



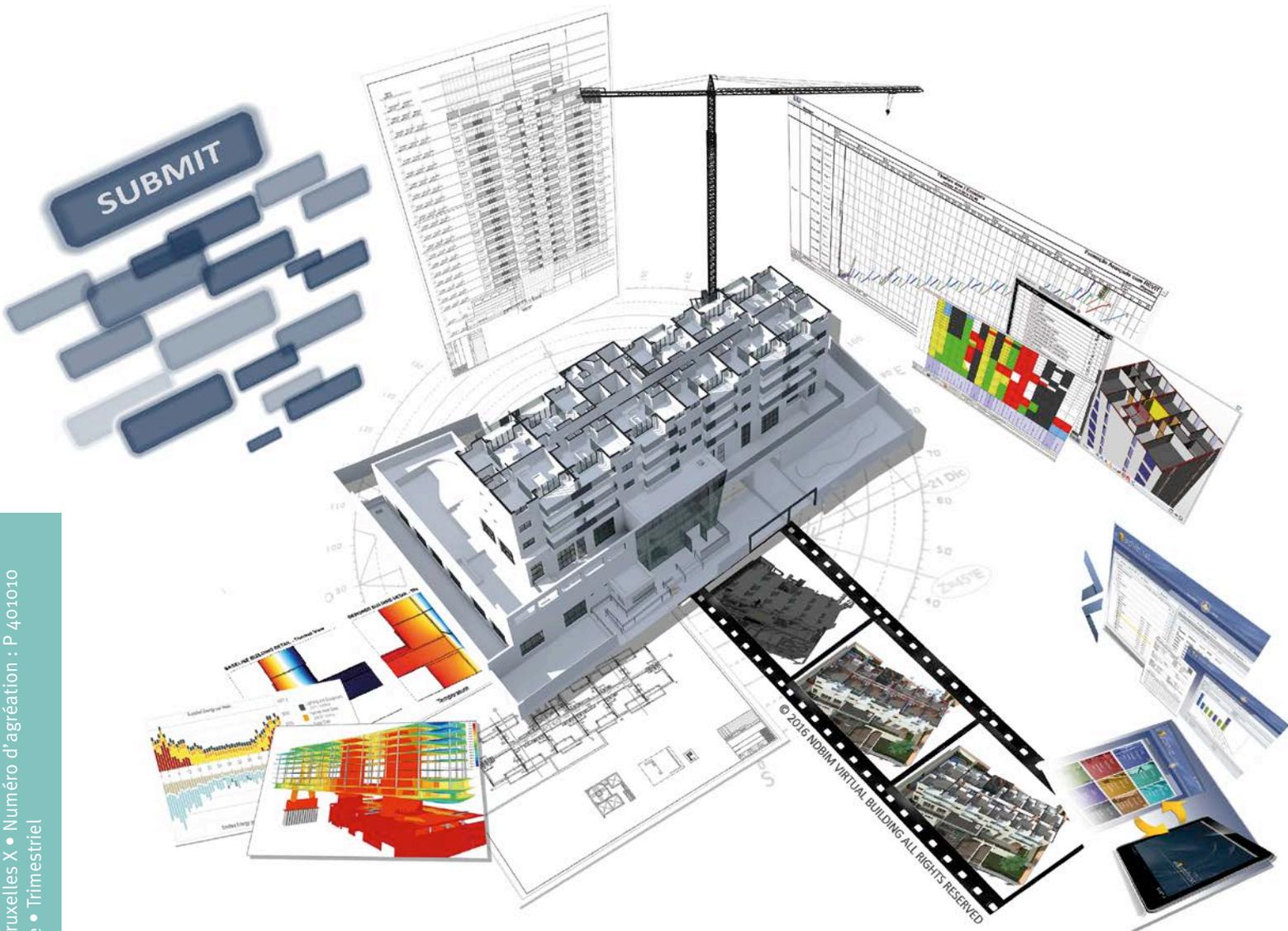
# Contact

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

2017/1

Edition spéciale

**Le numérique pour tous !**



# Sommaire

2017/1

La révolution industrielle 4.0 : des technologies numériques  
au service de nos métiers ..... 3

