AQC
Agence Qualité Construction

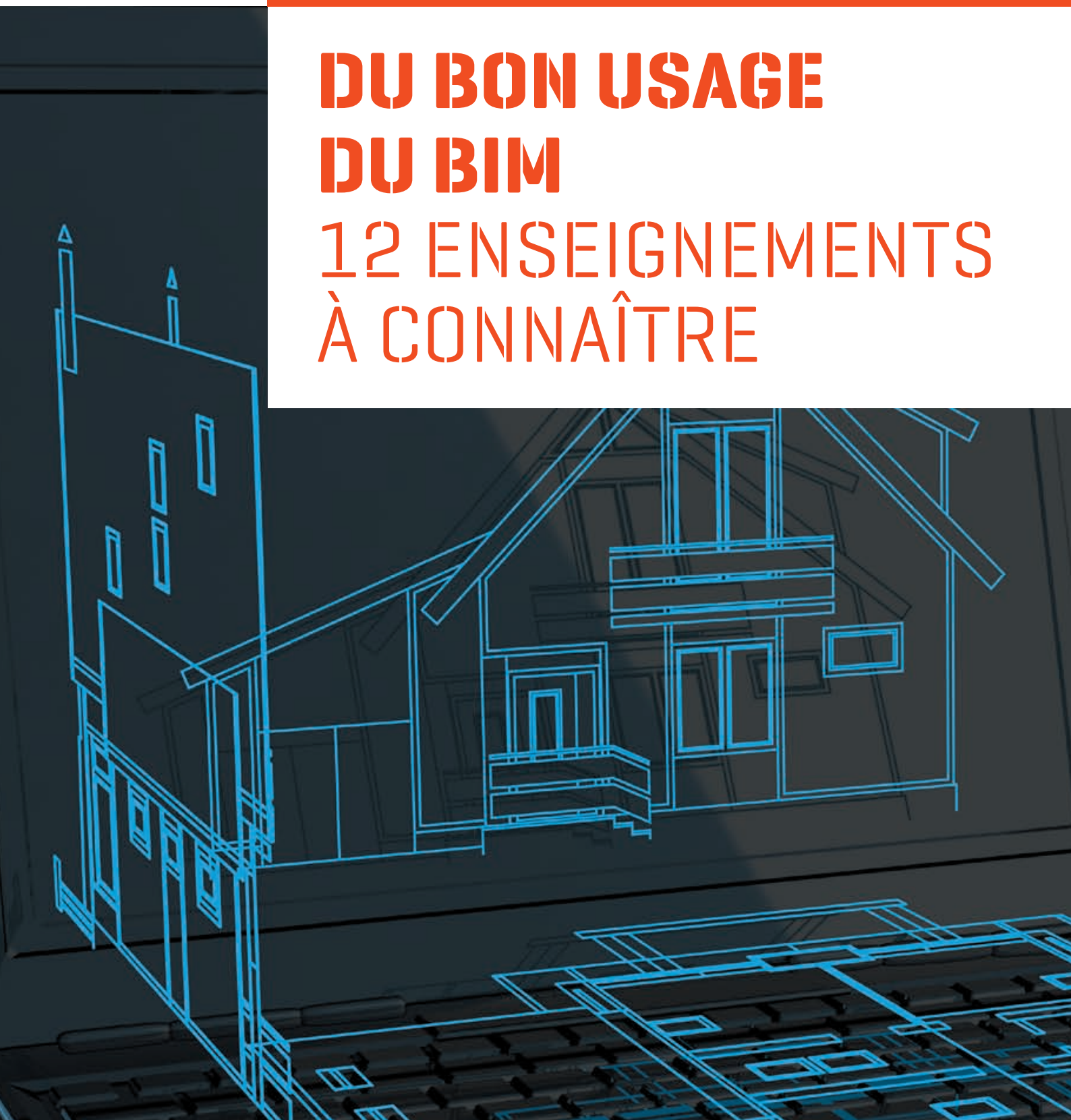
Prévenir les désordres, améliorer la qualité de la construction

PÔLE OBSERVATOIRE

Dispositif REX Bâtiments performants

DU BON USAGE DU BIM

12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



SOMMAIRE

Avertissement 3

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS 4

PRÉSENTATION GÉNÉRALE 4

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF 5

QUELQUES CHIFFRES 6

PRÉSENTATION DE LA THÉMATIQUE ET DE SES ENJEUX 8

LE BIM 8

Définition et contexte 8

Quelques principes constituant le BIM 8

Quelques potentiels du BIM 9

LES ENJEUX DE LA THÉMATIQUE 10

Objectifs selon les acteurs de la construction 10

Contexte de l'enquête 10

L'ÉCHANTILLON 10

Au départ 10

Critères de sélection 11

Au final... quelques chiffres 11

12 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES 12

1 NÉCESSITÉ DE PRÉCISION ET ACTUALISATION DES DONNÉES D'ENTRÉE NUMÉRISÉES 14

2 DES OBJETS NON MODÉLISÉS 15

3 L'ÉVOLUTION DU NIVEAU DE DÉTAIL SUIVANT LES ÉTAPES ET LES INTERFACES-OUVRAGES 16

4 LA DÉTECTION DE COLLISION À AMÉLIORER POUR ÊTRE PERTINENT 17

5 DIFFICULTÉ DE SUPERPOSITION DES MAQUETTES LORS DE LA SYNTHÈSE 18

6 LA NON-SENSIBILISATION DES ACTEURS AU PROCESSUS BIM 19

7 RETARDS DES MODIFICATIONS 20

8 ERREURS DÉTECTÉES MAIS NON-CORRIGÉES 21

9 VÉRIFICATION DE LA COHÉRENCE DES DONNÉES REÇUES 22

10 NÉCESSITÉ D'UNE CHARTE BIM 23

11 LES OBJETS BIM DIFFICILEMENT MANIPULABLES 24

12 PROBLÈMES D'INTEROPÉRABILITÉ 25

CONCLUSION 26

LES PISTES À EXPLORER 28

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'évènements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail. En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

Ce rapport a été réalisé grâce au soutien financier du programme PACTE et de l'ADEME.

Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'Agence Qualité Construction.

Il a pour but de présenter 12 enseignements majeurs concernant le BIM et son impact sur la qualité de la construction.

Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se devait donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

ÉTAPE A	COLLECTE SUR LE TERRAIN - Interview *de visu* et *in situ* d'acteurs précurseurs de constructions performantes. - Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs.
ÉTAPE B	CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES - Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie. - Relecture des données capitalisées par des experts construction.
ÉTAPE C	ANALYSE DES DONNÉES - Extractions de données en fonction de requêtes particulières. - Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques.
ÉTAPE D	VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS - Production de rapports. - Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels.

