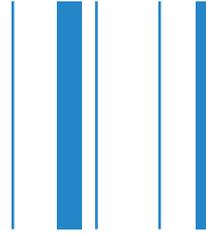




La qualité s'invente et se partage

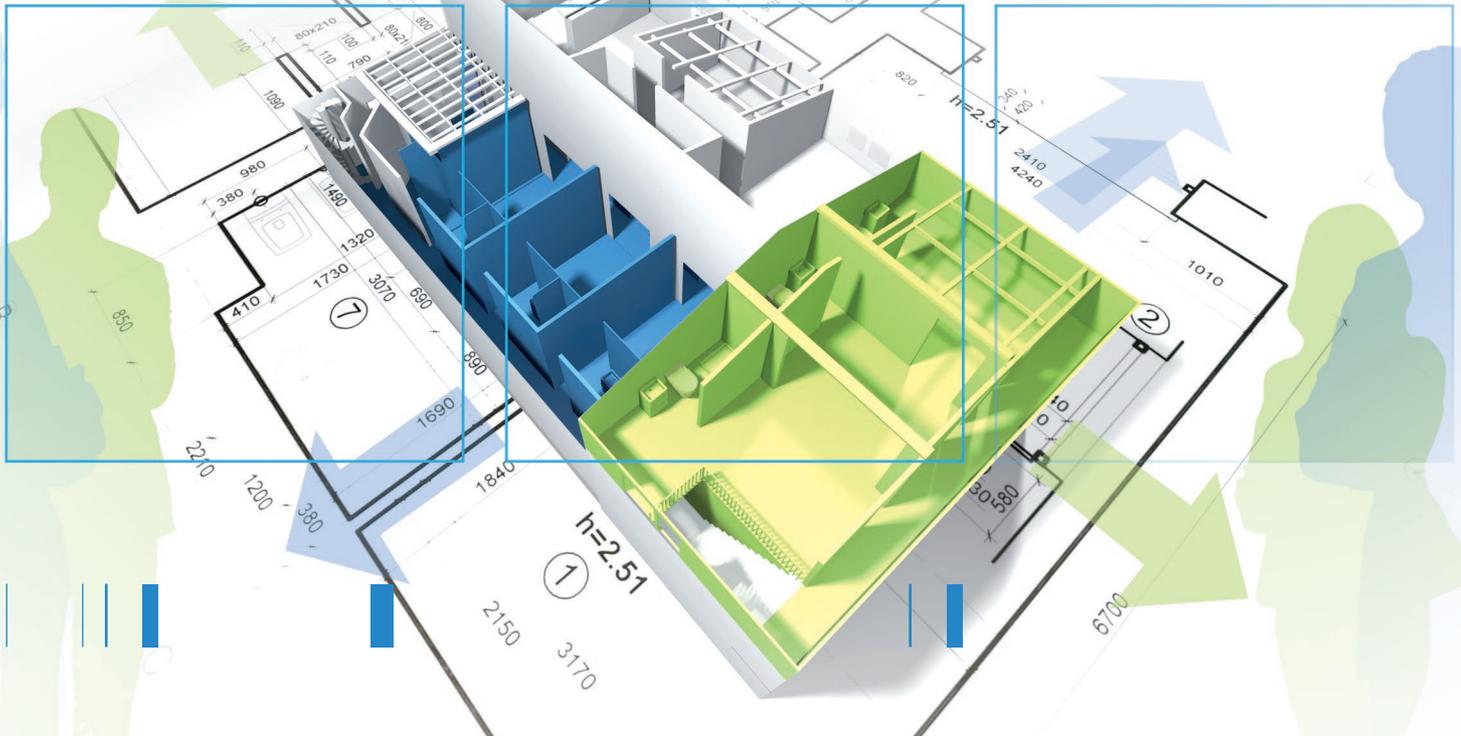
mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques



Plan **Transition Numérique**
dans le Bâtiment

BIM et maquette numérique

Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage





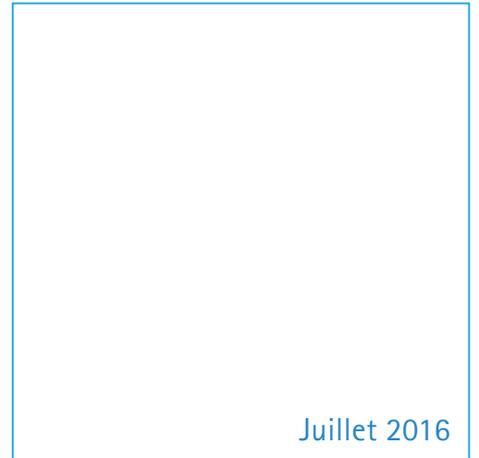
*mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques*



Plan Transition Numérique
dans le Bâtiment

BIM et maquette numérique

Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage



Juillet 2016



En annonçant en décembre 2014, la mise en place du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB), la Ministre en charge du Logement, répondait aux attentes exprimées par l'ensemble des acteurs professionnels du secteur : le numérique est considéré par tous comme un élément clé de modernisation des pratiques de conception, construction, rénovation et d'exploitation des bâtiments avec des objectifs significatifs d'amélioration de la qualité des projets et de productivité des équipes.

Les priorités de ce Plan, qui bénéficie d'une mobilisation générale des organisations professionnelles, sont destinées à embarquer tous les acteurs dans le numérique, et notamment les PME et TPE, qui constituent l'essentiel du tissu économique du monde du bâtiment ; ces priorités sont organisées autour de 3 axes : la sensibilisation et la pédagogie pour donner envie au plus grand nombre, la mobilisation des moyens nécessaires en termes d'outils et de compétences, et la mise au point d'un écosystème numérique de confiance s'appuyant sur la normalisation.

L'usage de la Maquette Numérique et du BIM (Building Information Modelling) est désormais à la portée de tous professionnels du bâtiment, équipés d'ordinateur ou/et de tablettes et fonctionnant en réseau. Mais s'agissant 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, industrielle doivent être examinées : interopérabilité des systèmes numériques, formats d'échange des fichiers, préservation de la propriété intellectuelle et des droits d'auteur, traçabilité des interventions sur la maquette en relation avec la nécessaire identification des responsabilités de chaque acteur dans la conception et la réalisation, évolutions organisationnelles pouvant entraîner des transferts de charge entre acteurs et donc rééquilibrage financier des contrats...

Si aujourd'hui les acteurs opérationnels les plus motivés se sont spontanément emparés de l'outil dans leur champ de compétence et de responsabilité, la question se pose du rôle que doivent jouer les maîtres d'ouvrage qui sont à l'origine du lancement des opérations. Ils sont à coup sûr intéressés par les gains qualitatifs de la construction et l'amélioration attendue de la maîtrise des délais et des coûts, ainsi que par la perspective de pouvoir disposer à la mise en service d'une base de données numérisée à jour du bâtiment permettant d'en faciliter l'exploitation et l'entretien.

A contrario jusqu'où les maîtres d'ouvrage doivent-ils réellement s'impliquer dans la mise en place d'un outil de travail au service des concepteurs et des réalisateurs ? Comment formuler dans les consultations qu'ils doivent organiser et dans les contrats qu'ils doivent signer, leurs légitimes exigences sans pour autant déposséder chaque acteur de sa liberté du choix des voies et moyens pour réaliser au mieux sa mission, sans pour autant risquer de remettre en cause les grands principes de l'accès à la commande publique ?

Il n'y a sans doute pas de réponse organisationnelle unique à toutes ces questions, différentes solutions devront être soumises à l'expérimentation, des itérations auront lieu notamment au fur et à mesure qu'une offre logicielle de mieux en mieux adaptée verra le jour. Mais sans attendre il paraît opportun de capitaliser les expériences acquises et de recenser les points de convergence ainsi que les points d'attention et de vigilance.

Face à toutes les interrogations que soulève la généralisation de l'usage du BIM, en particulier dans le cadre des marchés publics, et du rôle essentiel que doit pouvoir jouer la maîtrise d'ouvrage pour embarquer l'ensemble des acteurs dans cette transition numérique, j'ai souhaité confier, dès le mois de février 2015, une mission à Christian ROMON, secrétaire général de la MIQCP, en vue d'élaborer un ensemble de recommandations spécifiquement dédiées à la maîtrise d'ouvrage.

Je remercie chaleureusement Christian ROMON et son équipe, qui ont su relever ce défi en animant les nombreuses réunions d'un groupe de travail au sein duquel se sont exprimées, dans des débats quelquefois passionnés, les principales parties prenantes de l'acte de construire. La synthèse de ce travail collectif donne lieu à la publication de ce guide très attendu, car depuis quelques mois les maîtres d'ouvrage sont de plus en plus nombreux à souhaiter imposer le BIM dans leurs appels d'offres et cette tendance devrait se confirmer et s'amplifier dans les prochains mois.

Président du comité de pilotage du Plan Transition Numérique dans le Bâtiment
Bertrand DELCAMBRE

Directeurs de la publication : **Christian Romon, Bertrand Delcambre**
Rédaction : **Gérard Lamour**
Communication : **Franck Vercauysse**
Conception graphique : **H.comm**

Juillet 2016
N° ISBN : 978-2-11-152059-2

Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques

92055 La Défense cedex
Téléphone : 01 40 81 23 30 – Télécopie : 01 40 81 23 78
www.miqcp.gouv.fr

Introduction	8
Avertissement	7
1. QUELLES DÉFINITIONS POUR LE BIM ET LA MAQUETTE NUMÉRIQUE ?	7
2. POURQUOI LA MAÎTRISE D'OUVRAGE A-T-ELLE UN INTÉRÊT À S'ENGAGER DANS LA DÉMARCHÉ BIM ?	13
<ul style="list-style-type: none"> ■ Gains pendant la phase initiale de programmation et de conception ■ Gains de qualité de la construction : des acteurs amenés à travailler plus facilement et plus tôt ensemble ■ Outil facilitateur pour l'exploitation maintenance : ■ Outil précieux lors d'opérations de réhabilitation, restructuration et même lors de la démolition de l'équipement ■ Gains économiques : Des gains à terme sur le coût global ■ Sécurisation des délais ■ Facteur d'évolution de la maîtrise d'ouvrage 	
3. COMMENT LE MAÎTRE D'OUVRAGE S'ENGAGE-T-IL DANS UNE DÉMARCHÉ BIM ?	21
<ul style="list-style-type: none"> ■ • Structuration de la maîtrise d'ouvrage ■ • Plan d'action de la maîtrise d'ouvrage ■ • Usages du BIM ■ • Les points de vigilance. 	
4. COMMENT LANCER ET CONDUIRE UNE OPÉRATION EN MODE BIM AVEC LES AUTRES ACTEURS DE L'ACTE DE CONSTRUIRE ?	29
<ul style="list-style-type: none"> ■ BIM et maîtrise d'oeuvre ■ BIM et entreprises de travaux ■ Le BIM et les industriels ■ Le BIM et le contrôleur technique ■ Le BIM et le coordonnateur SPS 	
5. QUELLES INCIDENCES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES ?	43
<ul style="list-style-type: none"> ■ Le retour sur investissement et les coûts de prestations du BIM pour ses acteurs ■ Des gains à terme sur le coût de la construction et le coût global ■ Le contrat de maîtrise d'oeuvre 	
ANNEXE I GLOSSAIRE MAQUETTE NUMÉRIQUE/BIM	51
ANNEXE II NIVEAUX DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE	57
ANNEXE III EXEMPLES DE DOCUMENTS ÉLABORÉS PAR LA MAÎTRISE D'OUVRAGE	77
<ul style="list-style-type: none"> ■ La charte maquette numérique de la Région Auvergne-Rhône-Alpes ■ Le cahier des charges BIM d'Habitat 76 	
ANNEXE IV BIBLIOGRAPHIE	81
Lettre de mission	82
Remerciements	84

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. À 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'oeuvre 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 contrat 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



**1. QUELLES DÉFINITIONS
POUR LE BIM ET LA
MAQUETTE NUMÉRIQUE ?**



A V E R T I S S E M E N T

Le choix d'un processus de réalisation (processus loi MOP classique ou contrat 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.