## L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS

Les TIC au service de l'entrepreneur ..... 4

Un regard éclairant sur le BIM ..... 5

## PROCESSUS CONSTRUCTION

Les processus de construction ..... 11

## LES ENJEUX

Le numérique : ne tardez pas à l'adopter ..... 12

## LES OUTILS EXISTANTS

Le point sur quelques outils existants sur Internet ..... 14

Quelques outils disponibles sur le site Internet du CSTC ..... 16

## L'ÈRE NUMÉRIQUE

Industrie 4.0 : la parole aux experts ..... 18

## OFFRE DE PRIX + COMMANDE

Etablir une offre grâce aux sites marchands ..... 20

Des solutions informatiques pour calculer le prix de revient ..... 21

Le BIM pour l'offre de prix et la commande ..... 22

## PRÉPARATION + ACHATS

Les achats simplifiés grâce au numérique ..... 24

La planification informatisée pour organiser mieux ses activités ..... 25

Le BIM pour la préparation de chantier et les achats ..... 26

## EXECUTION + FIN DE CHANTIER

Track-and-trace et enregistrement du temps ..... 28

Des outils numériques pour faciliter le suivi des chantiers ..... 29

Le BIM pour l'exécution et la fin de chantier ..... 30

## LE BIM POUR TOUS

Le Comité technique BIM & ICT à la manœuvre ..... 32

Ont participé à la réalisation de cette édition spéciale : M. Bogaerts,  
B. Coemans, N. Cordemans, C. Euben, B. Ingelaere, L. Lassoie,  
S. Mostmans, D. Pirlot, F. Suain et O. Vandooren.

# La révolution industrielle 4.0 :

## des technologies numériques au service de nos métiers

La **révolution industrielle 4.0** s'appuie sur une nouvelle façon d'organiser la production. Les technologies interconnectées et l'Internet des objets sont au cœur de ce bouleversement. La technologie se met ainsi plus que jamais au service de nos métiers. Nous devons donc nous y intéresser, mais cet enthousiasme ne doit pas occulter la nécessité d'encadrer les avancées technologiques. C'est précisément le rôle du Comité technique BIM & ICT.

BIM signifie *Building Information Model* et ICT *Information and Communication Technologies*. Le premier repose sur une modélisation numérique du bâtiment, non plus composée de lignes mais d'objets numériques, reflet des matériaux et des systèmes qui seront mis en œuvre sur le chantier réel. On peut ainsi avoir une image fidèle de ce que sera la réalité en phase d'exécution. Quant à l'acronyme ICT, il couvre l'ensemble des technologies servant à l'échange d'informations. Tant le BIM que l'ICT concernent donc ce qui se trouve au cœur de la 4<sup>e</sup> révolution industrielle : **le partage de l'information**. Celui-ci doit permettre d'éviter les saisies multiples, sources d'erreurs et d'inefficacité, afin de mieux anticiper et de mieux planifier pour ne plus avoir de surprises sur chantier. Et demain, c'est avec les robots, les drones ou l'imprimante 3D que nous pourrons communiquer grâce au numérique. Car l'industrie 4.0, c'est aussi cela : **une constellation d'outils au service de ceux qui conçoivent, fabriquent, gèrent, construisent ou rénovent**. Fini le temps où l'innovation dans notre secteur pouvait être perçue comme silencieuse.

Pour le CSTC, il s'agit d'un défi, mais aussi d'une opportunité. Les recommandations formulées dans les Notes d'information technique pourront en effet être mises à la disposition des utilisateurs au sein même de la maquette numérique. Imaginez un programme qui vous préviendrait que la composition d'une paroi n'est pas conforme aux recommandations ou que les délais d'exécution préconisés ne permettent pas un séchage satisfaisant d'une chape destinée à recevoir un parquet.

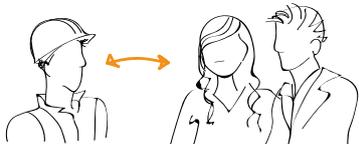
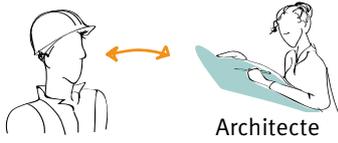
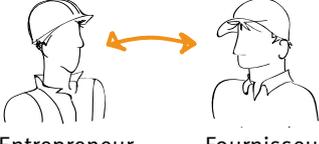
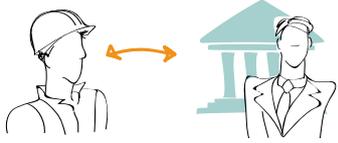
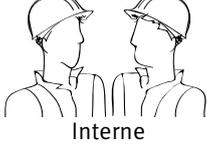
Le CSTC est au service de tout le secteur pour améliorer la compétitivité et la qualité. Telle est aussi la finalité de la révolution industrielle 4.0. Nous souhaitons donc continuer à jouer pleinement notre rôle de moteur, afin que tous évoluent de concert. **Il existe un BIM et des outils numériques à la mesure de chacun**, pour les grandes entreprises comme pour les artisans.