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du réseau BEEP (Bâti Environnement Espace Pro). Les enquêteurs qui collectent les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux, qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS EN CHIFFRES

6 ANS
d'ancienneté

51 ENQUÊTEURS
depuis 2010
12 EN 2015

1 900 ACTEURS RENCONTRÉS
depuis 2010
500 EN 2015

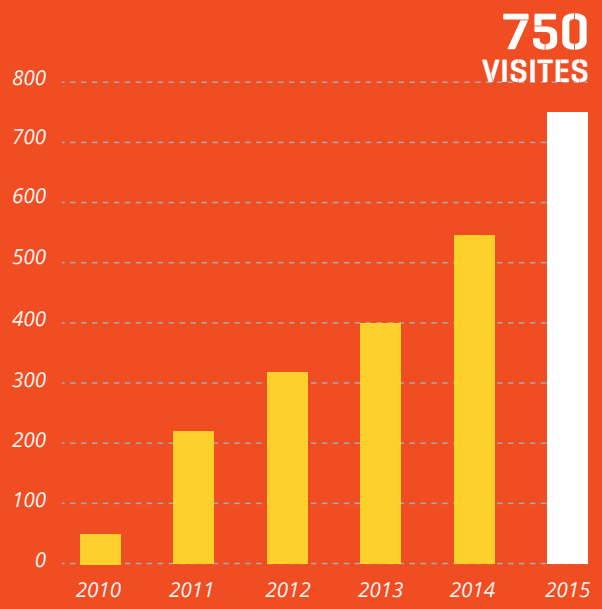
360 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU BBC OU RT 2012
labellisés ou non

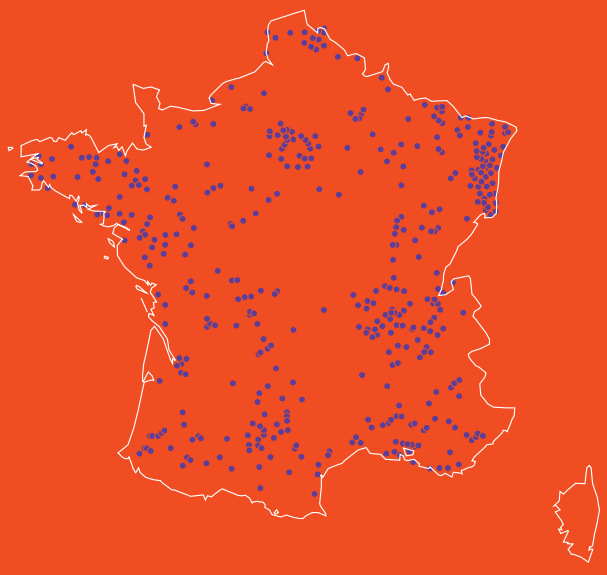
50 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU PASSIF
labellisés ou non

340 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU BBC RÉNOVATION
labellisés ou non

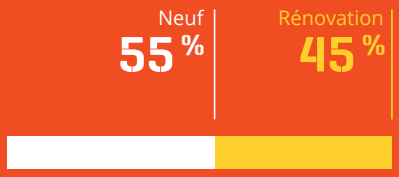
750 BÂTIMENTS VISITÉS depuis 2010
200 EN 2015

OPÉRATIONS VISITÉES

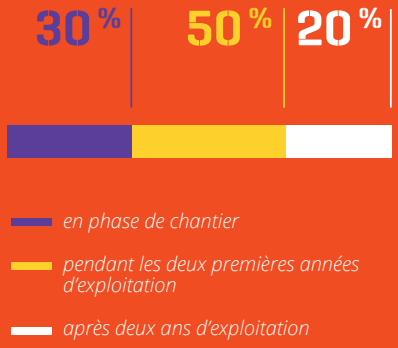




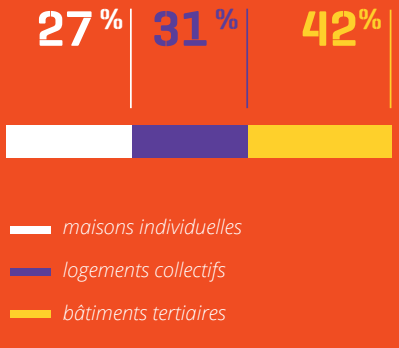
NATURE DE L'OPÉRATION



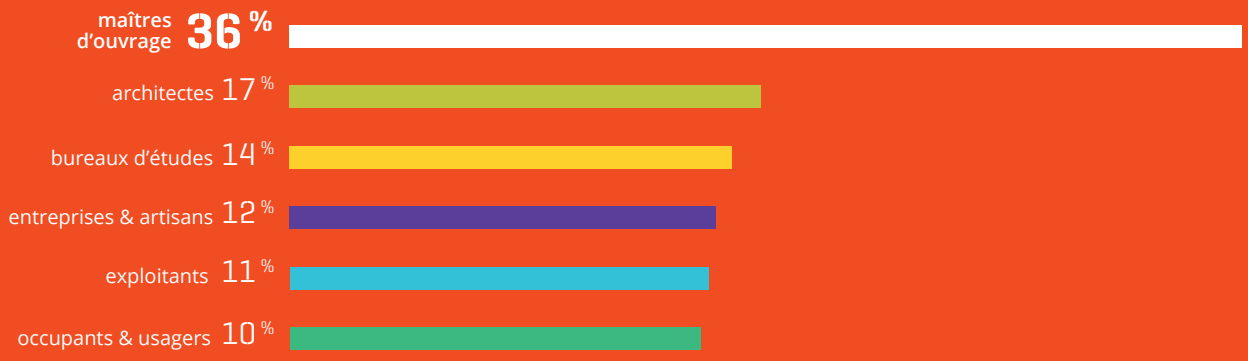
ANCIENNETÉ AU MOMENT DE LA VISITE



TYPE D'USAGE

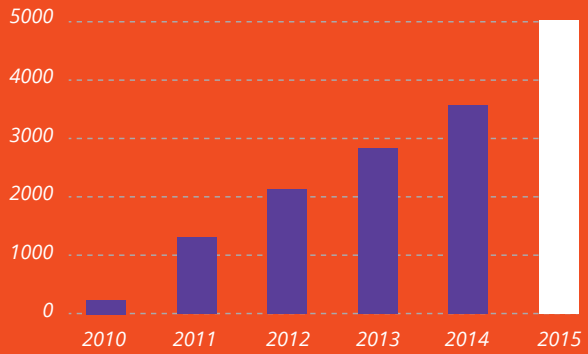


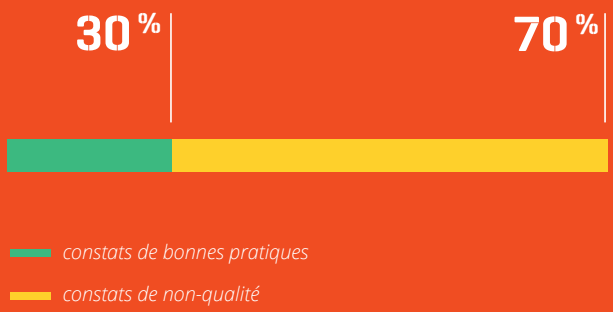
LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS

5 000 CONSTATS





PRÉSENTATION DE LA THÉMATIQUE ET DE SES ENJEUX

Le BIM, création virtuelle d'un avatar du bâtiment avant sa construction, est sur toutes les lèvres des praticiens de la construction, suscitant tantôt enthousiasme tantôt inquiétudes mais surtout beaucoup d'intérêt.

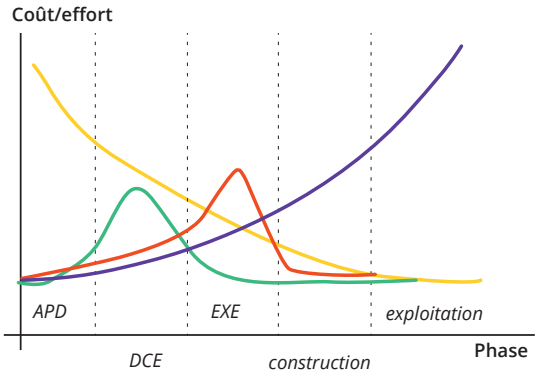
Dans le cadre de ce travail, le BIM a été abordé comme processus permettant de faire les études détaillées en amont, et de collaboration. Les désordres dans la construction venant régulièrement de problématiques d'interfaces mal maîtrisées, l'analyse de chantiers réalisés avec ce processus a donc suscité l'intérêt de l'AQC.