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'oeuvre » ou « maîtrise d'oeuvre », 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'oeuvre, 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.

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 oeuvre 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 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 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.



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

Maquette Numérique de Programmation : maquette numérique utile pour l'établissement du programme du projet. Cette maquette est élaborée par le maître d'ouvrage ou sous sa responsabilité, elle contient les contraintes programmatiques et réglementaires du projet. Elle peut servir à la consultation des maîtres d'oeuvre.

Maquette numérique de Construction : maquette numérique couvrant les phases conception, réalisation et réception.

Maquette Numérique de phase Conception : maquette numérique utilisée pour la conception de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions de maîtrise d'oeuvre définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle est élaborée sous la responsabilité de la maîtrise d'oeuvre. Elle est une compilation des Maquettes Numériques 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 le contrat de maîtrise d'oeuvre sont issus de la maquette numérique. Elle peut servir à 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'oeuvre 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 une compilation des maquettes numériques 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 contrats de travaux et de maîtrise d'oeuvre sont issus 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 remise par la maîtrise d'oeuvre au maître d'ouvrage.

Les Maquettes Numériques des phases conception, réalisation et réception 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 expri-

més 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. En cas de construction neuve, elle est issue de la maquette numérique de construction 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 est élaborée à partir d'un relevé réalisé par un géomètre avec un niveau de précision 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.

Degrés de maturité du BIM

BIM niveau 1

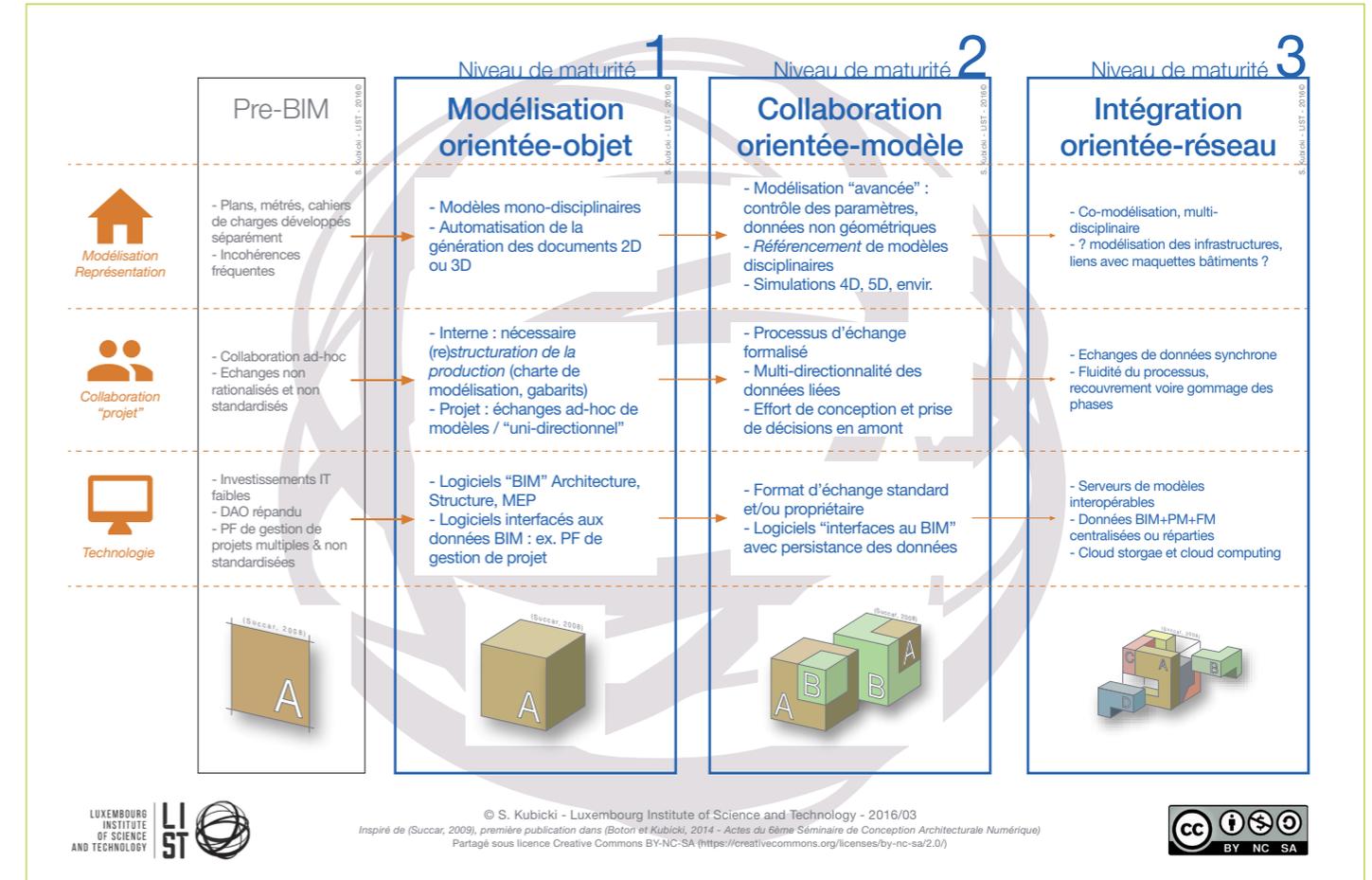
Dans le BIM niveau 1 les acteurs de la construction travaillent avec des fichiers 2D, des maquettes numériques 3D hétérogènes dont l'interopérabilité n'est pas garantie ce qui ne favorise pas le travail collaboratif.

BIM niveau 2

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 actuellement présents sur le marché avec échanges de fichiers entre ces acteurs dans le cadre d'une interopérabilité entre les différents logiciels.

BIM niveau 3

Le BIM niveau 3 où tous les acteurs échangent sur une même plateforme et collaborent autour d'une maquette unique, deviendra un objectif à atteindre ultérieurement, 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 terme.





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



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 les autres pays, dans les secteurs industriels de la construction automobile et de la construction aéronautique. Le BIM est également déjà très développé pour le domaine de la construction dans certains pays notamment les pays anglosaxons et scandinaves.

Ce n'est donc plus une démarche expérimentale. Pour autant, il reste à adapter cette démarche à la structuration du secteur de la construction en France. Cela concerne la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'oeuvre, les entreprises et plus généralement tous les acteurs de la construction.

Cette démarche qui a fait ses preuves doit permettre à la maîtrise d'ouvrage d'avoir un bâtiment mieux conçu, 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 un outil et une méthode 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 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'oeuvre et de l'étape de construction menée par les entreprises.

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. On retrouvera les études d'esquisses,

d'APS, d'APD, de projet et d'exécution. Néanmoins, il est avéré que l'effort de production se déplace en amont.

Une démarche BIM complète trouve sa place dès l'étape de programmation et se poursuivra tout au long des études de conception et ensuite durant l'étape de construction et au-delà durant tout le cycle de vie de l'équipement (exploitation, maintenance, réhabilitation, déconstruction).

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'oeuvre 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'oeuvre 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...

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.

Amélioration de la qualité des estimations financières

La maquette numérique permet une meilleure qualité des estimations financières dans la mesure où les maîtres d'oeuvre 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 améliorée 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.

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'oeuvre 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 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'oeuvre 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.

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'oeuvre 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.

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 et notamment ne pas fermer systématiquement en marché classique l'ouverture aux variantes dont le champ aura été limitativement défini par les équipes de conception pour éviter tout risque de remise en cause du projet d'ensemble à ce stade.

Études d'exécution/visa/synthèse mieux optimisées

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'oeuvre ou par les entreprises. Dès lors que toutes les études d'exécution sont rattachées à une même maquette numérique, la synthèse sera facilitée et de meilleure qualité.

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 qui surviennent 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 et qui se révèlent en phase chantier sont éliminés dans un 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 du BIM.

La maquette numérique sera également un outil performant pour la gestion des approvisionnements par les entreprises du fait d'une détermination des quantités à mettre en oeuvre 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 et d'optimiser et de prévoir les scénarios du déroulement du chantier. Elle participe activement à l'intégration des préoccupations de sécurité et à la définition 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 par 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 des répercussions sur les contrats d'assurance des différents acteurs.

Par ailleurs en cas de sinistre, dû à une malfaçon ou à un événement 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 contrats

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 la prise de possession du bâtiment 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 numérique. On veillera au bon interfaçage de la maquette numérique exploitation maintenance avec les logiciels utilisés pour l'exploitation maintenance.

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

Le BIM dont le premier objectif est d'apporter une meilleure qualité aux bâtiments construits et une meilleure prise en compte de l'exploitation maintenance devrait conduire à des gains sur le coût global ce qui implique 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.

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 en sens inverse 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'oeuvre, 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.

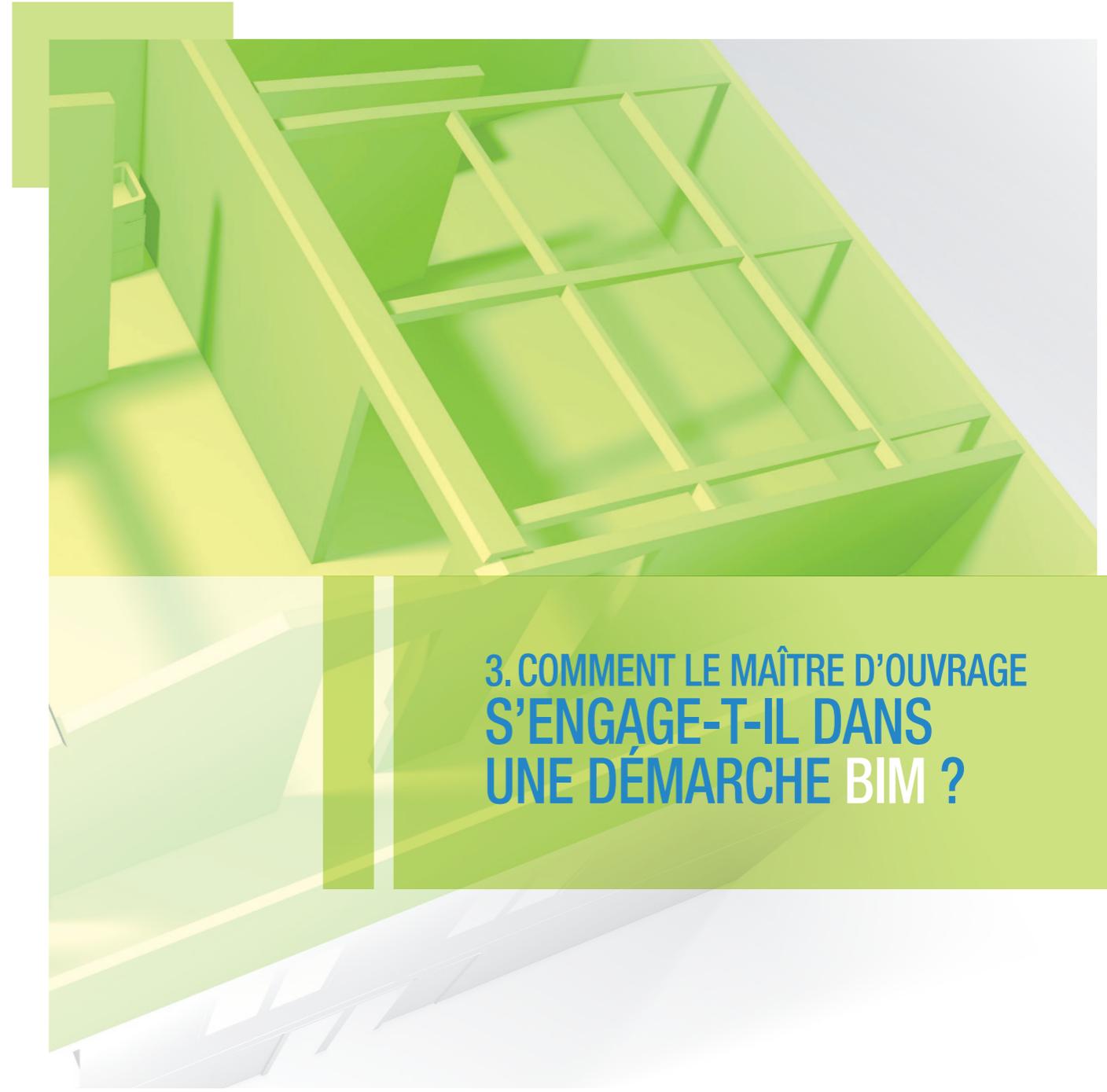
Facteur d'évolution de la maîtrise d'ouvrage