Ce CSTC-Contact a pour objectif de vous en convaincre et de vous inciter à franchir le cap, car il y va de votre avenir.

# L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS

Un échange d'informations efficace est essentiel au bon fonctionnement d'une entreprise et à la gestion du processus constructif. Les TIC, autrement dit les technologies de l'information et de la communication, offrent de plus en plus de possibilités pour communiquer efficacement avec les différents intervenants. Le tableau ci-dessous livre un aperçu des divers modes de communication.

## Les TIC au service de l'entrepreneur

Qui ?	Quoi ?	Comment ?
 <p>Entrepreneur      Client</p>	Offres, planning...	Site Internet, e-mail, extranet, portail de projet, service de stockage et de partage de documents, <i>e-marketing</i> , e-facturation, paiement électronique, bon de travail électronique, réalité augmentée, logiciels de calcul de prix...
 <p>Entrepreneur      Architecte Sous-traitant</p>	Plans, métrés, cahiers des charges, fiches techniques...	Site Internet, e-mail, portail de projet, service de stockage et de partage de documents, application web, solution de planification et de suivi de chantier...
 <p>Entrepreneur      Fournisseur</p>	Informations technico-commerciales, commandes...	Site Internet des fournisseurs, e-mail, extranet, sites marchands, e-commerce, e-facturation, application web...
 <p>Entrepreneur      Pouvoirs publics</p>	Déclarations d'impôts, Dimona, informations sur les câbles et les conduites, registre des heures prestées...	<i>E-procurement</i> (gestion électronique des adjudications), <i>e-notification</i> (publication en ligne des marchés publics), <i>e-government</i> ...
 <p>Entrepreneur      Editeur d'informations</p>	Informations techniques, juridiques, financières...	Site Internet, extranet, e-mail, lettre d'information électronique...
 <p>Interne</p>	Informations relatives à l'intervention, au chantier...	Logiciel de gestion, intranet, e-mail, agenda partagé, géolocalisation ( <i>track-and-trace</i> ), logiciel de planning...
 <p>Entrepreneur – Objets connectés</p>	Implantation, température, taux d'humidité, acoustique, pression, dimensions...	<i>Smart Buiding</i> , <i>Smart Cities</i> , engins connectés, matériaux connectés...

Le BIM est une nouvelle manière de travailler qui connaît un succès croissant tant sur le plan national qu'international. Ainsi, de plus en plus de grandes, mais aussi de petites entreprises appliquent le BIM pour leurs projets de construction. Mais qu'est-ce que le BIM en réalité ? Nous tenterons ici de répondre à cette question.

## Un regard éclairant sur le BIM

Les entreprises de construction subissent de plus en plus de contraintes dans la réalisation de leurs projets : les délais d'exécution sont de plus en plus courts, la qualité doit être améliorée en permanence et les budgets sont bien souvent restreints. Il arrive en outre que les travaux ne se déroulent pas comme prévu. Ceci est généralement dû à un processus très fragmenté, à des problèmes de communication entre intervenants et à un degré de technicité croissant. Cette problématique peut être résolue grâce au BIM. Celui-ci permet en effet une meilleure organisation du processus de construction et une collaboration basée sur l'utilisation de maquettes numériques qui peuvent être échangées entre les partenaires.

### 1 Qu'est-ce que le BIM ?

#### 1.1 Que signifie BIM ?

BIM signifie habituellement **Building Information Modelling** (c'est-à-dire la réalisation de maquettes numé-

riques) ou **Building Information Model** (la maquette numérique elle-même). Cette maquette numérique, qui est la représentation virtuelle d'un ouvrage, intègre des vues géométriques ainsi que diverses informations. Elle est constituée d'objets (fenêtres, toiture, murs) auxquels sont associés des informations concernant notamment leurs caractéristiques techniques et leurs relations avec d'autres objets.

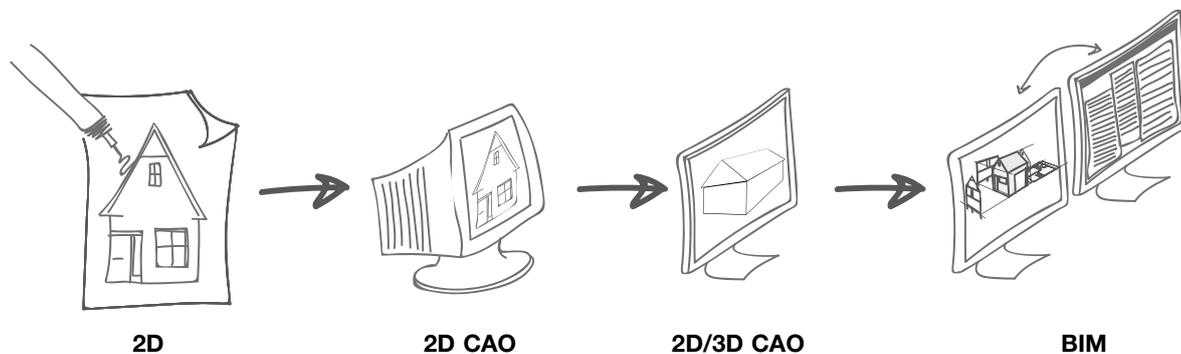
Outre les deux significations précitées, l'acronyme BIM renvoie de plus en plus souvent au **Building Information Management**, autrement dit à la gestion et à l'échange d'informations.