LE BIM

DÉFINITION ET CONTEXTE

Le BIM « est un processus de travail et de collaboration entre intervenants d'un projet de construction, reposant sur des outils métiers particuliers qui permettent la conception et l'exploitation d'une maquette numérique, préfigurant le bâtiment tel que construit et exploité [1] ».

Le processus BIM regroupe donc des acteurs travaillant avec des logiciels autour d'une maquette numérique. La figure ci-dessous résume l'intérêt du BIM dans le secteur de la construction.



COURBE DE M[C] LEAMY (SOURCE AIA/HOK)

L'objectif est de rapporter l'effort et les coûts dus aux erreurs pendant l'exécution (3 où l'impact est conséquent) vers la conception (4 où l'impact y est moindre).

1. Facilité à apporter des modifications
2. Coût des modifications
3. Processus classique
4. Processus BIM

QUELQUES PRINCIPES CONSTITUANT LE BIM

Le niveau de maturité (BIM Level) : il permet d'apprécier la maturité des échanges basés sur des modèles numériques. 3 niveaux du BIM sont à distinguer :

- **Level 1 : la modélisation orientée-objet** : caractérisé par le passage de la 2D à la 3D avec une **interaction** entre les représentations graphiques (plans, coupes, façades, volume).
- **Level 2 : la modélisation orientée-modèle :** La maquette intègre des **pratiques collaboratives** permettant l'échange de la maquette entre différentes disciplines. Les modèles 2D et 3D contiennent de l'information interactive.
- **Level 3 : la modélisation orientée-réseau :** Appelé i-BIM, il correspond à l'utilisation collaborative d'un modèle partagé **via un réseau** auquel les acteurs peuvent se connecter pour alimenter le modèle.

1. *BIM & maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction,* O.Celnik et E. Lebegue

Le niveau de détail (LOD) : C'est le niveau de précision auquel on va reproduire le produit à représenter.
Six niveaux ont été définis par l'AIA[3] : LOD 100 jusqu'à LOD 600 selon la complexité des données à renseigner en fonction de l'avancement du projet.

L'interopérabilité : capacité des logiciels à échanger des données sans perte ni altération de tout ou partie des informations échangées[4], et ce grâce aux formats d'échange tels que l'IFC[5] normée ISO. D'autres formats existent comme CoBie, gbXML, BIMétré, etc. avec des spécificités pour certains métiers.En collaborant grâce à ces formats d'échange, on parle d'« OpenBIM » (BIM ouvert) par opposition au « ClosedBIM » (BIM fermé) où les acteurs échangent les données au moyen d'un format natif et non ouvert à tous les logiciels.

La détection de collision : fonction d'un « viewer » qui permet d'identifier, d'inspecter et de rapporter les interférences entre les objets d'une ou des maquettes numériques.
Un « viewer » quant à lui, est un outil permettant de visualiser les fichiers IFC produits par les différents acteurs du projet de construction avec leurs outils dédiés.

Les objets BIM : un objet BIM est une représentation des produits du bâtiment qui sont préfabriqués à l'usine et installés ou posés sur le chantier et dans le bâtiment[6].
Il existe une différence entre :

- **un objet BIM générique** qui est un objet avec une identité, des représentations 2D et 3D, des propriétés et des contraintes de comportement,
- **un objet BIM réel** qui est un objet BIM générique avec des informations du fabricant.

Le BIM Manager : il gère tous les échanges d'information à intégrer à la maquette numérique. Il aura entre autres la charge de fournir une « charte BIM », expliquant les modalités d'usage de la maquette numérique. À noter qu'une définition précise du rôle du BIM manager est encore sujette à débats au sein de la filière.

QUELQUES POTENTIELS DU BIM[7]

La liste suivante (non exhaustive) regroupe ce que l'on peut faire avec le BIM :

Le BIM et le bâti existant : Les modélisations BIM ne sont pas réservées aux opérations neuves ; grâce à un scanner laser 3D, il est possible de capturer l'existant sous forme de nuage de points (superposable au modèle BIM).

La visualisation : les logiciels BIM permettent de générer des vues 3D consistantes et réalistes pour faciliter la compréhension de la conception et communiquer facilement sur le projet.

La documentation : En plus des documents 2D habituels, les logiciels ont la capacité de générer différents **tableaux** quantitatifs des matériaux, des surfaces, des éléments, etc. tout à fait interactifs avec les objets de la maquette.

Le travail collaboratif : Le BIM offre une possibilité à une équipe pluridisciplinaire de mieux gérer les changements, en opérant sur un même fichier 3D au lieu des copies de plans 2D. Cela permet de réduire les erreurs et omissions et d'améliorer continuellement le projet.

Le BIM et le confort : les outils de simulation permettent d'analyser de manière dynamique l'impact des choix de la conception sur la consommation énergétique. L'architecte peut alors étudier tous les scénarios sans devoir attendre la note de calcul de l'ingénieur thermique.

3. American Institute of Architects
4. Le Moniteur du 21 mars 2014, pp. 25
5. Industry Foundation classes
6. *BIM & maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction*, pp. 457, R.Levy
7. Le Moniteur n° 5756 le point sur le BIM, du 21 mars 2014

LES ENJEUX DE LA THÉMATIQUE

OBJECTIFS SELON LES ACTEURS DE LA CONSTRUCTION

Chaque acteur appréhende l'intégration du BIM par rapport à ses attentes :

La maîtrise d'ouvrage : L'enjeu pour le maître d'ouvrage reste le maintien des objectifs initiaux et la production d'un DOE (Dossier d'Œuvres Exécutés) numérique avec possibilité de rendre accessibles les informations contenues dans la maquette. Il faudra alors « filtrer » les informations selon les usages.

La maîtrise d'œuvre : le but du BIM étant aussi de permettre aux concepteurs d'avoir une approche globale et cohérente de toutes les caractéristiques du projet ; l'enjeu est l'accès à l'information, le partage et la responsabilité de l'information renseignée.

Les entreprises : l'usage de la maquette numérique est plus pertinent dans la planification des exécutions : on parle alors de « 4D » qui ajoute à la « 3D » la dimension de temps. L'enjeu est d'échanger les données saisies par les logiciels CAO avec les logiciels de gestion (interopérabilité CAO-gestion).

Les industriels : les objets BIM qui peuvent servir de catalogue-produit sont l'enjeu principal des industriels : véritable outil de communication et de référence de données performancielles de produits.

CONTEXTE DE L'ENQUÊTE

Un des grands défis de cette enquête était de trouver les opérations réalisées en BIM. Sur ces projets BIM, les projets de niveau 1 ne permettant pas d'observer les interfaces entre acteurs n'ont pas été retenus ; pour cela, il est nécessaire d'enquêter sur des opérations BIM de niveau 2, mais celles-ci sont bien moins nombreuses actuellement.

L'autre défi était de trouver des projets en phase exécution ou réalisés. Cette condition est essentielle pour établir une relation entre la maquette numérique, la collaboration entre acteurs et les non qualités et les bonnes pratiques observables.

Remarque : Cette enquête vise à remonter les bonnes pratiques et les difficultés observées sur des opérations conçues dans un processus BIM. Les retours de l'enquête portent sur les désordres « construction ». Les retours sur les logiciels (difficultés sur des logiciels particuliers, « astuces » dans la modélisation) ne seront que partiellement évoqués.