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 aujourd'hui on peut constater une diminution du nombre de candidatures de maîtres d'oeuvre et d'entreprises pour les opérations lancées avec une démarche BIM par les maîtres d'ouvrage, le nombre de candidats reste suffisant pour que la concurrence soit assurée. On ne peut donc pas faire état d'un caractère discriminatoire face à une telle demande. 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 construction¹. 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 oeuvre 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 ?**



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 incitant notamment un rapprochement entre des 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 donc 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'occasion de la construction ou de la réhabilitation d'un ouvrage avec pour objectif essentiel l'amélioration de la qualité de réalisation de cet équipement.

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.

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.

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. C'est d'autant plus utile que ses assis-

tants habituels n'ont peut-être pas encore 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, les programmeurs auront intégré cette compétence dans leur structure et il ne sera plus utile de faire appel séparément à un spécialiste du BIM. On a vécu le même schéma 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 programmeur 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 programmation en mode BIM (cahier des charges BIM de l'opération)

Le cahier des charges BIM de l'opération est un 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.

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'ouvrage 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'ouvrage 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'ouvrage. 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'ouvrage. 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 techniques 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 ces réseaux.

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'oeuvre 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'oeuvre, visualiser en 3D les propositions de la maîtrise d'oeuvre. 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 2 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 des 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.

Médi@construct a rédigé dans le cadre des travaux du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment un « Guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM ». La version 1

de ce guide a été publiée le 6 avril 2016. Ce guide sans avoir la prétention d'être exhaustif, identifie 23 usages BIM. À chaque usage est attaché un processus intégrant des pratiques BIM. Ces usages sont définis de manière générique, il convient de les adapter aux spécificités des projets et des acteurs.

Liste des usages BIM identifiés dans le guide Médi@construct :

- 1 Définition, analyse et vérification du programme
- 2 Analyse du site
- 3 Modélisation du site/données existantes
- 4 Communication du projet
- 5 Revue de projet
- 6 Production des livrables
- 7 Études analytiques (structure, lumière, performances environnementales, etc.)
- 8 Planification 4D et 5D (dimension temps et dimension ressources)
- 9 Extraction des quantités et valeurs significatives
- 10 Gestion de conflits à partir de maquettes numériques (synthèse géométrique et technique).
- 11 Organisation et coordination tous corps d'état pour l'exécution
- 12 Systèmes constructifs - préfabrication tous corps d'état
- 13 Support à la logistique
- 14 Analyse des performances effectives de l'ouvrage (et comparaison aux performances simulées)
- 15 Opérations préalables à la réception
- 16 Consolidation des DOE et DIUO
- 17 Gestion des ouvrages et équipements
- 18 Gestion des espaces
- 19 Contrôle de conformité aux exigences réglementaires à partir de la maquette numérique
- 20 Modélisation de conception

- 21 Modélisation des objets
- 22 Consultation, mise au point et passation des marchés
- 23 Modélisation de la constructibilité des ouvrages.

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'oeuvre 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 le maître d'ouvrage.
- 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 seule 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 des données 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.



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

BIM et maîtrise d'oeuvre

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

Le maître d'oeuvre proposera dans le cadre de son offre de 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 contrat 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'oeuvre pourra être un des éléments pris en compte par le maître d'ouvrage pour l'appréciation de l'offre de maîtrise d'oeuvre 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 contrat de maîtrise d'oeuvre mais également des contrats 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'oeuvre doit donc dès le départ rédiger cette convention en tenant compte de la capacité des autres acteurs à pouvoir répondre aux exigences formulées dans 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.

Médi@construct a rédigé dans le cadre des travaux du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment un guide méthodologique pour l'élaboration des conventions BIM. La maîtrise d'oeuvre pour proposer une convention BIM et la maîtrise d'ouvrage pour en analyser les termes et la valider pourront fort utilement s'inspirer de ce guide.

Le management du BIM ou BIM management 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 la convention BIM.

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'oeuvre.

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 pour peu qu'elle dispose en son sein des compétences en la matière.

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'oeuvre 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. Précisons également que dans le cadre des travaux du PTNB, une plateforme nationale pour le bâtiment est en cours de création.

La maquette numérique de conception

La maquette numérique de conception est élaborée par la maîtrise d'oeuvre et peut être initiée dès les premières études de conception menées par l'architecte en phase d'études d'esquisse. 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 que défini par la loi MOP et ses textes d'application (décret N° 93 1268 du 29 novembre 1993 et arrêté du 21 décembre 1993).

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 suivants illustrent cette tendance.

En phase esquisse, un 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 son épaisseur, ce qui oblige donc la maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre 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 exigences de l'arrêté du 21 décembre 1993 pris en application du décret n° 93-1268 du 29 novembre 1993, 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 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 d'études d'exécution.

D'une manière plus générale, la maquette numérique de par la précision qu'elle semble apporter 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 de conception qui doivent être figés à chaque niveau de conception. Ces niveaux et les livrables correspondants sont définis par le contrat en conformité avec les dispositions réglementaires définissant les éléments de mission de maîtrise d'oeuvre et figurant dans les textes d'application de la loi MOP.

L'annexe II présente les niveaux de définition 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 contrat de maîtrise d'oeuvre tout comme les spécifications précises de la nature et du contenu des études d'exécution confiées à la maîtrise d'oeuvre.

Des livrables extraits de la maquette numérique de conception

À l'issue de chaque étape de conception, le maître d'oeuvre 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 seul fera foi en cas de litige.

Mais pour son travail d'approbation, 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 dès lors que le maître d'ouvrage disposera d'outils logiciels lui permettant de reconstituer la maquette à partir des fichiers IFC, de la visualiser 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 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.

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'oeuvre pour parfaire l'insertion de son projet dans le site ou pour vérifier que les contraintes programmatiques de gabarit ou de volume sont

respectées. Pour ce faire le maître d'oeuvre 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'oeuvre 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 présentant les niveaux de définition de la maquette numérique à chaque étape des études de conception précise les documents graphiques et écrits remis par le maître d'oeuvre au maître d'ouvrage et de manière bien identifiée les pièces et valeurs qui sont extraites de la maquette numérique de conception.

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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre et validées par le maître d'ouvrage, les études se poursuivent par la réalisation des études d'exécution confiées à la maîtrise d'oeuvre 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 contrat 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'oeuvre à la suite des études de projet et avant la consultation des entreprises.

Les études d'exécution menées par la maîtrise d'oeuvre avant et après le choix des entreprises permettent au maître d'oeuvre 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'oeuvre. 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'oeuvre 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 contrat du maître d'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre 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 Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) au maître d'ouvrage sous forme d'une maquette numérique

À l'issue des travaux, le maître d'oeuvre 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 de DOE garde toute sa pertinence il convient qu'elle reste totalement représentative de la construction et soit donc maintenue à jour lors de 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 facilité de l'équipement, réduisant fortement les travaux d'investigation en amont (relevés, diagnostics, expertises) pour ce type d'opérations.



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

Le maître d'oeuvre 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 continuité 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.

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'oeuvre 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'oeuvre au-delà de ce qu'il apporte traditionnellement en la matière, le prendre en compte dans le contrat de maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre au maître d'ouvrage.

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 contrat du maître d'oeuvre ou 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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre, 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'oeuvre. Cette expérimentation des processus d'échanges entre les membres de l'équipe de maîtrise d'oeuvre en phase concours, facilitera d'ailleurs pour l'équipe de maîtrise d'oeuvre lauréate 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'oeuvre à l'issue du concours dans le cadre de la négociation du contrat 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'oeuvre.

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'oeuvre 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'oeuvre 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.

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 de la maquette 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'oeuvre 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'oeuvre les modifications à apporter à la maquette numérique de conception. Ces modifications transmises sous un format interopérable pourront être intégrées, dès lors que le contrat de maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre.

Les plans des marchés de travaux seront extraits de la maquette numérique de conception éventuellement réajustée suite aux mises 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'oeuvre 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'oeuvre fonctionne bien. Afin de permettre une parfaite mise en place du processus BIM entre la maîtrise d'oeuvre 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 (livrables papier, prévus dans son marché) qu'elle transmet à la maîtrise d'oeuvre chargée de donner son visa sur ces plans. En complément, l'entreprise extrait de sa maquette numérique métier les données relatives à ces études d'exécution et les transmet en format interopérable à la maîtrise d'oeuvre. En confrontant ces données avec les données de la maquette numérique de conception la maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre. 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'oeuvre 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'oeuvre 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'oeuvre. L'entreprise générale pourrait également développer une plateforme commune 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 oeuvre 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

Comme précisé ci-avant les plans d'exécution transmis à la maîtrise d'oeuvre pour visa seront extraits des maquettes numériques métiers des entreprises. C'est sur ces documents que le maître d'oeuvre apposera formellement son visa.

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

Chaque entreprise ou l'entreprise générale doit remettre à la maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre et les entreprises, ces dossiers se constituent tout au long du chantier et les pièces sont transmises progressivement à la maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre 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 coeur 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. Cela va permettre d'harmoniser les dictionnaires de propriétés des produits. Début 2015, la norme expérimentale XP P07-150 dite PPBIM initiée par la France a été publiée et a été portée au Comité Européen de Normalisation.

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'oeuvre (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'oeuvre 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.

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 contrat, 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'oeuvre et les entreprises, à l'espace dédié sur la plateforme pour déposer ses avis.

À 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) deviendront également à plus ou moins court terme des acteurs du processus BIM lorsque des outils logiciels leur permettront de s'appuyer en partie sur les maquettes numériques pour remplir leur mission. Comme pour le contrôleur technique, le coordonnateur SPS deviendra utilisateur de la maquette numérique et un volet de la convention BIM définira les modalités de ses échanges avec les autres acteurs.