#### 1.2 En quoi consiste le BIM ?

On le voit d'emblée, il n'existe pas de définition univoque du BIM : chacun comprend ce concept à sa manière, en fonction des possibilités et des avantages que celui-ci a à lui offrir. Ainsi, pour certains, le BIM servira exclusivement à réaliser des maquettes de

bâtiments 3D dans le but de produire des plans ou de calculer des quantités de matériaux. D'autres y verront l'opportunité d'anticiper les erreurs et d'y remédier directement sur ordinateur et non plus sur chantier. Pour d'autres encore, le BIM ne représentera rien de plus qu'un logiciel permettant de réaliser des maquettes numériques. Bien qu'aucun de ces points de vue ne soit faux en soi, ils ne tiennent compte que d'un seul aspect du BIM.

Le BIM, c'est bien plus que ça. Il s'agit en effet d'une méthode qui permet d'échanger des données entre les différentes parties impliquées dans un projet de construction. Cet échange se fait en organisant le processus de façon structurée, mais aussi en réalisant et en partageant des maquettes numériques entre partenaires. Celles-ci pourront être utilisées pour extraire diverses informations. L'ensemble permettra de concevoir le projet, mais aussi de préparer l'exécution, qui peut se faire de façon virtuelle, avant d'entamer la phase d'exécution réelle.

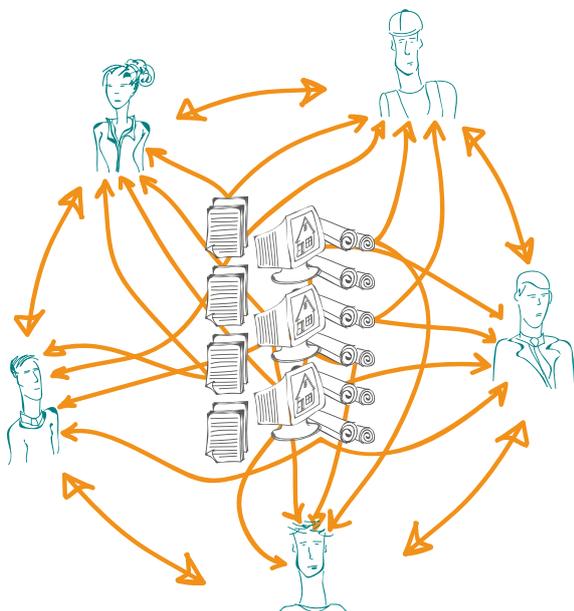


1 | Evolution du processus de construction vers le BIM.

# L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS

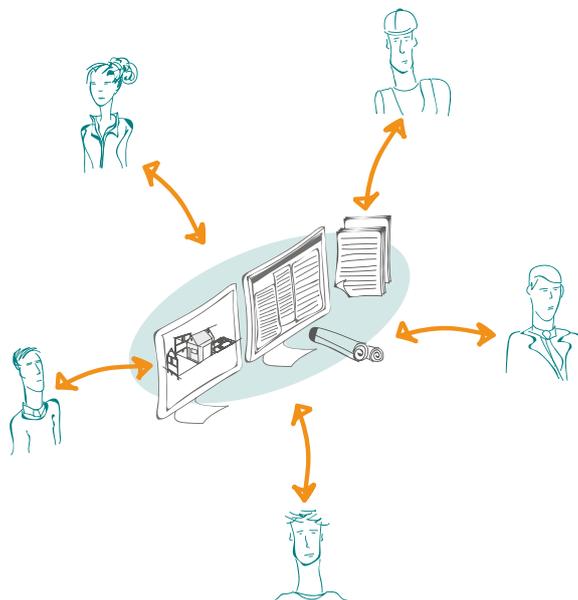
## PROCESSUS DE CONSTRUCTION TRADITIONNEL

La même information est reproduite sept fois en moyenne



## APPROCHE BIM

L'information est partagée efficacement et sans reproduction entre les intervenants



2 | L'échange d'informations selon le processus de construction traditionnel et selon le BIM : plus d'efficacité, moins de risques d'erreur.