L'ÉCHANTILLON

AU DÉPART

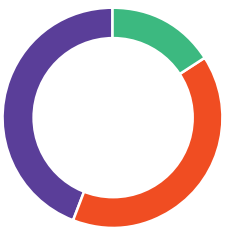
40 opérations « BIM » ont été préalablement recensées. Dans cet échantillon initial, l'ensemble des typologies de bâtiment était représenté : maisons individuelles, logements collectifs, équipements, tertiaire, etc.

La caractérisation de cet échantillon peut se faire comme suit.

SELON L'ÉTAT D'AVANCEMENT

25 % réalisés
30 % en construction
45 % en conception

SELON LE TYPE D'OUVRAGE



16 % petite taille (< 1 000 m²)
40 % taille moyenne (1 000-3 000 m²)
44 % gros projets/
projets spéciaux (> 3 000m²)

CRITÈRES DE SÉLECTION

À partir de cet échantillon initial, certaines de ces opérations n'ont pas été retenues car elles ne nous permettaient pas d'atteindre les objectifs de l'enquête : « observer pour prévenir ». Le choix des critères était :

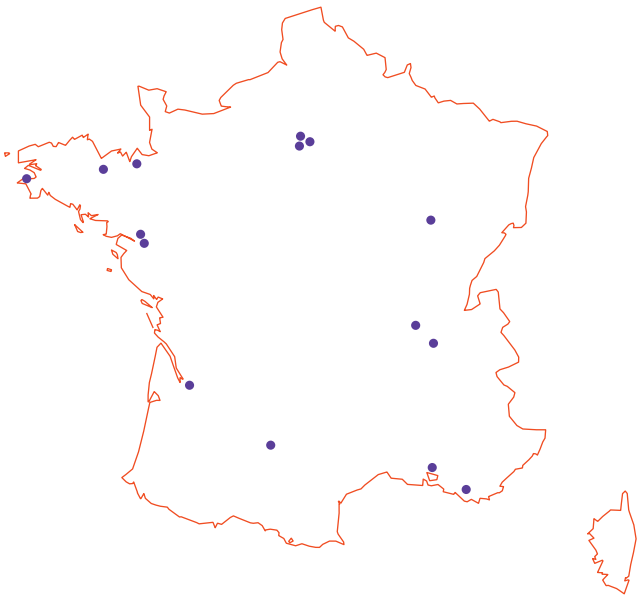
- Retenir des opérations ou **au moins deux 2 acteurs** travaillaient sur la maquette pour pouvoir évaluer l'impact du BIM sur l'organisation entre acteurs
- Des **opérations en cours de réalisations ou réceptionnées** afin de déterminer l'impact du BIM sur des évènements matériels, observables,
- De retenir des **opérations « courantes »** pour que les enseignements soient transposables à l'ensemble de la filière

Sur la base de ces critères, les opérations en phase « conception » (APS, AP, DCE, ...) n'ont pas été retenues puisqu'elles ne permettaient pas de faire des constats observables sur le terrain. De même, les opérations de grande taille ou les projets spéciaux n'ont pas été retenus : la plupart des solutions utilisées sur ces projets étaient spécifiques et n'étaient pas transposables sur des projets communs.

AU FINAL... QUELQUES CHIFFRES

15 OPÉRATIONS VISITÉES | **36** ACTEURS RENCONTRÉS | **107** CONSTATS RECENSÉS

RÉPARTITION DES OPÉRATIONS BIM VISITÉES



12
ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES

Les pages suivantes présentent 12 enseignements principaux sur le sujet du BIM issus de l'analyse et de la synthèse des retours d'expériences observés en 2015 dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats concernés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet.

L'ensemble des 107 constats ont été regroupés par « famille de constats » (groupement de constats similaires) conduisant **à une même leçon**.

I. ÉLABORATION DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE

1. Nécessité de précision et actualisation des données d'entrée numérisées
2. Des objets non modélisés
3. L'évolution du niveau de détail suivant les étapes et les interfaces-ouvrages
4. La détection de collision à améliorer pour être pertinent

II. ORGANISATION DES ACTEURS

5. Difficulté de superposition des maquettes lors de la synthèse
6. La non-sensibilisation des acteurs au processus BIM
7. Retards des modifications
8. Erreurs détectées mais non-corrigées
9. Vérification de la cohérence des données reçues
10. Nécessité d'une charte BIM

III. OUTILS BIM

11. Les objets BIM difficilement manipulables
12. Problèmes d'interopérabilité

✓ bonne pratique ✗ non qualité

1 NÉCESSITÉ DE PRÉCISION ET ACTUALISATION DES DONNÉES D'ENTRÉE NUMÉRISÉES

Panne de la charpente renforçant la charpente. ©AQC-2015

Collision avec les éléments de la ferme existante. ©AQC-2015

Modélisation faite à partir du relevé élaboré avant curage du bâtiment.
©AQC-2015

EXEMPLE D'UNE COLLISION ENTRE PARTIES NEUVES ET PARTIES EXISTANTES

Contexte : Le projet est une rénovation-extension d'un équipement éducatif.

L'existant a été numérisé à base d'un scanner laser 3D.

La maquette a été utilisée par l'architecte et le BES (Bureau d'Études Structure) bois.

Constat : Erreur d'altimétrie de l'existant engendrant une collision entre la panne de renfort et la charpente existante. La panne de renfort a été biseautée.

Origine : Défaut de coordination : informations dans la maquette datant du premier relevé fait avant curage complet du bâtiment.

Impacts : Risque de stabilité de l'élément : perte de résistance mécanique de l'élément.

Bonne pratique : Certains acteurs proposent la réalisation de relevés complémentaires pendant et après curage du bâtiment. Ces informations servent à mettre à jour la maquette avant le lancement des travaux généraux de la rénovation.

ENSEIGNEMENT

La numérisation de l'existant nécessite toujours beaucoup d'attention. Le défi le plus important reste l'intégration des informations nouvelles non identifiées par le premier relevé de géomètre. Sans cette prise en compte, le concepteur est en possession de données d'entrées non fiables, sources potentielles d'erreurs engendrant des désordres.

2 DES OBJETS NON MODÉLISÉS

EXEMPLE D'UNE COLLABORATION PARTIELLE DES ACTEURS

Contexte : L'architecte et l'économiste collaboraient sur la maquette numérique.

Le BET échangeait ses informations en 2D.

Constat : Le radiateur choisi par le BET dépasse la hauteur d'allège prévue.

Origine : Conception : les informations des acteurs échangeant en 2d ne sont pas modélisées.

Impacts : Allongement du délai d'exécution.
Surcoût : coût des travaux de rallongement des tuyauteries et achat d'un nouveau radiateur.

Bonne pratique : Inclure les objets de la bibliothèque des équipements et faire usage de la « détection des collisions temporelles »

Adaptation de la longueur des tuyaux aux dimensions du nouveau radiateur permettant l'ouverture de la fenêtre. ©AQC-2015

AUTRE EXEMPLE DE COLLABORATION PARTIELLE DES ACTEURS

Contexte : La maquette numérique s'échangeait entre l'architecte et l'économiste.

Constat : La descente d'eaux pluviales a été intégrée après la pose de l'isolant en polyuréthane.

Origine : Coordination : la descente d'eau pluviale n'a pas été prévue pendant la conception. Elle n'a donc pas intégrée cette maquette.

Impacts : Défaut de performance enveloppe.

Bonne pratique : Introduire les éléments dans la maquette pouvant avoir un impact fort en terme d'interface.

Descente d'eau pluviale traversant l'ITE. ©AQC-2015

ENSEIGNEMENT

Certains concepteurs travaillant sur la maquette numérique ne modélisent pas les informations et objets reçus en 2D de la part des autres acteurs. Cette modélisation est considérée comme faisant partie du travail d'autrui. Au final, c'est pendant l'exécution que des désordres apparaissent alors qu'ils auraient pu être anticipés pendant la phase de conception si ces objets avaient été modélisés.