**5. QUELLES INCIDENCES
FINANCIÈRES
ET ÉCONOMIQUES ?**



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

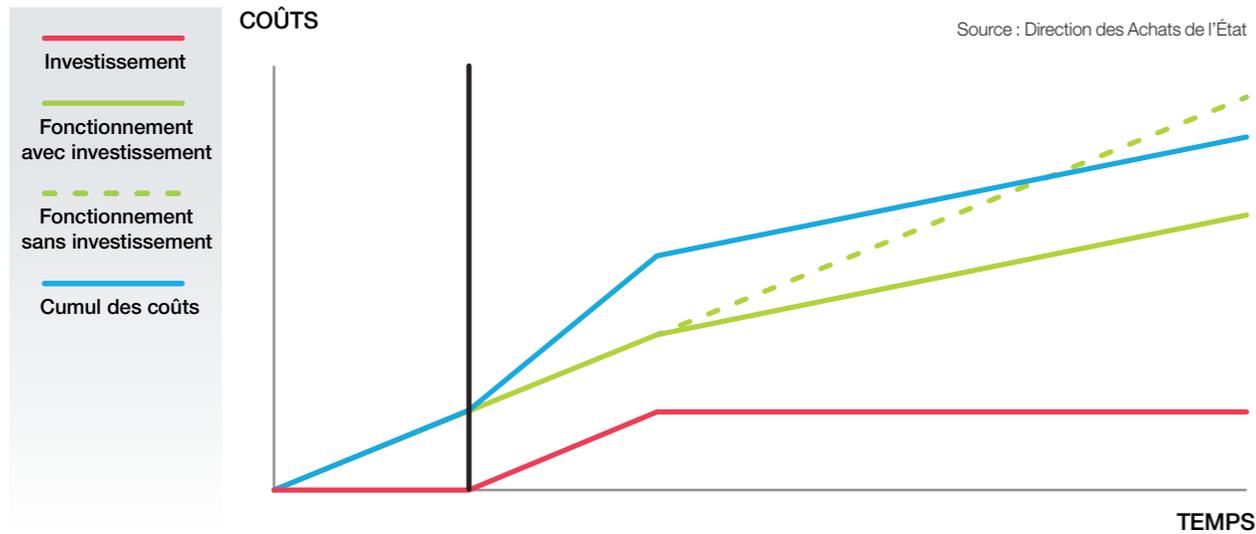
Pour comprendre les incidences économiques du processus BIM, il est nécessaire d'analyser les évolutions sous l'angle de l'économie de production pour le retour sur investissement interne, puis sous celui de l'économie de marché pour l'évolution des coûts des prestations.

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 (maître d'ouvrage, maître d'oeuvre, 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 dématérialisé 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.

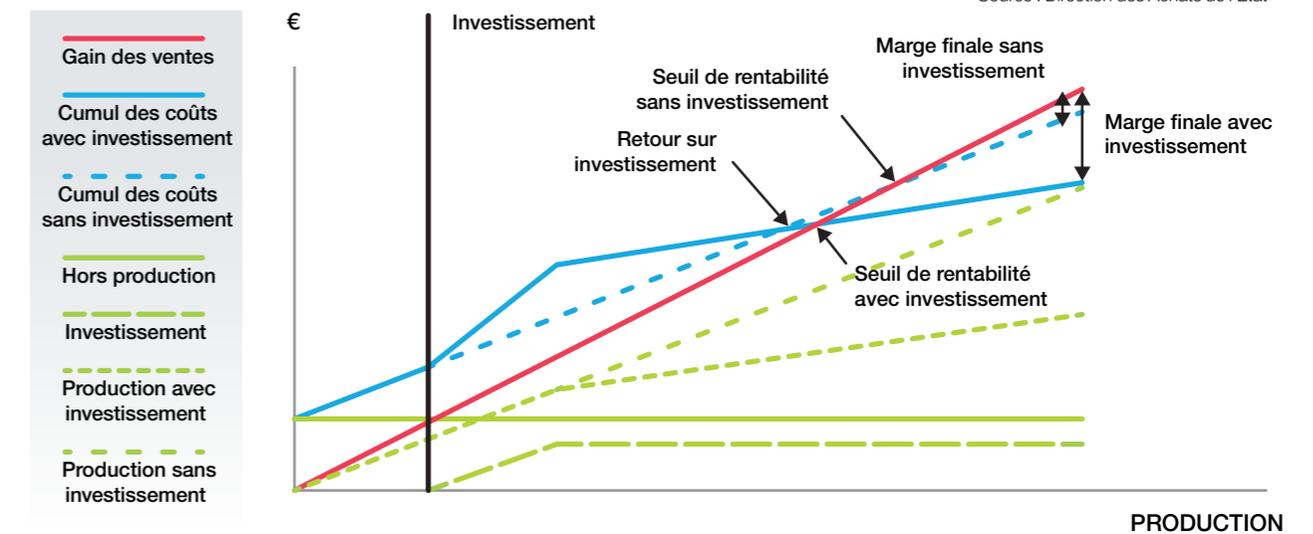
Enfin, le maître d'ouvrage peut tirer parti du BIM pour ouvrir des axes de communication sur le bâtiment avec ses interlocuteurs, mais ces nouveaux axes de communication sont le résultat de l'interaction des informations avec les outils métier, et non d'informations supplémentaires fournies par les prestataires. 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 contrats qu'il conclura avec les différents acteurs.

QUELLES INCIDENCES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES ?

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.

L'évolution des coûts des prestations

En termes d'économie de marché, le prix de vente est dicté par la loi du marché. L'opérateur économique doit être capable de fabriquer le produit au prix de revient le plus bas pour dégager une marge de gain supérieure. Dans l'application de la démarche précédente sur l'économie de production, le BIM représente une opportunité prégnante pour l'opérateur économique.



Si la transition numérique nécessite 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.

Les coûts fixes d'investissement

Les coûts non exclusifs à l'opération sont à la charge de l'opérateur. Il les intègre dans ses prix à travers son propre modèle économique et notamment dans sa marge.

Les coûts de production supplémentaires

Les prestations supplémentaires et exclusivement destinées à l'opération de travaux, peuvent impliquer de nouveaux postes de coûts. Ces postes de coûts doivent absolument pouvoir être clairement identifiés dans les prix fournis par les offres.

Les coûts de production réduits

Les prestations réduites ou obsolètes doivent diminuer les postes de coûts traditionnels. Ces postes de coûts doivent réduire ou faire disparaître les prix associés aux prestations concernées.

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, sans dans ce guide développer dans le détail le concept, 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 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 situera 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 outrance des coûts de construction, car se 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 2 relatif aux gains du BIM et notamment les gains économiques, le BIM pourra permettre la mise en oeuvre 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 contrat de maîtrise d'oeuvre

Les paramètres de négociation du contrat

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

Le système de prix administré pour la maîtrise d'oeuvre, 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.

Ce décret précise en son article 29 que la rémunération à caractère forfaitaire du maître d'oeuvre 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 contrat qui fixe contractuellement le montant de la rémunération de la maîtrise d'oeuvre.

Le guide à l'intention des maîtres d'ouvrage publics pour la négociation des rémunérations de maîtrise d'oeuvre de juin

1994 actualisé en janvier 2011 donne des recommandations en termes de méthode pour l'évaluation par le maître d'ouvrage d'un montant de rémunération de la maîtrise d'oeuvre. 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 contrat entre le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre que ce sujet pourra être abordé en fonction notamment de l'implication du maître d'oeuvre 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'oeuvre. 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'oeuvre. 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 contrat de maîtrise d'oeuvre, que les nouveaux textes sur la commande publique, ordonnance n° 2015-899 du 23 juillet 2015 et décret n° 2016-360 du 25 mars 2016 applicable à compter du 1er avril 2016, permettent aux maîtres d'ouvrage soumis à ces textes de pouvoir négocier tout contrat de maîtrise d'oeuvre comportant des prestations de conception (article 25 II 3 du décret, ou article 30 I 6 en cas de concours).

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

La démarche BIM et l'utilisation de la maquette numérique conduisent la maîtrise d'oeuvre, par le renforcement du travail collaboratif entre les membres de l'équipe de maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre en phase de réalisation.

Ce glissement de la charge de travail de la maîtrise d'oeuvre vers l'amont devrait se traduire dans les contrats de maîtrise d'oeuvre par un glissement équivalent de la répartition des honoraires sur les différents éléments de mission de maîtrise d'oeuvre tout en préservant la nécessité d'une bonne disponibilité de la maîtrise d'oeuvre en phase de réalisation pour permettre un suivi efficient des travaux. C'est le contrat qui fixera cette répartition qui pourra être un sujet de négociation entre le maître d'ouvrage et le maître d'oeuvre.

Des missions complémentaires

Les missions complémentaires optionnelles telles qu'elles ont été définies précédemment dans le guide (assistance au démarrage de l'exploitation, communication) seront identifiées et définies dans le contrat de maîtrise d'oeuvre. 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.



ANNEXE 1 GLOSSAIRE MAQUETTE NUMÉRIQUE/BIM

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 oeuvre 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 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 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 :

Maquette Numérique de Programmation : maquette numérique utile pour l'établissement du programme du projet. Cette maquette est élaborée par le maître d'ouvrage ou sous sa responsabilité, elle contient les contraintes programmatiques et réglementaires du projet. Elle peut servir à la consultation des maîtres d'oeuvre.

Maquette numérique de Construction : maquette numérique couvrant les phases conception, réalisation et réception.

Maquette Numérique de phase Conception : maquette numérique utilisée pour la conception de l'ouvrage. Elle répond aux exigences des missions de maîtrise d'oeuvre définies par la loi MOP et ses textes d'application. Elle est élaborée sous la responsabilité de la maîtrise d'oeuvre. Elle est une compilation des Maquettes Numériques 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 le contrat de maîtrise d'oeuvre sont issus de la maquette numérique. Elle peut servir à 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'oeuvre 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 une compilation des maquettes numériques

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 contrats de travaux et de maîtrise d'oeuvre sont issus 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 remise par la maîtrise d'oeuvre au maître d'ouvrage. Les Maquettes Numériques des phases conception, réalisation et réception 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. En cas de construction neuve, elle est issue de la maquette numérique de construction 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 contrats et des contacts fournisseurs. Pour les bâtiments existants elle est élaborée à partir d'un relevé réalisé par un géomètre avec un niveau de précision 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 utilisé généralement 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 10303). Depuis mars 2013, les IFC sont labellisés ISO 16739. 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 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...) 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.





ANNEXE 2

NIVEAUX DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE



- **Programmation**
- **Conception (ESQ, APS, APD, PRO)**
- **Passation des marchés de travaux (ACT)**
- **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 le décret 93-1268 du 29 novembre 1993 pris en application de la loi MOP et dans l'arrêté du 21 décembre 1993 et d'une troisième colonne proposant 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 définition 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.

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

Article 2 Loi MOP

« ...Le maître de l'ouvrage définit dans le programme 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. Le programme et l'enveloppe financière prévisionnelle, définis avant tout commencement des avant-projets, pourront toutefois être précisés par le maître de l'ouvrage avant tout commencement des études de projet. Lorsque le maître de l'ouvrage décide de réutiliser ou de réhabiliter un ouvrage existant, l'élaboration du programme et la détermination de l'enveloppe financière prévisionnelle peuvent se poursuivre pendant les études d'avant-projets. Il en est de même pour la réalisation d'ouvrages neufs complexes d'infrastructure et de bâtiment, sous réserve que le maître de l'ouvrage l'ait annoncé dès le lancement des consultations... »

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 2 loi MOP).