### 1.3 Objectif du BIM

Le BIM est considéré comme une manière de mener à bien des projets (en anticipant les difficultés souvent rencontrées en phase d'exécution), une méthode où l'échange d'informations occupe une place centrale. Le BIM n'est donc pas un objectif en soi, mais une méthode de travail collaborative et efficace nécessitant l'engagement de tous les acteurs.

## 2 Caractéristiques du BIM

A défaut d'une définition univoque, le BIM peut être décrit au moyen de certaines caractéristiques fonctionnelles. Nous aborderons quelques-unes d'entre elles dans les pages qui

suivent : collaboration, échange d'informations et utilisation de maquettes numériques.

### 2.1 Collaboration et échange d'informations

La collaboration et l'échange d'informations sont l'essence même du BIM. Elles nécessitent toutefois que les parties adoptent certaines conventions et qu'elles expriment toutes la volonté de travailler ensemble.

Ainsi, le processus de collaboration doit être bien décrit et structuré. Il convient notamment de désigner qui sera responsable de la transmission des informations (maquettes, documents, données relatives aux produits...), à

quel moment et sous quelles modalités (dénomination des documents et des maquettes, caractéristiques des objets à mentionner sur la maquette, le niveau de détail de ces informations...).

La communication doit, elle aussi, être plus structurée. Dans un projet BIM, il est en effet crucial que les remarques soient formulées clairement et qu'elles soient scrupuleusement observées par toutes les parties concernées. Ces remarques, compilées dans un rapport de chantier, concernent notamment certaines tâches, dont la gestion sera centralisée et dont la réalisation peut être attribuée à la personne ou au partenaire concerné. En procédant de la sorte, tous les intervenants bénéficient d'une vue d'ensemble précise du projet et peuvent se tenir informés de son état d'avancement.

Les objets composant la maquette numérique sont l'image virtuelle fidèle des matériaux et produits qui seront mis en œuvre sur le chantier.

## Les maquettes numériques permettent de détecter et de traiter sur écran des erreurs qui auraient pu être rencontrées sur chantier.

Afin de garantir un échange d'informations efficace, il est préférable d'utiliser un serveur centralisé accessible à toutes les parties. L'ensemble des informations relatives à un projet peuvent ainsi être rassemblées et partagées via ce serveur de manière à ce que tous les acteurs disposent en permanence des documents mis à jour. Ceci permet d'éviter le manque de clarté ou les incohérences dus à la coexistence de versions multiples (voir figure 2 à la page précédente).

### 2.2 Utilisation de maquettes numériques

L'utilisation de maquettes numériques permet de préparer le projet de construction et de faciliter certaines décisions. Bien réalisées, ces maquettes offrent de nombreux avantages.