Ces constats surviennent dans les cas où il y a une collaboration partielle des acteurs ou lorsque les informations de tous les acteurs ne sont pas modélisées : les uns échangent en 2D, les autres en maquette numérique. L'intégration de tous les acteurs dans le processus BIM n'implique pas l'usage de la maquette numérique par tous : elle implique que les informations en 2D soient modélisées en 3D en cas de besoin. Les intervenants peuvent ainsi confronter leurs actions dans le « même environnement ».

3 L'ÉVOLUTION DU NIVEAU DE DÉTAIL SUIVANT LES ÉTAPES ET LES INTERFACES-OUVRAGES

EXEMPLE DE DÉTAILS NON MODÉLISÉS

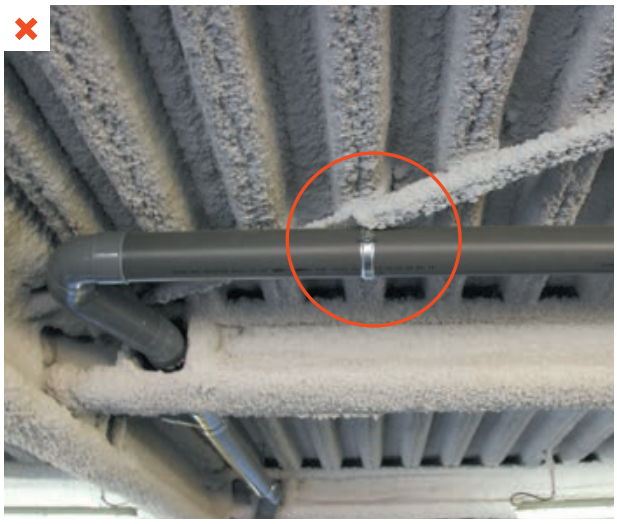
Contexte : Ce projet a fait l'objet d'une mission de synthèse des maquettes architecture, structure et fluides, toutes faites en BIM.

Constat : Le flocage de la structure est enlevé pour le passage des éléments de second œuvre.

Origine : Conception : l'élément « flocage » n'existait pas dans la bibliothèque BIM. Son épaisseur n'a pas été prise en compte lors de la synthèse des maquettes.

Impacts : Non-conformité réglementaire : le degré coupe-feu 2h n'est pas respecté [10].

Bonne pratique : Identifier les éléments devant être intégrés dans la maquette *a minima*. Modéliser les objets manquants et les prendre en considération lors de la synthèse.



Collision entraînant la destruction du flocage du contreventement du plancher haut. ©AQC-2015

AUTRE EXEMPLE DE DÉTAILS NON MODÉLISÉS

Contexte : Rénovation avec des impératifs de gain d'espace et de tenue des délais. Pas d'obligation du BIM de la part de la maîtrise d'ouvrage.

Constat : Les tasseaux du doublage ont été coupés pour laisser passer la gaine de ventilation.

Origine : Défaut de conception : la modélisation des tasseaux n'a pas été faite, dans l'optique de gagner du temps dans la conception.

Impacts : Allongement du délai d'exécution. Risque pour la durabilité de l'élément.

Bonne pratique : Fixer un niveau de détail adapté de la maquette par étape du projet.

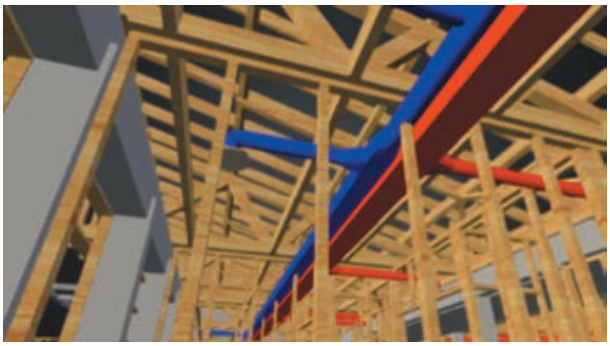
ENSEIGNEMENT

Sur plusieurs opérations, les concepteurs affirment qu'un niveau de détail trop fin est chronophage en phase conception et que ce niveau de précision ne sera pas respecté en phase chantier. Il est donc nécessaire d'identifier les éléments devant être intégrés dans la maquette *a minima*.

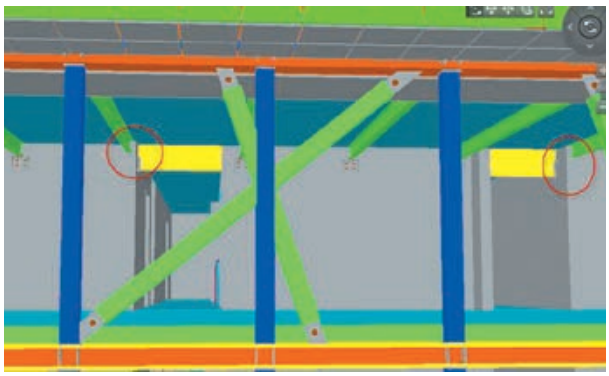
Un niveau de détail trop faible quant à lui, ne permet pas de détecter toutes les collisions majeures, bien que permettant une rapidité de modélisation. Il y a donc lieu de « régler le curseur » du niveau de détail à chaque étape du projet et pour chaque interface ouvrage.

10. Art. 82, Tit.VI : parcs de stationnement, Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation du code de la construction et de l'habitation R111-1

4 LA DÉTECTION DE COLLISION À AMÉLIORER POUR ÊTRE PERTINENT



Cas de collision des réseaux fluides avec la structure. ©AQC-2015



Clash structure - charpente. ©AQC-2015

EXEMPLE DE DÉTECTION DE COLLISION NON PERTINENTE

Contexte : le projet est une rénovation-extension avec une structure béton et des cloisons en ossature bois. L'architecte et le BES ont échangé la maquette tout au long de l'étude.

Constat : 2 000 collisions sont détectées par le détecteur de clashs. Soit c'est un clash simple, soit un clash qui se répète (voir ci-contre). L'information peut paraître surabondante, voire démotivante !

Origine : Conception : maîtrise et paramétrage du détecteur de clash.

Impacts : Allongement du délai de conception : le tri des collisions « réelles » est chronophage. Risque de créer de nouvelles collisions pendant la correction.

Bonne pratique : En cas d'abondance de collision, la détection visuelle de collisions (inspecter la maquette de fond en comble) peut s'avérer très efficace car facile, rapide et percutante : elle permet la détection de collisions majeures.

ENSEIGNEMENT

Les retours d'expériences sur la détection de collision font état d'une méconnaissance de l'outil ou alors d'un manque d'intérêt à cause de son inefficacité face au tri de l'information pertinente. Néanmoins ceux qui l'utilisent s'entendent pour dire que cette fonction reste à améliorer et qu'elle peut apporter beaucoup.

La détection de collision reste un outil très efficace sur la prévention de désordres et la gestion des interfaces. Sur un projet, elle a permis de détecter des interférences entre les platines de la charpente et les supports béton.

5 DIFFICULTÉ DE SUPERPOSITION DES MAQUETTES LORS DE LA SYNTHÈSE

EXEMPLE DE L'EXISTENCE DE PLUSIEURS POINTS DE RÉFÉRENCES

Contexte : Ce cas s'est présenté dans deux opérations ou au moins 6 intervenants travaillaient en BIM.

Constat : La superposition des maquettes est problématique car les points de référence de chaque maquette ne sont pas exactement au même endroit.