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.

Études d'esquisse (ESQ)

DÉCRET N° 931268 DU 29/11/ 93 (Éléments de mission de maîtrise d'oeuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21/12/93 ANNEXE I
<p>Article 3 Les études d'esquisse, ont pour objet :</p> <p>a) 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 de l'ouvrage et affectée aux travaux ;</p> <p>b) de vérifier la faisabilité de l'opération au regard des différentes contraintes du programme et du site.</p>	<p>1/ Les études d'esquisse, première étape de la réponse de la maîtrise d'oeuvre aux objectifs, données et contraintes du programme ont pour objet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proposer une ou plusieurs solutions d'ensemble, traduisant les éléments majeurs du programme, d'en présenter les dispositions générales techniques envisagées, d'en indiquer les délais de réalisation et d'examiner leur comptabilité avec la partie de l'enveloppe financière prévisionnelle retenue par le maître de l'ouvrage et affectée aux travaux ; • Vérifier la faisabilité de l'opération au regard des différentes contraintes du programme et du site et proposer, éventuellement, des études géologiques et géotechniques, environnementales ou urbaines complémentaires. Elles permettent de proposer, éventuellement, certaines mises au point du programme. <p>Il est demandé les plans des niveaux significatifs établis au 1/500, avec éventuellement certains détails significatifs au 1/200, ainsi que l'expression de la volumétrie d'ensemble avec éventuellement une façade significative au 1/200. Pour les ouvrages de construction neuve de logements, les plans des principaux types de logements au 1/200 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 corréliser 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 (0,2 cm/m) avec éventuellement certains détails significatifs au 1/200 (0,5 cm/m), ainsi que l'expression de la volumétrie d'ensemble avec éventuellement une façade significative au 1/200 ;</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

L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique.

Études d'avant-projet sommaire (APS)

DÉCRET N° 931268 DU 29/11/ 93 (Éléments de mission de maîtrise d'oeuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21/12/93 ANNEXE I
<p>Article 4 Les études d'avant-projet comprennent des études d'avant-projet sommaire et des études d'avant-projet définitif.</p> <p>I - Les études d'avant-projet sommaire ont pour objet</p> <p>a) de préciser la composition générale en plan et en volume ;</p> <p>b) d'apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage ;</p> <p>c) de proposer les dispositions techniques pouvant être envisagées ;</p> <p>d) de préciser le calendrier de réalisation et, le cas échéant, le découpage en tranches fonctionnelles ;</p> <p>e) d'établir une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux.</p>	<p>2/ 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 de l'ouvrage, comprennent :</p> <p>a) les études d'avant-projet sommaire qui ont pour objet de</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préciser la composition générale en plan et en volume ; • 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 ; • Contrôler les relations fonctionnelles des éléments du programme et leurs surfaces ; • Apprécier les volumes intérieurs et l'aspect extérieur de l'ouvrage, ainsi que les intentions de traitement des espaces d'accompagnement ; • Proposer les dispositions techniques pouvant être envisagées ainsi qu'éventuellement les performances techniques à atteindre ; • Préciser un calendrier de réalisation et, le cas échéant, le découpage en tranches fonctionnelles ; • Établir une estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux. <p>Le niveau de définition correspond à des plans établis au 1/200, avec certains détails significatifs au 1/100.</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 (0,5 cm/m) avec certains détails significatifs au 1/100 (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.
<p style="text-align: center;">COMMENTAIRES</p> <p>Le MODÈLE est constitué des familles et ou objets ouverts et paramétrables. L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique.</p>	

Études d'avant-projet définitif (APD)

DÉCRET N° 931268 DU 29/11/ 93 (Éléments de mission de maîtrise d'oeuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21/12/93 ANNEXE I
<p>Article 4</p> <p>II - Les études d'avant-projet définitif, ont pour objet :</p> <p>a) de déterminer les surfaces détaillées de tous les éléments du programme ;</p> <p>b) d'arrêter en plans, coupes et façades, les dimensions de l'ouvrage, ainsi que son aspect ;</p> <p>c) de définir les principes constructifs, les matériaux et les installations techniques ;</p> <p>d) d'établir l'estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposés en lots séparés ;</p> <p>e) de permettre au maître de l'ouvrage d'arrêter définitivement le programme ;</p> <p>f) de permettre l'établissement du forfait de rémunération dans les conditions prévues par le contrat de maîtrise d'oeuvre.</p> <p>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>III - Les études d'avant-projet comprennent également l'établissement des dossiers et les consultations relevant de la compétence de la maîtrise d'oeuvre et nécessaires à l'obtention du permis de construire et des autres autorisations administratives, ainsi que l'assistance au maître de l'ouvrage au cours de leur instruction.</p> <p>Article 7</p> <p>L'avant-projet définitif ou le projet servent de base à la mise en concurrence des entreprises par le maître de l'ouvrage.</p>	<p>b) Les études d'avant-projet définitif, fondées sur l'avant-projet sommaire approuvé par le maître de l'ouvrage et qui ont pour objet de ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier le respect des différentes réglementations, notamment celles relatives à l'hygiène et à la sécurité ; • Déterminer les surfaces détaillées de tous les éléments du programme ; • Arrêter en plans, coupes et façades, les dimensions de l'ouvrage, ainsi que son aspect ; • Définir les principes constructifs, de fondation et de structure, ainsi que leur dimensionnement indicatif ; • Définir les matériaux ; • Justifier les solutions techniques retenues, notamment en ce qui concerne les installations techniques ; • Permettre au maître de l'ouvrage d'arrêter définitivement le programme et certains choix d'équipements en fonction de l'estimation des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance ; • Établir l'estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposés en lots séparés ; • Arrêter le forfait de rémunération dans les conditions prévues par le contrat de maîtrise d'oeuvre. <p>Le niveau de définition correspond à des plans établis au 1/100, avec certains détails significatifs au 1/50.</p> <p>c) Les études d'avant-projet comprennent également l'établissement des dossiers et les consultations relevant de la compétence de la maîtrise d'oeuvre et nécessaires à l'obtention du permis de construire et des autres autorisations administratives, ainsi que l'assistance au maître de l'ouvrage au cours de leur instruction.</p> <p>d) 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'étude.</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</p> <p>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 oeuvre 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 oeuvre, 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 oeuvre. <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 paysagés) 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 (1 cm/m) avec certains détails au 1/50 (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 (chauffage, ventilation, plomberie, électricité, etc.) ;</i> • <i>Tracés de principe des réseaux extérieurs (1/100) ;</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.</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.</p> <p>L'ensemble des vues documentaires (reflet des plans, coupes, détails et autres pièces communiquées au dossier de consultation) sont structurées et embarquées dans la maquette numérique de conception.</p> <p><i>L'évaluation financière s'appuie sur certaines données extraites de la maquette numérique.</i></p>	

Études de projet (PRO)

DÉCRET N° 931268 DU 29/11/ 93 (Éléments de mission de maîtrise d'oeuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21/12/93 ANNEXE I
<p>Article 5 Les études de projet ont pour objet :</p> <p>a) 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 oeuvre ;</p> <p>b) de déterminer l'implantation, et l'encombrement de tous les éléments de structure et de tous les équipements techniques ;</p> <p>c) de préciser les tracés des alimentations et évacuations de tous les fluides ;</p> <p>d) d'établir un coût prévisionnel des travaux décomposés par corps d'état, sur la base d'un avant-métré ;</p> <p>e) de permettre au maître de l'ouvrage, au regard de cette évaluation, d'arrêter le coût prévisionnel de la réalisation de l'ouvrage et, par ailleurs, d'estimer les coûts de son exploitation ;</p> <p>f) 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-projets approuvées par le maître de l'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.</p> <p>a) Les études de projet ont pour objet de</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 oeuvre ; • Déterminer l'implantation et l'encombrement de tous les éléments de structure et de tous les équipements techniques ; • Préciser les tracés des alimentations et évacuations de tous les fluides et, en fonction du mode de dévolution des travaux, coordonner les informations et contraintes nécessaires à l'organisation spatiale des ouvrages ; • Décrire les ouvrages et établir les plans de repérage nécessaires à la compréhension du projet ; • Établir un coût prévisionnel des travaux décomposés par corps d'état, sur la base d'un avant-métré ; • Permettre au maître de l'ouvrage, au regard de cette évaluation, d'arrêter le coût prévisionnel de l'ouvrage et, par ailleurs, d'estimer les coûts de son exploitation ; • Déterminer le délai global de réalisation de l'ouvrage. Le niveau de définition correspond à des plans généralement établis au 1/50 avec tous les détails significatifs de conception architecturale à des échelles variant de 1/20 à 1/2. <p>b) En outre, lorsqu'après mise en concurrence, sur la base de l'avant-projet définitif, ou sur la base des études de projet, une variante minimale respectant les conditions stipulées dans le dossier de consultation, a été proposée par le ou les entrepreneurs et acceptée par le maître de l'ouvrage, les études de projet doivent être complétées pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • assurer la cohérence de toutes les dispositions avec les avant-projets ainsi qu'avec les dispositions découlant, le cas échéant, d'un permis de construire modifié ; • établir la synthèse des plans et spécifications émanant d'une part de l'avant-projet définitif établi par le maître d'oeuvre et d'autre part des propositions de l'entrepreneur.

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.</p> <p>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.</p> <p>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 oeuvre 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 oeuvre. <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, calpinage). 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, incluant les repérages des faux plafonds, les revêtements de sols, les cloisonnements, les portes et tous ouvrages de second oeuvre, avec tous les détails significatifs de conception architecturale à une échelle variant de 1/20 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 au 1/50 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 au 1/50 avec positionnement, dimensionnement principaux ;</i> • <i>Réservations importantes affectant les ouvrages de structure.</i> Surcharges d'exploitation et charges à supporter par la structure pour les principaux ouvrages, besoins principaux en fluides ; • <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 ;</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 ;</i> • En tant que de besoins, <i>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 oeuvre, les conditions d'essai et de réception, incluant les limites de prestations entre les différents lots ; • Présentation du coût prévisionnel des travaux décomposée par corps d'état et de l'<i>avant-métré</i> 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 align="center">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 communiquées au dossier de consultation) sont structurées et embarquées dans la maquette numérique de conception.</p>	

Passation du ou des contrats de travaux (ACT)

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

DÉCRET N°93-1268 DU 29 NOVEMBRE 1993 (Éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment.)	ARRÊTÉ DU 21 DÉCEMBRE 1993 ANNEXE 1
<p>Article 6 L'assistance apportée au maître de l'ouvrage pour la passation du ou des contrats de travaux sur la base des études qu'il a approuvées a pour objet :</p> <p>a) De préparer la consultation des entreprises, en fonction du mode de passation et de dévolution des marchés ;</p> <p>b) De préparer, s'il y a lieu, la sélection des candidats et d'examiner les candidatures obtenues ;</p> <p>c) D'analyser les offres des entreprises et, s'il y a lieu, les variantes à ces offres</p> <p>d) De préparer les mises au point permettant la passation du ou des contrats de travaux par le maître de l'ouvrage.</p>	<p>4. L'assistance apportée au maître de l'ouvrage pour la passation du ou des contrats de travaux, sur la base des études qu'il a approuvées, a pour objet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • préparer, s'il y a lieu, la sélection des candidats et analyser les candidatures obtenues ; • préparer la consultation des entreprises de manière telle que celles-ci 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'oeuvre, correspondant à l'étape de la conception choisie par le maître de l'ouvrage pour cette consultation. Le dossier est différent selon que la dévolution est prévue par marchés séparés ou à des entreprises groupées ou à l'entreprise générale ; • analyser les offres des entreprises, et s'il y a lieu les variantes à ces offres, • procéder à la vérification de la conformité des réponses aux documents de la consultation, • analyser les méthodes ou solutions techniques 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 établir un rapport d'analyse comparative proposant les offres susceptibles d'être retenues, conformément aux critères de jugement des offres précisées dans le règlement de la consultation ; la partie financière de l'analyse comporte une comparaison des offres entre elles et avec le coût prévisionnel des travaux ; • préparer les mises au point nécessaires pour permettre la passation du ou des contrats de travaux par le maître de l'ouvrage.