#### 2.2.1 Des informations claires, structurées et précises

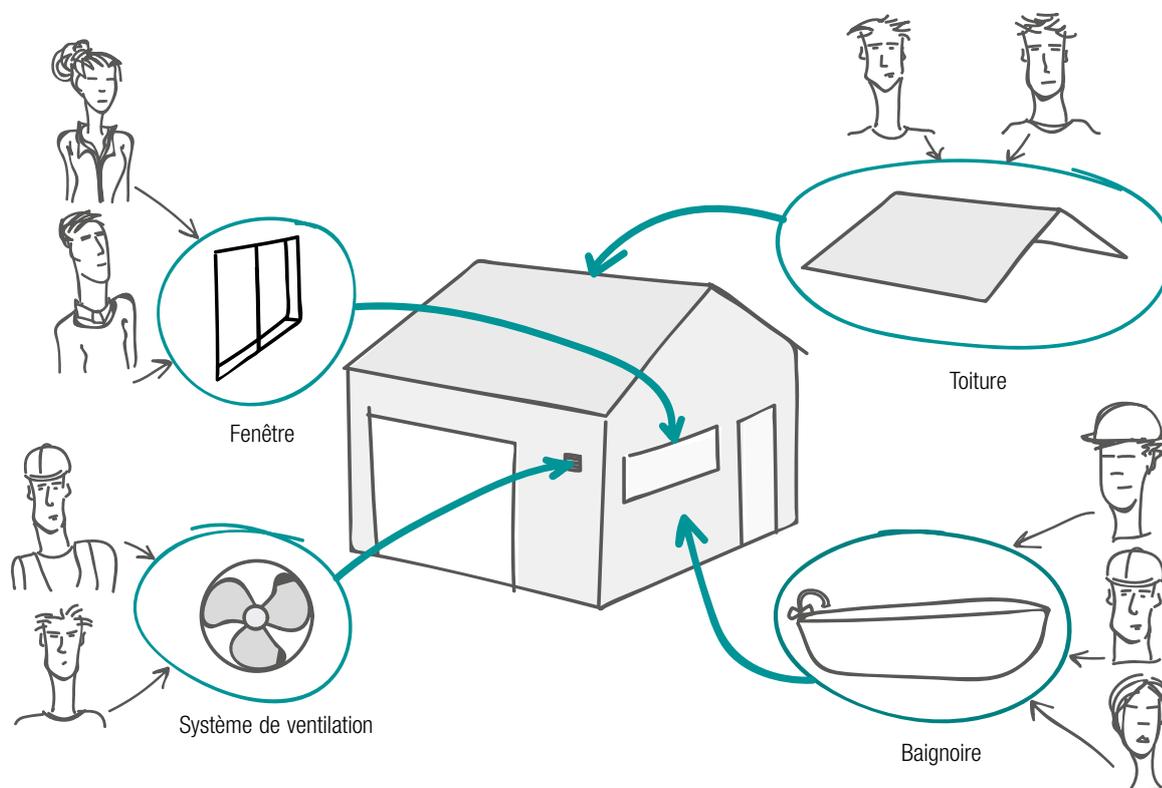
Alors qu'un système de CAO (conception assistée par ordinateur) traditionnel ne permet de représenter un objet donné qu'à l'aide de lignes et de hachures, le BIM est basé sur l'utilisation d'objets (fenêtres, portes, radiateurs, tables, chaises...) définis d'une manière univoque et correspondant à un élément précis du bâtiment (voir figure 3).

Chacun de ces objets est associé à un certain nombre d'informations d'ordre constructif (composition, matériaux...), géométrique (hauteur, longueur, largeur, épaisseur, surface, volume...) et alphanumérique (nom, numéro, code du produit, renvoi vers une fiche technique, caractéristiques performantielles...).

Ces objets disposent en outre d'indications relatives à la façon dont ils doivent être assemblés et à leurs relations avec d'autres éléments constructifs (parois d'un local, jonctions entre la toiture et un mur...).