Origine : Quand les autres acteurs importent la maquette architecture, celle-ci peut avoir un point zéro décalé par rapport au logiciel de destination. Le dysfonctionnement se remarque aussi dans la phase de synthèse.

Impacts : Allongement du délai de conception : recalage des maquettes. Distances incorrectes entre les divers objets.

Bonne pratique : Créer une charte BIM avec des précisions de coordonnées géolocalisées du repère.

ENSEIGNEMENT

Ce problème a été soulevé sur deux opérations. Dans les 2 cas, l'impact soulevé le plus important reste la gestion des informations erronées. Cette non-qualité existait déjà dans la 2D : les acteurs ne prenant pas le même point de référence se retrouvaient avec des décalages des plans. Dans le BIM, l'effet est amplifié par le fait que l'on est en 3D : les différences de distance peuvent survenir dans les trois dimensions. La solution semble être l'usage des points de topographie (géolocalisation), qui sont détectables automatiquement par les logiciels une fois connectés.

6 LA NON-SENSIBILISATION DES ACTEURS AU PROCESSUS BIM

EXEMPLE OÙ LES MÉTHODES DE TRAVAIL DES ACTEURS NE SONT PAS ADAPTÉES AU PROCESSUS BIM

Contexte : Le projet met en relation une maîtrise d'œuvre utilisant la maquette numérique avec des entreprises qui n'utilisent pas les outils BIM.

Constat : Les entreprises ont été consultées mais tardent à envoyer leurs modifications avant le démarrage des travaux.

Origine : Défaut de coordination : certaines entreprises ne comprennent pas pourquoi elles commenceraient un travail 6 mois avant leur action sur le chantier.

Impacts : Allongement du délai d'exécution : les modifications apportées après le début du chantier engendrent souvent des retards et parfois des désordres.

Bonne pratique : Sensibiliser les entreprises sur le bien-fondé de la communication des modifications en amont du chantier

Remarque : Sans un management efficace des acteurs, les efforts et les avantages du BIM peuvent être compromis par des retards et des modifications sur chantier, donnant lieu à des risques de désordres.

EXEMPLE DE L'ARRÊT DU PROCESSUS BIM PENDANT LA CONCEPTION

Constat : La maquette a été utilisée jusqu'au dépôt de permis de construire, les dessins d'exécution ont été faits en 2D.

Origine : Défaut de coordination : les acteurs étaient volontaires pour expérimenter le BIM qui n'était pas spécifié dans le programme. Ils ont donc cessé de l'utiliser dans la phase exécution et sont revenus à la 2D, plus facile d'usage car habituelle.

Impacts : Intelligence de l'information non exploitée.

Bonne pratique : Impulsion de la part de la maîtrise d'ouvrage.

ENSEIGNEMENT

Il a pu être observé sur le terrain que le processus s'arrêtait lors de la réalisation de l'opération et ce pour diverses raisons : manque d'intérêt ou difficultés rencontrées par les acteurs.

7 RETARDS DES MODIFICATIONS

Réservations des gaines faites après coulage. ©AQC-2015

Saignée dans un mur en béton pour permettre le passage de la chute d'eau pluviale. ©AQC-2015

EXEMPLE DE RÉSERVATIONS OMISES À CAUSE DES RETARDS D'AUTRES ACTEURS

Contexte : Sur ces deux opérations, le BIM a été utilisé par le BES, l'entreprise de charpente, l'architecte et la mission de synthèse des réseaux.

Constat : Les réservations dans les voiles en béton sont faites après coulage du gros-œuvre par carottage.

Origine : Défaut de coordination : certains corps d'état donnent leurs modifications après le démarrage des travaux.

Impacts : Délais d'exécution allongés. Surcoûts

Bonne pratique : échanger le maximum d'informations avant le démarrage des travaux.

ENSEIGNEMENT

Il a parfois été relevé que l'exécution démarrait avant la fin de toutes les modifications par la maîtrise d'œuvre pour éviter les pénalités de retard. Les entreprises préféraient ne pas mettre des réservations et faire un carottage plutôt que de faire une mauvaise réservation.

Pour de meilleurs résultats avec le BIM, il faudra donc envisager de faire la synthèse des maquettes avec les principaux acteurs concernés (Maîtrise d'œuvre + Entreprises) dans la phase de préparation de chantier.

8 ERREURS DÉTECTÉES MAIS NON-CORRIGÉES

EXEMPLE DE MODIFICATIONS DE MONTANTS SANS RÉADAPTATION DES SORTIES DE SECOURS

Contexte : L'entreprise générale et ses sous-traitants échangeaient sur maquette numérique mais pas l'architecte qui échangeait en 2D.

Constat : Impossibilité de passage par l'issue de secours à cause des montants en bois supportant le bardage extérieur.

Origine : La modification du calepinage des éléments de façade a engendré de nouvelles interfaces au niveau des sorties de secours.

Impacts : Non-conformité réglementaire : dimension de passage insuffisant aux regards des normes d'une porte de secours.

Bonne pratique : Évaluer au maximum l'impact des modifications proposées.

ENSEIGNEMENT

Certaines erreurs peuvent être remarquées et notifiées aux acteurs concernés, qui auront la tâche de les traiter. Sur cette opération, le fait que l'architecte ne collabore pas en BIM rend difficile la communication entre tous les acteurs. Les modifications y sont alors plus lentes.

Toutes les malfaçons détectées grâce à la maquette numérique ne seront pas toujours traitées. Le rôle du BIM sera *in fine* de prévenir ces malfaçons mais les éviter dépendra toujours de l'efficacité des acteurs.

Issue de secours condamnée par les montants du bardage. ©AQC-2015

9 VÉRIFICATION DE LA COHÉRENCE DES DONNÉES REÇUES

EXEMPLE D'ERREUR DE SÉMANTIQUE

Contexte : La maquette numérique était utilisée par l'architecte et l'économiste de la construction. Les éléments de la maquette numérique dans le logiciel d'architecte font l'objet d'un référencement qui permet une identification automatique par un logiciel de calcul de devis.

Constat : L'architecte a affecté l'attribut « mur » à l'objet « trottoir » et au moment du calcul de devis, l'économiste obtient des chiffres aberrants.

Origine : Défaut de conception : erreur de renseignement des données dans la transmission.

Impacts : Délai de conception allongé : réexaminer le projet pour trouver l'aberration. Risque de surcoûts.

Bonne pratique : Être rigoureux dans le renseignement des matériaux.

ENSEIGNEMENT

Même s'il est vrai qu'une ressaisie d'informations est chronophage et crée un risque d'erreurs, elle est aussi un moment de vérification, de relecture des informations. Travailler directement avec des informations sans devoir ressaisir peut aussi être un risque de reprendre des erreurs faites par d'autres acteurs et les réutiliser.

Ce constat en est un exemple et il est transposable sur toute autre erreur de renseignement d'objets (ex : un objet « poutre » modélisé avec le matériau « mur »). Une grande rigueur dans le renseignement des informations est donc indispensable pour éviter une systématisation de l'erreur dans le processus.

10 NÉCESSITÉ D'UNE CHARTE BIM

EXEMPLE D'ÉLÉMENTS QUI NE SONT PAS DESSINÉS TELS QUE CONSTRUITS

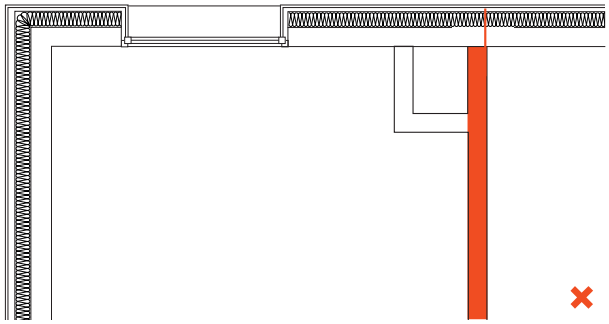
Contexte : Il s'agit d'un « Closed BIM » au sein d'une entreprise générale. L'objectif était l'usage de la maquette par tous les acteurs de la mise en œuvre et production d'un DOE numérique.