Études d'exécution et de synthèse (EXE)

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

Tel que le précise l'arrêté du 21 décembre 1993, les études d'exécution ont notamment pour objet « l'établissement de tous les plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier..., sans nécessiter pour l'entrepreneur d'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 ».

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

En cas de contrats 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'oeuvre, 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'oeuvre ne réalisera donc les études d'exécution qu'après désignation des entreprises.

Le BIM favorise une telle démarche collaborative entre maîtrise d'oeuvre 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'oeuvre en amont de la consultation des entreprises.

Études d'exécution et de synthèse (EXE)

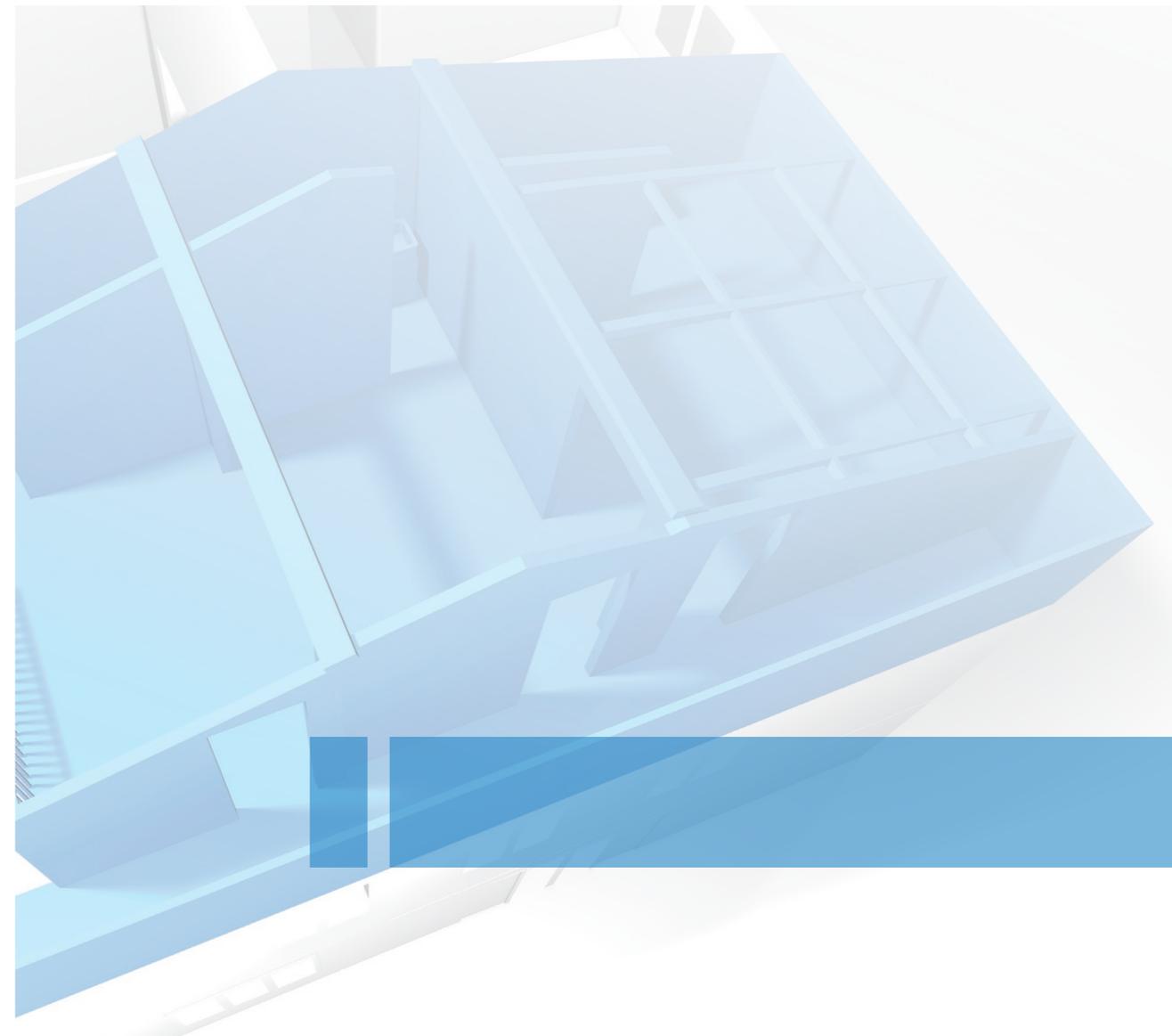
DÉCRET N° 931268 DU 29/11/ 93 (Éléments de mission de maîtrise d'oeuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21/12/93 ANNEXE I
<p>Article 8</p> <p>I - Les études d'exécution permettent la réalisation de l'ouvrage. Elles ont pour objet, pour l'ensemble de l'ouvrage ou pour les seuls lots concernés.</p> <p>a) d'établir tous les plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier ainsi que les plans de synthèse correspondants ;</p> <p>b) d'établir sur la base des plans d'exécution, un devis quantitatif détaillé par lot ou corps d'état ;</p> <p>c) d'établir le calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par lot ou corps d'état ;</p> <p>d) d'effectuer la mise en cohérence technique des documents fournis par les entreprises lorsque les documents pour l'exécution des ouvrages sont établis partie par le maître d'oeuvre, partie par les entreprises titulaires de certains lots.</p>	<p>5/ Les études d'exécution, pour l'ensemble des lots ou certains d'entre eux lorsque le contrat le précise, fondées sur le projet approuvé par le maître de l'ouvrage, permettent la réalisation de l'ouvrage ; elles ont pour objet pour l'ensemble de l'ouvrage ou pour les seuls lots concernés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'établissement de 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, sans nécessiter pour l'entrepreneur d'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 ; • La réalisation 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 et se traduisant par les 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'établissement, sur la base des plans d'exécution, d'un devis quantitatif détaillé par lots ou corps d'état ; • L'établissement du calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par lots ou corps d'état.

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 conception)
<p>Maquette de réalisation</p> <p>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 exécution.</p> <p>Objectifs</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • La maquette numérique niveau projet ; • Les observations du maître d'ouvrage sur le projet ; • Maîtrise d'oeuvre : dossiers d'exécution, schémas, notes de calculs, etc. ; • Entreprises, fabricants de matériaux et équipements : les fiches matériels et équipements, schémas, etc.... ; <p>• Réalisation de la maquette numérique comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>Les plans et documents EXE sont extraits depuis la maquette numérique de réalisation.</p> <p><i>Ci-dessous une liste indicative et non exhaustive des documents et plans à produire dans le cadre des études d'exécution.</i></p> <p>Plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier</p> <p>En complément des plans architecturaux établis au stade du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Plans de repérage</i> et calepinage <i>des ouvrages de second oeuvre (menuiseries, faux plafonds, revêtement de sols, etc.)</i> ; • <i>Coupes et détails de second oeuvre à grande échelle</i> avec définitions des interfaces entre composants et corps d'état. <p>Infrastructure, fondations et structure :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Plans de fondations et ouvrages d'infrastructure, incluant les terrassements parti-culiers, les tracés de toutes les canalisations enterrées avec tous les diamètres, les dimensionnements et niveaux au 1/50 des fondations superficielles et profondes</i> ; • Plans de ferrailage au 1/50 avec nature des aciers, sections d'armatures et implantation générale ; • <i>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</i> et visées par la cellule de synthèse ; • <i>Plans des maçonneries porteuses, nature, positionnement au 1/50</i> ; • <i>Plans des ouvrages de structure métallique incluant lignes d'épure, cotation, nature des profils</i>, détails de principe des assemblages, des scellements et appuis. <p>CHAUFFAGE, VENTILATION, CLIMATISATION, PLOMBERIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plans au 1/50 intégrant <i>les tracés des réseaux et gaines avec indication des diamètres sections et niveaux</i>, l'implantation des terminaux et principaux accessoires ; • Les détails de principe d'équipement des locaux techniques et sanitaires ; • Les coupes et détails nécessaires. <p>ÉLECTRICITÉ COURANTS FORTS ET FAIBLES :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Plans au 1/50 d'implantation des tableaux d'étage et appareillages et des tracés de chemins de câbles</i> ; • Schémas des tableaux avec définition des différents départs, puissances et protections. Plans d'organisation des baies. <p>VRD :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>Devis quantitatif détaillé.</p> <p>Actualisation du calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par lots ou corps d'état.</p> <p>Plans de synthèse.</p> <p>Fiches techniques des matériels et matériaux</p>
COMMENTAIRES	
<p>Les métiers définissent les familles et ou objets spécifiques de la mise en oeuvre 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.</p>	

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

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

DÉCRET N°93-1268 DU 29 NOVEMBRE 1993 (Éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21 DÉCEMBRE 1993 ANNEXE 1
Article 8 II. Lorsque les études d'exécution sont, partiellement ou intégralement, réalisées par les entreprises, le maître d'œuvre s'assure que les documents qu'elles ont établis respectent les dispositions du projet et, dans ce cas, leur délivre son visa.	5 bis. <ul style="list-style-type: none">• L'examen de la conformité au projet des études d'exécution et de synthèse faites par le ou les entrepreneurs ainsi que leur visa par le maître d'œuvre ont pour objet d'assurer au maître de l'ouvrage que les documents établis par l'entrepreneur 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 direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DET)

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

DÉCRET N°93-1268 DU 29 NOVEMBRE 1993 (Éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment)	ARRÊTÉ DU 21 DÉCEMBRE 1993 ANNEXE 1
<p>Article 9 La direction de l'exécution du ou des contrats de travaux a pour objet :</p> <p>a) De s'assurer que les documents d'exécution ainsi que les ouvrages en cours de réalisation respectent les dispositions des études effectuées ;</p> <p>b) De s'assurer que les documents qui doivent être produits par l'entrepreneur, en application du contrat de travaux ainsi que l'exécution des travaux sont conformes audit contrat ;</p> <p>c) De délivrer tous ordres de service, établir tous procès-verbaux nécessaires à l'exécution du contrat de travaux, procéder aux constats contradictoires et organiser et diriger les réunions de chantier ;</p> <p>d) De vérifier les projets de décomptes mensuels ou les demandes d'avances présentés par l'entrepreneur, d'établir les états d'acomptes, de vérifier le projet de décompte final établi par l'entrepreneur, d'établir le décompte général ;</p> <p>e) D'assister le maître de l'ouvrage en cas de différend sur le règlement ou l'exécution des travaux.</p>	<p>6. La direction de l'exécution du ou des contrats de travaux qui a pour objet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que les documents d'exécution ainsi que les ouvrages en cours de réalisation respectent les études effectuées • S'assurer que les documents à produire par le ou les entrepreneurs, en application du ou des contrats de travaux, sont conformes auxdits contrats et ne comportent ni erreur, ni omission, ni contradiction normalement décelables par un homme de l'art ; • S'assurer que l'exécution des travaux est conforme aux prescriptions du ou des contrats de travaux, 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 ; • Délivrer tous ordres de service et établir tous procès-verbaux nécessaires à l'exécution du ou des contrats de travaux ainsi que procéder aux constats contradictoires, organiser et diriger les réunions de chantier ; • Informer systématiquement le maître de l'ouvrage sur l'état d'avancement et de prévision des travaux et dépenses, avec indication des évolutions notables ; • Vérifier les projets de décomptes mensuels ou les demandes d'avances présentés par le ou les entrepreneurs, établir les états d'acomptes, vérifier le projet de décompte final établi par l'entrepreneur, établir le décompte général ; • Donner un avis au maître de l'ouvrage sur les réserves éventuellement formulées par l'entrepreneur en cours d'exécution des travaux et sur le décompte général, assister le maître de l'ouvrage en cas de litige sur l'exécution ou le règlement des travaux, ainsi qu'instruire les mémoires de réclamation de ou des entreprises.

