour l'intégration dans l'outil de gestion quand le logiciel sera identifié (.xls)					o
Étude facteur lumière du jour	o	o			
Tableau des surfaces	o	o	o	o	o
Planning 4D				o	
Plans de repérage et calepinage des ouvrages de second œuvre (menuiseries, faux plafonds, revêtements de sols,...) (.pdf)					o
Détails de principe d'équipement des locaux techniques et sanitaires (.dwg et .pdf)					o
Plans de structure béton armé incluant les plans des différents niveaux au 1/50 ^e avec cotation, dimensionnement, implantation des trémies, report des réservations définies par les entreprises et visées par la cellule de synthèse (.pdf)					o
Plans des maçonneries porteuses, nature, positionnement au 1/50 ^e (.pdf)					o
Notice d'entretien (avec périodicité) comportant toutes les instructions pour l'entretien des équipements (.pdf) première remise lors de la demande de réception					o
Documentation technique conformes à l'exécution en particulier les fiches produits et fournisseurs comprenant notamment pour chaque matériel (.pdf) - deuxième remise dans un délai de 60 jours à compter de la date de réception					o
Vidéo de communication du projet			o		



Nouvel hôpital de Reims

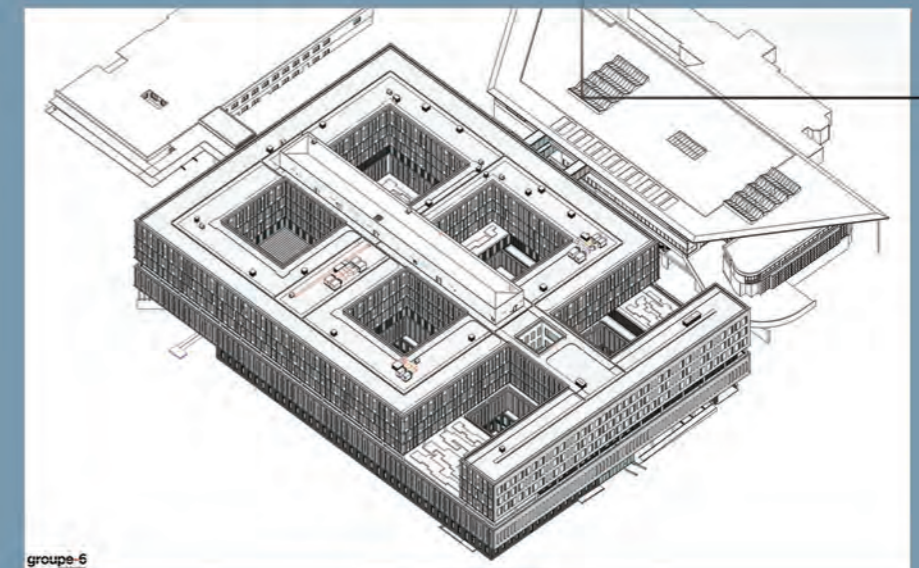
Phase 1

REIMS



Le nouvel hôpital de Reims, phase 1, avec le nouveau bâtiment des laboratoires prochainement livré, va permettre de reconfigurer l'ensemble du site hospitalier et de moderniser son image. Il a pour objectif de transformer l'établissement afin de proposer un outil performant et adapté aux enjeux de santé du territoire.

Parmi les axes prioritaires du projet, nous retrouvons l'optimisation de la qualité d'accueil, de prise en charge du patient et des performances de l'établissement en tant qu'outil de travail pour le personnel. Le projet a bénéficié de la cohésion de la maîtrise d'œuvre, du développement d'une vision commune et d'une démarche BIM très poussée.



9 Contrôle de qualité

La maîtrise d'ouvrage déléguée contrôle la qualité des livrables. Dans un souci d'indépendance vis-à-vis des logiciels utilisés par les maîtres d'œuvre et autres acteurs du projet pour produire ces maquettes numériques BIM, les contrôles s'appliquent aux livrables au format IFC.

La maîtrise d'ouvrage déléguée n'entend pas se substituer aux concepteurs ou aux réalisateurs. Ces contrôles ont simplement pour but d'apprécier la structure des informations et la conformité au cahier des charges BIM.

Si des non-conformités sont identifiées, la maîtrise d'ouvrage déléguée produira un rapport d'analyse qui sera accompagné d'un fichier BCF à destination des prestataires. Les prestataires auront deux semaines, à partir de l'envoi du rapport d'analyse, pour apporter les modifications nécessaires à la maquette numérique BIM.

10 Contenu des maquettes numériques BIM - TND

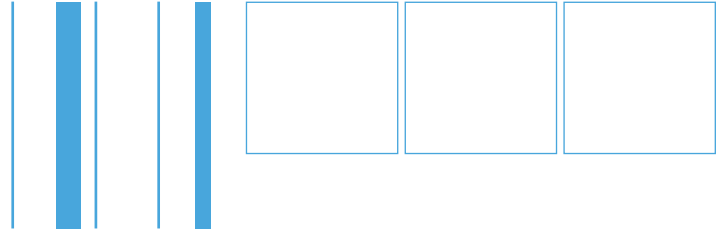
Les niveaux de développement (ND) conditionnent ce qui doit faire ou non partie de la maquette numérique BIM. Ils restituent le degré de définition de l'objet caractérisé par sa géométrie couplée aux informations associées dans la maquette numérique BIM. Il est inutile d'intégrer au BIM des objets ou des détails qui ne présentent pas un intérêt particulier pour les activités de gestion. À chaque élément de la maquette numérique BIM correspond donc un niveau de détails géométriques et un niveau d'information qui sont définis dans le Tableau des Niveaux de Développement.

Le niveau d'information géométrique est décrit sur la base du référentiel GID du Luxembourg. Le niveau à atteindre est à minima de 300 pour l'ensemble des objets présents dans la maquette numérique BIM.

11 Annexe technique BIM

L'annexe technique BIM (fichier Excel) présente les informations contenues dans la maquette numérique BIM dont voici un aperçu de celles-ci :

- DESIG_CODE_PIECE (Désignation et code de la pièce)
- TND (Tableau de Niveaux de Développement).



Placée auprès du Ministère en charge de l'architecture, la MIQCP a pour vocation de promouvoir la qualité des constructions publiques. Son positionnement interministériel lui permet d'associer dans sa réflexion de nombreux partenaires, publics et privés, en France et en Europe, et de fonder ses recommandations sur l'observation et l'analyse de leurs pratiques.

L'usage de la maquette numérique et du BIM (Building Information Modelling) est désormais à la portée de tous les professionnels du bâtiment, qui échangent de plus en plus souvent en réseau et par voie dématérialisée. S'agissant cependant d'un changement de paradigme majeur, qui induit une nécessaire évolution dans les pratiques relationnelles des acteurs de la construction, de nombreuses questions d'ordre technique, juridique et organisationnel se doivent d'être examinées.

Afin d'accompagner les maîtres d'ouvrage publics dans ce changement, la MIQCP, en lien étroit avec les acteurs du plan BIM et le Ministère de la Transition écologique, a élaboré puis actualisé ce guide, dont l'objectif est de motiver les maîtres d'ouvrage et de les aider à développer une démarche BIM pour leurs opérations de construction, de réhabilitation et de gestion de leur patrimoine immobilier.



PLANBIM
Généraliser l'usage du numérique
dans le bâtiment



*mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques*