Constat : L'architecte n'a pas dissocié la cloison courante de la cloison des gaines techniques. Ce qui pose un problème à l'économiste qui, pour faire le devis, devra remodéliser les cloisons en les dissociant.

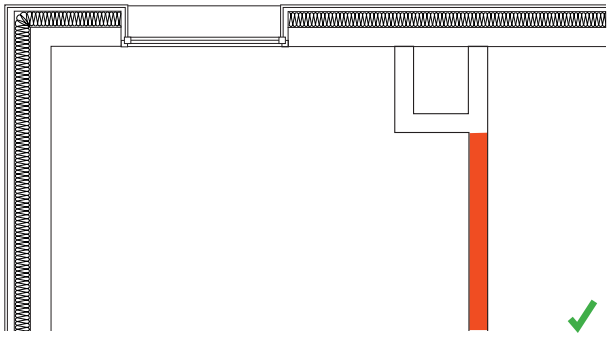
Origine : Défaut de conception : le concepteur n'avait pas pensé à modéliser les cloisons de distribution selon les besoins de l'économiste.

Impacts : Ressaisies des informations par l'économiste de la construction

Bonne pratique : Dissocier les cloisons courantes des cloisons de gaine technique (descente d'eaux, passage de canalisations) dès la conception pour faciliter l'attribution ultérieure des propriétés (acoustique, prix).



Mur non dissocié.



Cloison de chute dissociée de la cloison normale.

ENSEIGNEMENT

Les retours sur l'élaboration montrent que la modélisation est parfois inutilisable par les acteurs intervenant ensuite sur cette maquette.

Ces retours montrent l'intérêt d'établir une charte BIM, de définir qui doit faire, quoi, à quel niveau de détail, quand, en fonction des besoins de chaque acteur.

11 LES OBJETS BIM[11] DIFFICILEMENT MANIPULABLES

EXEMPLE OÙ LES OBJETS NE SUIVENT PAS L'ÉVOLUTION DE L'ÉCHELLE DU PROJET

Contexte : Un projet réalisé en BIM intègre des objets BIM « fabricants » de menuiserie dans sa maquette numérique.

Constat : Le niveau de détail de l'objet BIM « lanterneau » n'est pas homogène avec celui des autres composants de la maquette : En modifiant l'échelle du projet du 1/200e au 1/100e, on remarque que le niveau de détail de l'objet BIM reste au niveau de détail « schématique »

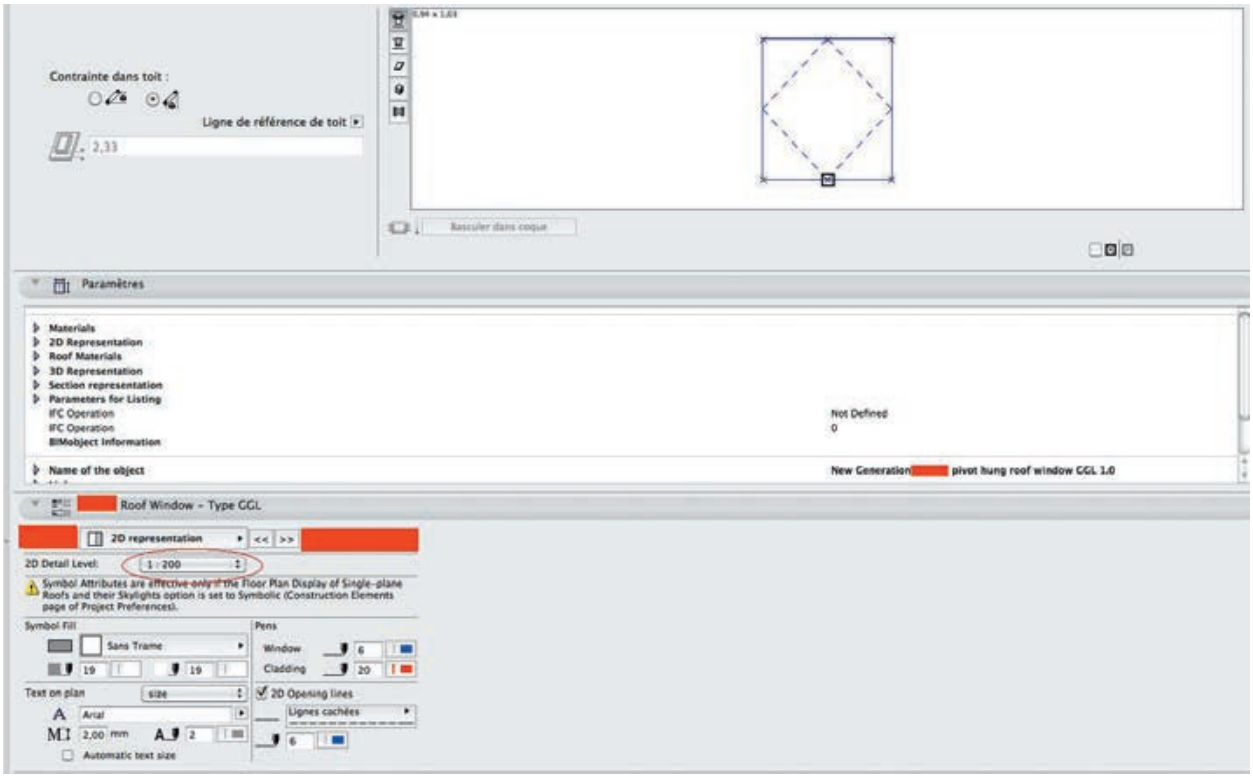
Origine : Défaut de conception de l'objet BIM.

Impacts : Allongement du délai de conception : manipulation manuelle à faire en rentrant dans la palette « propriétés » pour chaque objet.

Bonne pratique : Définir les niveaux de détail de l'objet nécessaires aux différentes échelles.

ENSEIGNEMENT

Les difficultés dans la création des familles d'objets BIM concernent aussi bien les créateurs de bibliothèques personnelles d'objets que ceux des bibliothèques de fabricants.



La palette de l'objet avec le menu déroulant à modifier pour faire évoluer l'échelle de l'objet.

11. Objet BIM ou composant BIM : composants de la maquette qui intègrent des propriétés, des informations et des contraintes spécifiques aux métiers du bâtiment. Source : BIM& MAQUETTE NUMÉRIQUE, pp 457

12 PROBLÈMES D'INTEROPÉRABILITÉ

EXEMPLE DE LA DIFFICULTÉ D'ÉCHANGER

Contexte : Ce constat s'observe sur la plupart des projets dont les acteurs n'ont pas les logiciels d'un même éditeur et qui passent par l'IFC pour partager les données.

Constat : Problèmes de reconnaissance de certains objets de la maquette, qui se présentent comme des volumes sans aucune autre information.

Origine : Inadaptation de certains logiciels à exporter ou à importer l'IFC. Mauvais paramétrage ou paramétrage insuffisant des objets.

Impacts : Allongement du délai de conception du fait de la ressaisie des données. Transfert par DWG et perte de l'interaction de la maquette. Obligation d'utiliser les mêmes logiciels pour éviter l'IFC.