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE RÉALISATION EN PHASE DET	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS
<p>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 recouvrements successifs dus aux modifications de mise en œuvre.</p> <p>Objectifs</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 <p>Sources/entrants</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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... ; <p>Réalisation de la maquette numérique comprenant le :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recouvrement 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. 	<p>Rapport de revue de projet récapitulatif :</p> <p>Direction des travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Contrôle de la conformité de la réalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 d'ouvrage <p>Gestion financière Vérification des décomptes mensuels et finaux.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
COMMENTAIRES	
<p>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.</p>	
<p>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.</p>	

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)

DÉCRET N°93-1268 DU 29 NOVEMBRE 1993 (Éléments de mission de maîtrise d'œuvre pour les opérations de construction neuve de bâtiment.)	ARRÊTÉ DU 21 DÉCEMBRE 1993 ANNEXE 1
<p>Article 11 L'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement a pour objet :</p> <p>a) D'organiser les opérations préalables à la réception des travaux ;</p> <p>b) D'assurer le suivi des réserves formulées lors de la réception des travaux jusqu'à leur levée ;</p> <p>c) De procéder à l'examen des désordres signalés par le maître de l'ouvrage ;</p> <p>d) De constituer le dossier des ouvrages exécutés nécessaires à leur exploitation.</p>	<p>8. L'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement a pour objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'organiser les opérations préalables à la réception des travaux ; • D'assurer le suivi des réserves formulées lors de la réception des travaux jusqu'à leur levée ; • De procéder à l'examen des désordres signalés par le maître de l'ouvrage ; • De constituer le dossier des ouvrages exécutés nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage, à partir des plans conformes à l'exécution remis par l'entrepreneur, des plans de récolement ainsi que des notices de fonctionnement et des prescriptions de maintenance des fournisseurs d'éléments d'équipement mis en œuvre.

NIVEAU DE DÉFINITION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DE RÉALISATION EN PHASE DET	DOCUMENTS GRAPHIQUES ET ÉCRITS
<p>Maquette numérique de réalisation 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'oeuvre :</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'oeuvre s'assure de la levée des réserves par les entreprises dans les délais définis. <p>Dossier des ouvrages exécutés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le maître d'oeuvre constitue le dossier des ouvrages exécutés nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage à partir du dossier de conception générale du maître d'oeuvre, des plans conformes à l'exécution remis par l'entrepreneur ainsi que des prescriptions de maintenance des fournisseurs d'éléments d'équipement mis en oeuvre. <p>Au cours de l'année de garantie de parfait achèvement,</p> <ul style="list-style-type: none"> • le maître d'oeuvre 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 	
COMMENTAIRES	
<p>La maquette numérique de réception (maquette numérique de DOE), représentative de la construction au moment de la réception et 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.</p> <p>La maquette numérique peut aussi être utilisée pour gérer le relevé des réserves de réception et leurs levées.</p> <p>Les informations relatives aux familles et ou objets ouverts et paramétrables sont remplacées par celles relatives aux produits industriels effectivement mis en œuvre.</p> <p>Les plans conformes à la réalisation sont extraits depuis la maquette numérique de réception.</p>	

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 oeuvre 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 liées 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

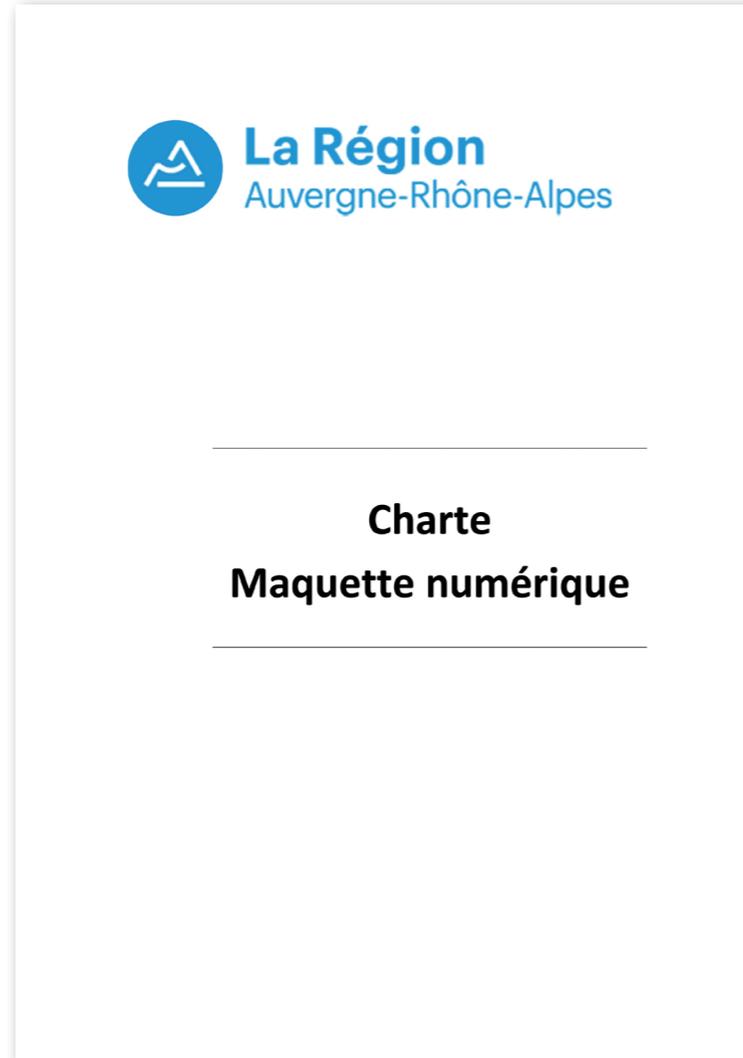


ANNEXE 3

EXEMPLES DE DOCUMENTS ÉLABORÉS PAR LA MAÎTRISE D'OUVRAGE

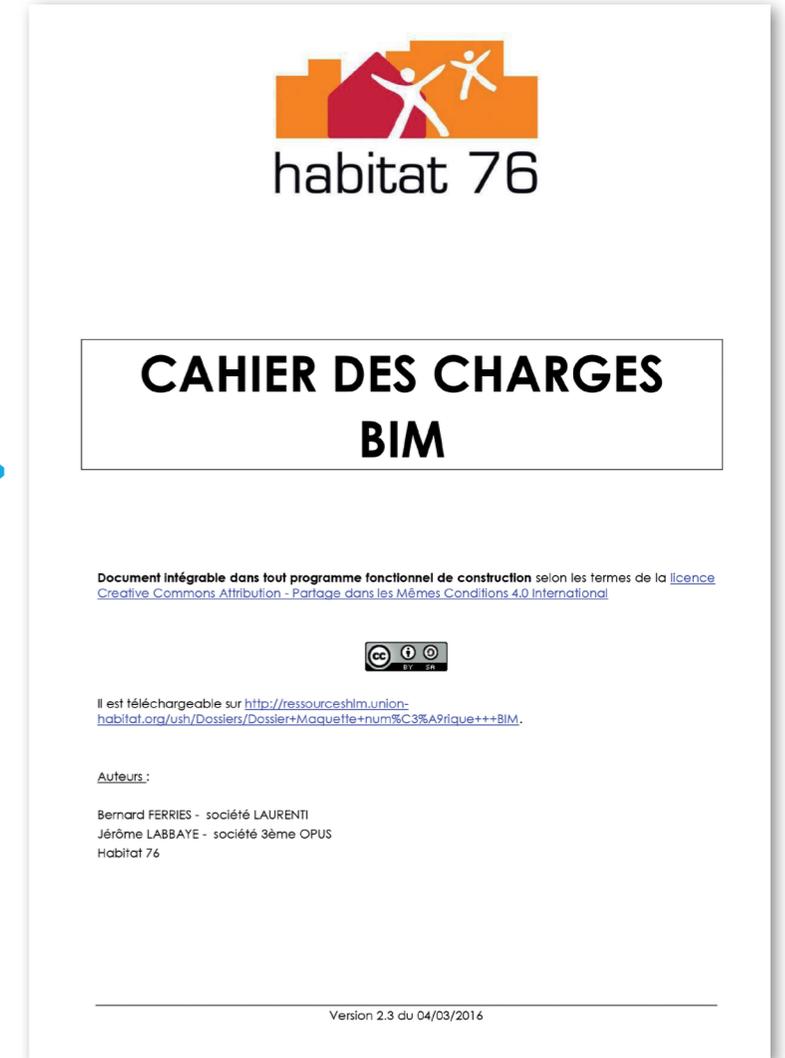
Ces exemples montrent la nature des informations et des exigences qui peuvent figurer dans une charte ou un cahier des charges BIM. Ils ne doivent en aucun cas être considérés comme des modèles types. En effet chaque maître d'ouvrage se doit de définir ses propres objectifs, exigences et usages en matière de BIM.