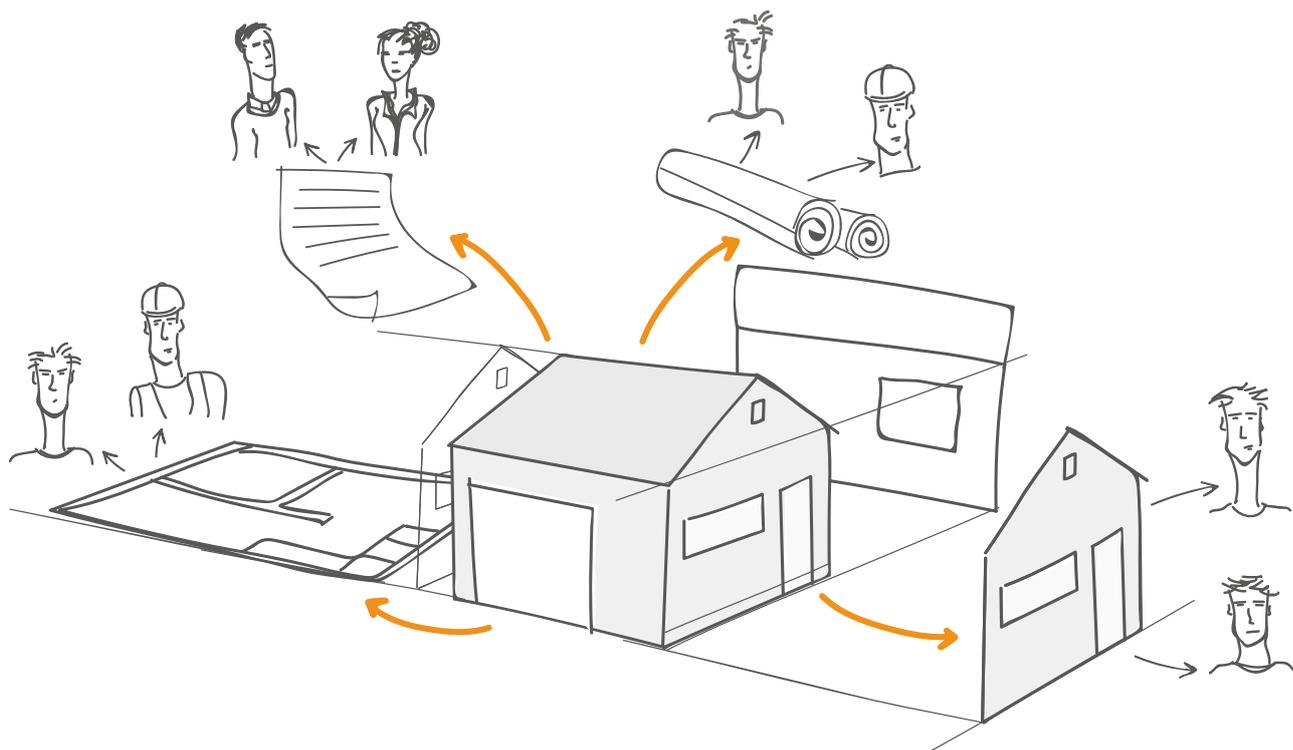
#### 2.2.2 Extraction d'informations

De nombreuses informations peuvent être obtenues à partir des maquettes numériques (voir figure 4 à la page suivante) : plans, coupes, images en perspective, rendus photoréalistes, listes des pièces constitutives de certains éléments, listes reprenant la surface des différents locaux, tableaux de contrôle, quantités à utiliser pour l'élaboration d'un métré, codifications renvoyant au cahier des charges...

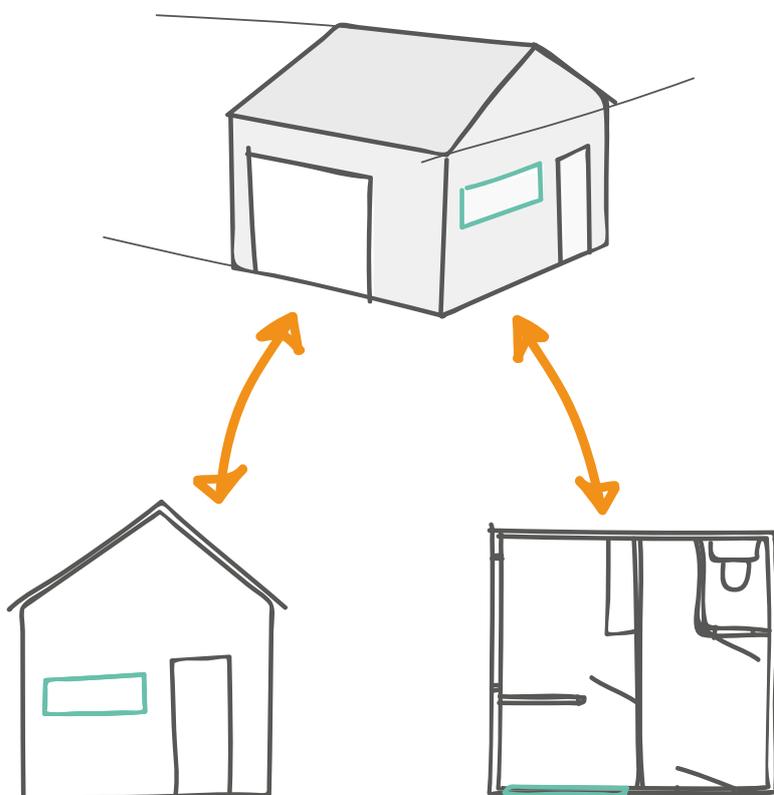


3 | Les maquettes numériques sont réalisées à partir d'objets enrichis par diverses informations introduites par les acteurs concernés (architecte, entrepreneur, fabricant...) au fur et à mesure de leur développement.

## L'ÉCHANGE D'INFORMATIONS



- 4 | De nombreuses informations peuvent être obtenues à partir d'une maquette numérique. Chacun peut y trouver l'information répondant à ses besoins.