Bonne pratique : Bien définir les paramètres des objets avant l'export en format IFC.

ENSEIGNEMENT

Le problème de reconnaissance de fichiers IFC a été très récurrent dans les retours observés, rapportant un manque d'interopérabilité entre les logiciels. L'impact va au-delà d'un simple problème graphique et peut devenir organisationnel : blocage des échanges et accroissement de la méfiance vis-à-vis du format IFC, en privilégiant le format natif. Cela donne une tendance à vouloir collaborer avec des acteurs ayant les mêmes logiciels.

À noter que les acteurs rencontrés utilisaient les versions IFC version2*2 (2 opérations) et 2*3 (8 opérations). Sur les autres opérations, le format d'échange était soit un format natif (les acteurs travaillaient avec un même logiciel) soit un fichier pdf ou dwg.

CONCLUSION

CONSTATS GÉNÉRAUX SUR LES 15 OPÉRATIONS VISITÉES

RÉPARTITION DES CONSTATS PAR ORIGINE

- **16 %** programmation
- **42 %** conception
- **26 %** coordination
- **10 %** configuration logicielle
- **6 %** autres

RÉPARTITION DES CONSTATS PAR IMPACT

- **25 %** allongement des délais d'éxecution
- **51 %** allongement des délais de conception
- **13 %** coordination
- **11 %** autres

Ces chiffres sont la traduction des constats réalisés sur les quinze opérations. La maquette numérique étant un outil de conception, l'origine de la plupart des non-qualités est liée à la phase conception.

Cela est cohérent du fait que le processus BIM s'est intégré dans la phase de conception, faisant très vite évoluer les méthodes de travail. La courbe de M^{c} Leamy montre que l'effort (induit par l'importance de la quantité de données à traiter) est ramené dans la phase de conception plutôt que dans celle de l'exécution : L'adaptation des pratiques occasionne des non-qualités.

Nous pouvons constater que dans la majorité des cas, les désordres causés donnent lieu à un allongement des délais de conception. Il est important de souligner que dans l'état actuel des choses, le BIM ne fait pas toujours gagner du temps et respecter les délais : ceci peut s'expliquer par le fait qu'on soit au début de l'intégration du BIM dans la chaîne de production du bâtiment.

À PROPOS DES CONSTATS...

Trois types de constats prédominent :

- Collisions non identifiées en phase projet, ou non traitées, qui entraînent des problèmes d'interfaces en phase chantier donc des retards.
- Pour les désordres visibles collectés, ce sont les cas de collision. On peut en déduire que nous en sommes encore au stade d'appropriation des outils et des usages du BIM.
- Les difficultés d'échange entre acteurs engendrent quant à eux des allongements du délai de conception ou des retards dans l'exécution.

Ces impacts pourraient être perçus comme étant en contradiction avec les avantages du BIM (diminution des erreurs, tenue des délais).

La gestion des délais reste un des points clés pour la réussite du projet BIM. Il faut savoir que la maquette doit contenir l'information juste et suffisante, mais encore faudrait-il la renseigner ! Cela demande un temps conséquent de la part de tous ceux qui la renseignent. L'idée est d'éviter une sous-information de la part de ou pour chaque acteur. Cela conduit en effet à une correction par les acteurs du maillon suivant.

Un juste niveau de détail est aussi une condition de réussite du BIM. Le niveau de détail, comme vu dans les enseignements 2 et 3, est à régler selon l'évolution du projet, mais demande un effort particulier à tous les acteurs.

À PROPOS DES POINTS DE VIGILANCE...

Les enseignements tirés de l'enquête sur ces quelques opérations donnent lieu à des réflexions sur les perspectives d'intégration future du processus BIM dans un projet.

En général, les désordres ne sont pas spécifiquement dus à l'usage du BIM mais sont potentiellement maîtrisables ou même évitables par un usage effectif du BIM. Quelques bonnes pratiques sont à privilégier pour éviter ces désordres.

Les constats collectés apparaissent souvent dans les phases d'exécution mais ont généralement une origine qui peut être plus en amont.

Cette enquête a donc permis de relever quelques points de vigilance pour l'amélioration de la qualité de la construction grâce au BIM :

Le renseignement des données dans la maquette : il est constaté des difficultés découlant de données renseignées erronées ou inutilisables par les autres acteurs. Ces données, si elles sont mal renseignées, peuvent engendrer des cas de dysfonctionnements et le processus devient contre-productif.

Le niveau de détail : le niveau de détail à chaque étape peut entraîner des dysfonctionnements : trop précis, il est chronophage ; trop faible, certaines erreurs engendrant des désordres ne sont pas remarquées. Il est donc important de bien régler le curseur du niveau de détail, permettant à la fois la réalisation d'une maquette dans les délais impartis et en même temps permettre la détection des erreurs à corriger.

L'interopérabilité : beaucoup de constats soulèvent des problèmes d'échanges entre logiciels, ce qui entraîne des doutes sur le BIM. Les acteurs se rabattent sur la 2D ou privilégient un éditeur de suite de logiciels compatibles en format natif.

La coordination des acteurs : il a été constaté des non-qualités qui, pour la plupart auraient pu être évitées par une organisation ou par des pratiques des acteurs adéquates au processus BIM.

Les événements présentés sont typiques, ils peuvent ne pas être fréquents ni graves, mais permettent d'étendre la réflexion sur des événements qui peuvent survenir à cause de/grâce à certaines pratiques du BIM.

Une amélioration de la qualité dans le bâtiment grâce au BIM sera organisée autour de ces trois facteurs :

- une optimisation dans l'élaboration de la maquette numérique : maîtrise du processus
- une adaptation des acteurs et de leur coordination : gestion des informations et des acteurs
- une bonne maîtrise des outils numériques : ergonomie dans l'usage des logiciels.

Ces trois facteurs ne sont pas à la pointe, au regard des constats observés, mais s'avèrent être des points incontournables pour permettre au BIM d'impacter sur la qualité de la construction.

LES PISTES À EXPLORER

À l'issue de cette enquête, on remarque malgré quelques difficultés observées de la part des acteurs de la construction un vif intérêt pour le BIM. Plusieurs points observés portent à croire à une efficacité du BIM dans la construction :

1. Dans certains projets, la maîtrise d'œuvre a organisé des concertations avec les futurs usagers pour intégrer leurs besoins et avoir leur avis. Cela laisse entrevoir une évolution des relations maîtrise d'œuvres usager, permettant une meilleure appropriation des projets.

2. Durant la construction, de plus en plus de sujets techniques sont évoqués en amont : avec l'interactivité des objets de la maquette, les concepteurs peuvent envisager des niveaux de complexité de projet et accepter plus facilement les modifications.

3. La détection de collision, quoique perfectible, reste un moyen efficace pour déceler des interférences et ainsi éviter des erreurs pendant l'exécution. Avec l'avancée technologique, cette option pourra même être utilisée pour d'autres fonctions telles que le phasage des tâches, l'espace utile de pose,....

LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COllecte des DÉSordres (Sycodés).
Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.
En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants aux plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site Internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en oeuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en oeuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA) ...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, Fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

La Commission Prévention Construction(CPC) s'est fixé comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site Internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction, la newsletter de l'AQC, la lettre Veille Pathologie destinée aux experts et aux contrôleurs techniques, les journées destinées aux formateurs, la présence active sur des salons comme BATIMAT, sont l'illustration dynamique de **la volonté** permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

réalisé avec le soutien financier de :

2016 - Conception graphique : Comme un Arbre ! - Photo de couverture : Fotolia

ISBN : 978-2-35443-564-6 9782354435646