La charte maquette numérique de la Région Auvergne-Rhône-Alpes >>

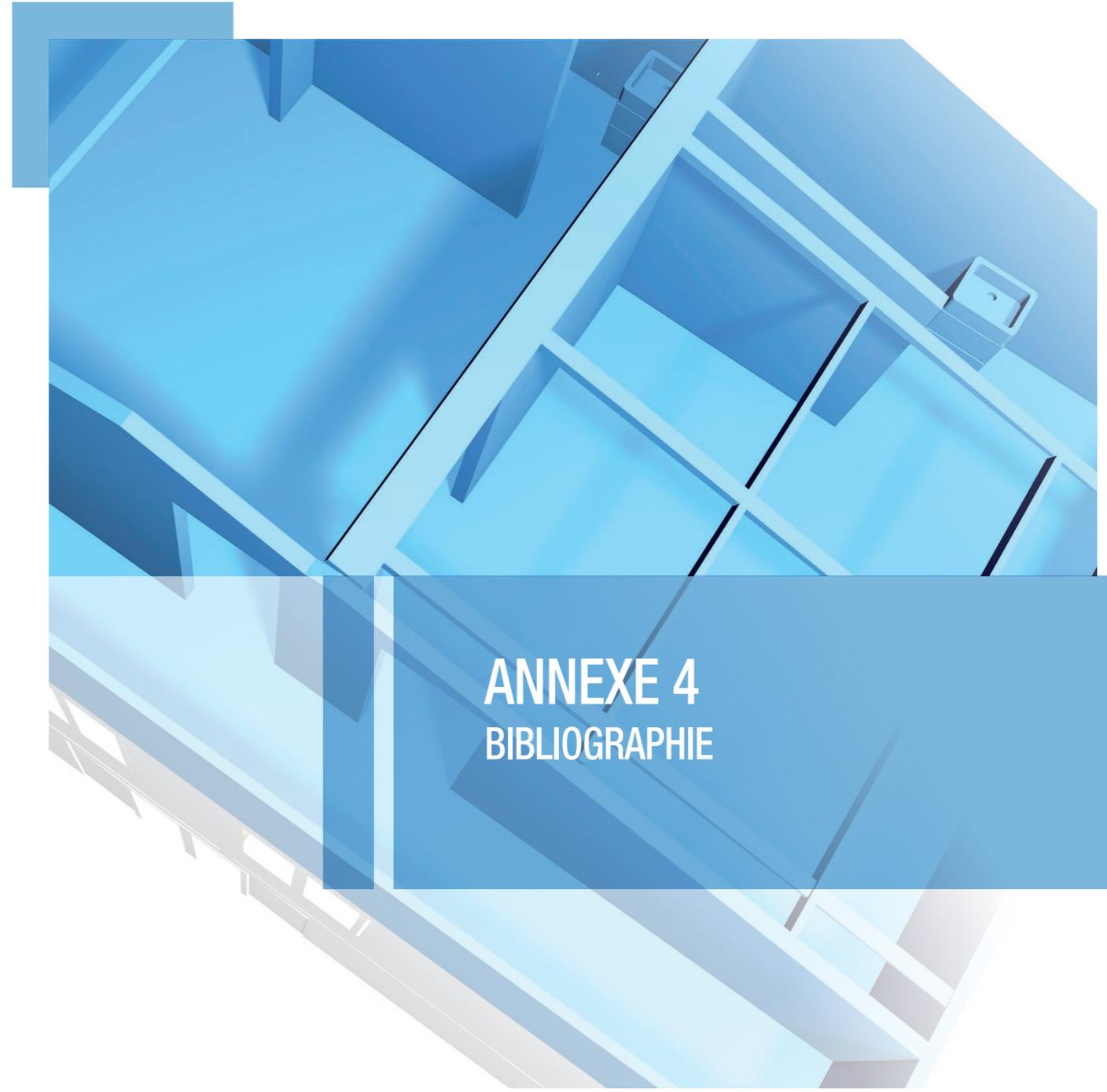


lien de téléchargement :
https://issuu.com/astusconstruction/docs/charte_maquette_num_rique_modifie

Le cahier des charges BIM d'Habitat 76 >>



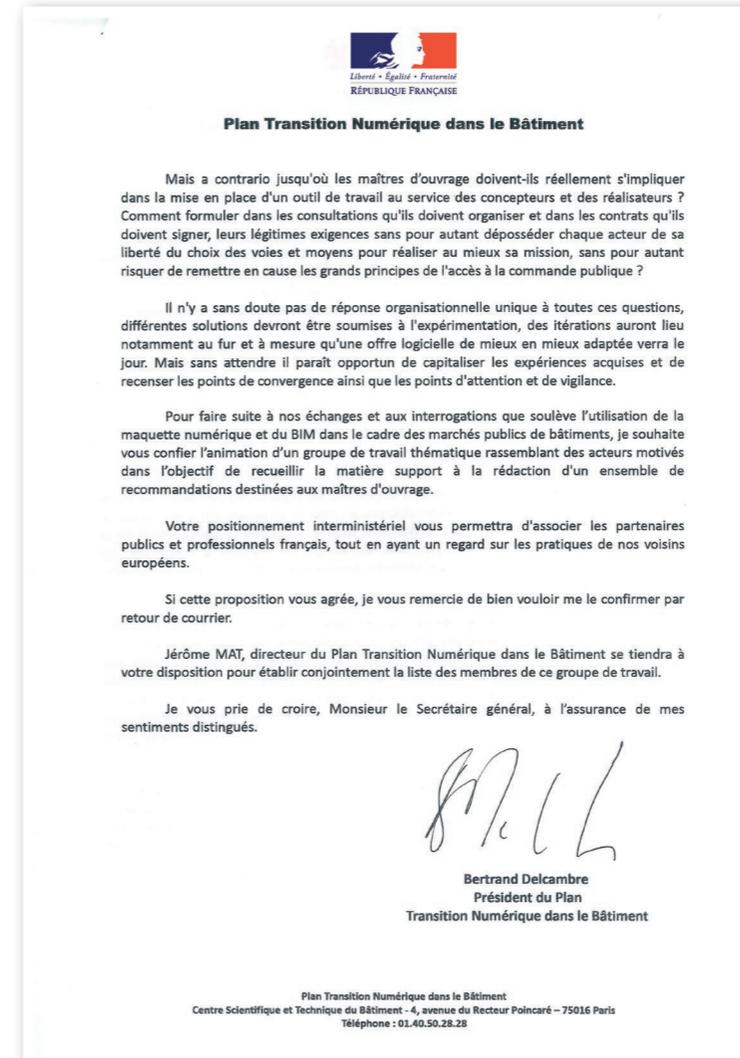
lien de téléchargement :
<http://ressourceshlm.union-habitat.org/ush/Dossiers/Dossier+Maquette+num%C3%A9rique+++BIM>



ANNEXE 4
BIBLIOGRAPHIE



Lettre de mission



Bibliographie

Rapport Bertrand DELCAMBRE

Mission Numérique Bâtiment
2 décembre 2014

Guide méthodologique pour des conventions de projets en BIM

Médi@construct
Version 1 du 6 avril 2016

BIM et Maquette Numérique

Olivier CELNIK, Eric LEBEGUE
CSTB Editions - Eyrolles
2e édition 29 octobre 2015

Conduire un projet de construction à l'aide du BIM

Éric LEBEGUE, José Antonio CUBA SEGURA
CSTB Editions - Eyrolles
Novembre 2015

BIM/Maquette Numérique Contenu et niveaux de développement

Syntec-Ingénierie, Cahier pratique du Moniteur des travaux Publics et du Bâtiment
9 mai 2014

Livre Blanc : Préparer la révolution numérique de l'industrie immobilière

Franck HOVORKA, Jean-Yves BRESSON, Alain SEVANCHE
Caisse des Dépôts
Avril 2014

Droit du Numérique et Bâtiment

Rapport au Président du Conseil Supérieur de la Construction et de l'Efficacité Énergétique et au Président du Plan Transition Numérique dans le Bâtiment
Xavier PICAN
31 janvier 2016

Remerciements

Organismes représentés dans le groupe de travail :

Maîtrise d'ouvrage

- Ministère des finances et des comptes publics/Direction des achats de l'État (DAE)
- Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la culture (OPPIC)
- Union sociale pour l'habitat (USH)
- Agence publique pour l'immobilier de la justice (APIJ)
- Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF)

Maîtrise d'oeuvre

- Conseil national de l'ordre des architectes (CNOA)
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA)
- SYNTEC Ingénierie
- Fédération CINOV
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC)

Entreprises

- Fédération française du bâtiment (FFB)
- Entreprises générales de France. BTP (EGF-BTP)
- Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB)

Industriels

- Fédération des industries électriques, électroniques et de communication (FIEEC)

Organismes experts en BIM

- Médi@construct
- Modélisation des informations interopérables pour les infrastructures durables (MINnD)
- BimXPERT/BimFRANCE

Organismes en contrôle, certification et expertise

- Organismes de contrôle tierce partie indépendante (COPREC)
- Association Qualitel/CERQUAL
- Fédération des sociétés d'expertise (FSE)

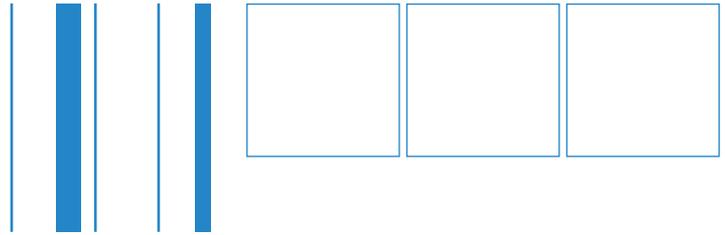
Administration

- Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer/Ministère du logement et de l'habitat durable
> (MEEM-MLHD/DGALN/PUCA)
> (MEEM-MLHD/DGALN/QC)
> (MEEM-MLHD/SG/DAFI)
- Ministère de la culture et de la communication/DGP
- Ministère de l'économie de l'industrie et du numérique/DGE
- Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA)
- Plan transition numérique dans le bâtiment (PTNB)
- Mission interministérielle pour la qualité des constructions publiques (MIQCP)

Le PTNB et la MIQCP remercient tout particulièrement pour leur participation active aux travaux du groupe les personnes suivantes : François BAYLE (UNTEC), Pierre-Yves BERTHELEMY (FIEEC), Nicolas BLONDEL (MEEM-MLHD/SG/DAFI), Gilles CHARBONNEL (CINOV), Marie Claire COIN (EGF-BTP), Didier DARREMONT (FFB), Louis DEMILECAMPS (MINnD), Frédéric DENISART (CNOA), Lila DIDA (OPPIC), Laëtitia DIAS (CINOV), François FAUCHER (UNTEC), Patricia GRELIER-WYCKOFF (FFB), Alexandra HORSIN (MEEM-MLHD/DGALN/QC), Véronique LE BOUTEILLER (MIQCP), Pascal LEMONNIER (MEEM-MLHD/DGALN/PUCA), Stéphane LUTARD (CNOA), Denis MARILLIER (FSE), Pierre MASCLoux (PTNB), Rodolphe MAUFRONT (UMB), Christophe MERIENNE (SYNTEC), Karine MIQUEL (COPREC), François PELEGRIN (UNSFA), Régis PEUTILLOT (Ministère de la culture/DGP), Sébastien SAUVAGET (CAPEB), Cécile SEMERY (USH), Benoit SENIOR (UNSFA), Nicole SITRUK (MIQCP), Didier VALEM (FFB), Benjamin VALLOIRE (SYNTEC), Eymeric VIGUIE (DAE).

Nos remerciements s'adressent également aux personnes auditionnées par le groupe : Philippe COTTARD (Habitat 76), Lila DIDA (Opérateur du patrimoine et des projets immobiliers de la culture), Aurore FARGETTE (Agence publique pour l'immobilier de la justice), Christophe LHEUREUX (Immobilière 3F), Eric RULLIER (CFD Immobilier).

Nous remercions également la Région Auvergne-Rhône-Alpes et Habitat 76 d'avoir accepté la publication en annexe du guide, respectivement de sa charte maquette numérique et de son cahier des charges BIM.



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, équipés d'ordinateurs et fonctionnant en réseau. Mais s'agissant 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, industrielle doivent être examinées.

Afin d'accompagner ce changement, la MIQCP, à la demande du Plan de Transition Numérique dans le Bâtiment a élaboré 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.



**Plan Transition Numérique
dans le Bâtiment**



*mission
interministérielle
pour la qualité
des constructions
publiques*