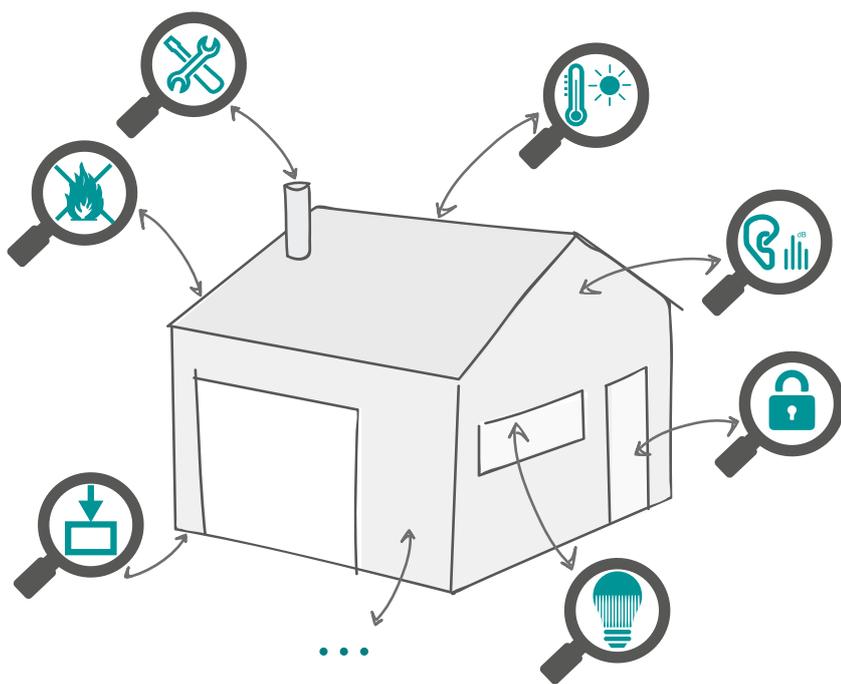
- 5 | Dans une maquette numérique, toutes les vues (de face, en plan, en coupe) concordent en permanence. Toute modification apportée à un objet est directement répercutée sur l'ensemble de la maquette.

### 2.2.3 Concordance entre les informations extraites

A l'inverse d'un système de CAO traditionnel, un logiciel BIM garantit une parfaite concordance entre les informations extraites (voir figure 5). Toute modification apportée à un objet est en effet directement répercuté sur l'ensemble de la maquette et, par conséquent, sur toutes les autres représentations. Si une colonne en béton armé est déplacée dans une vue en plan, par exemple, elle le sera également dans les représentations en coupe et en 3D. De même, si une fenêtre est supprimée, elle disparaîtra de toutes les représentations.

### 2.2.4 Détection des erreurs (clash detection)

Un autre avantage qu'offre l'utilisation de maquettes numériques repose sur la détection des erreurs (*clash detection*). La comparaison des maquettes 3D permet de repérer d'éventuels problèmes, tels que des objets qui se chevauchent, s'entrecroisent ou apparaissent en double. Il est dès lors possible de résoudre ces conflits – bien souvent



6 | Divers calculs et simulations peuvent être effectués à partir d'une maquette numérique pour contrôler et valider le choix opéré au regard des règles de l'art ou des obligations réglementaires d'application pour la phase d'exécution ou la phase d'utilisation.

à l'origine de frais supplémentaires ou de 'coûts de malfaçon' – avant même d'entamer la phase de construction.

Il convient également de souligner que le logiciel ne fait rien de plus que détecter les problèmes éventuels. La résolution de ces derniers revient donc toujours au professionnel de la construction.

### 2.2.5 Simulations et calculs

Les informations figurant dans les maquettes numériques (matériaux, dimensions et propriétés) peuvent également être utilisées afin d'effectuer

des simulations selon divers scénarios (analyse de la lumière du jour, analyse acoustique, consommation énergétique; voir figure 6).

### 2.2.6 Contrôle de la qualité

Grâce à ces maquettes numériques, il est non seulement possible de détecter les erreurs, mais également de contrôler la qualité. Ainsi, certains logiciels de contrôle (*model checker*) permettent de déterminer, sur la base de règles établies (accessibilité, sécurité incendie...), si l'ouvrage modélisé répond aux spécifications, si les surfaces néces-

saires sont reprises dans le projet et si les dispositions constructives sont respectées.

Comme pour la détection des erreurs, ces logiciels de contrôle pointent les problèmes, mais il incombe toujours aux professionnels de les interpréter et de proposer d'éventuelles adaptations.

## 3 'Open BIM'

Pour créer des maquettes numériques, les entreprises de construction utilisent bien souvent des logiciels BIM. Certains d'entre eux ne parviennent toutefois pas à lire ou à adapter les formats provenant d'autres logiciels. C'est pour résoudre ce problème qu'ont été créés des formats de fichiers ouverts tels que les *Industry Foundation Classes* ou IFC. Ce standard ouvert est supporté par tous les logiciels BIM courants et a pour fonction de traduire les modèles d'un logiciel à l'autre. Grâce à l'Open BIM, les acteurs peuvent choisir le logiciel avec lequel ils souhaitent travailler sans craindre de perdre des données durant les échanges d'informations.

Il va évidemment de soi que les partenaires qui travaillent avec le même logiciel peuvent échanger les maquettes sans recourir à des standards ouverts.

L'Open BIM peut également s'avérer très utile au moment de la réception : les données sont en effet accessibles à tous, même si l'on ne dispose pas (ou plus) de la licence pour le logiciel initial.

## 4 Conclusion

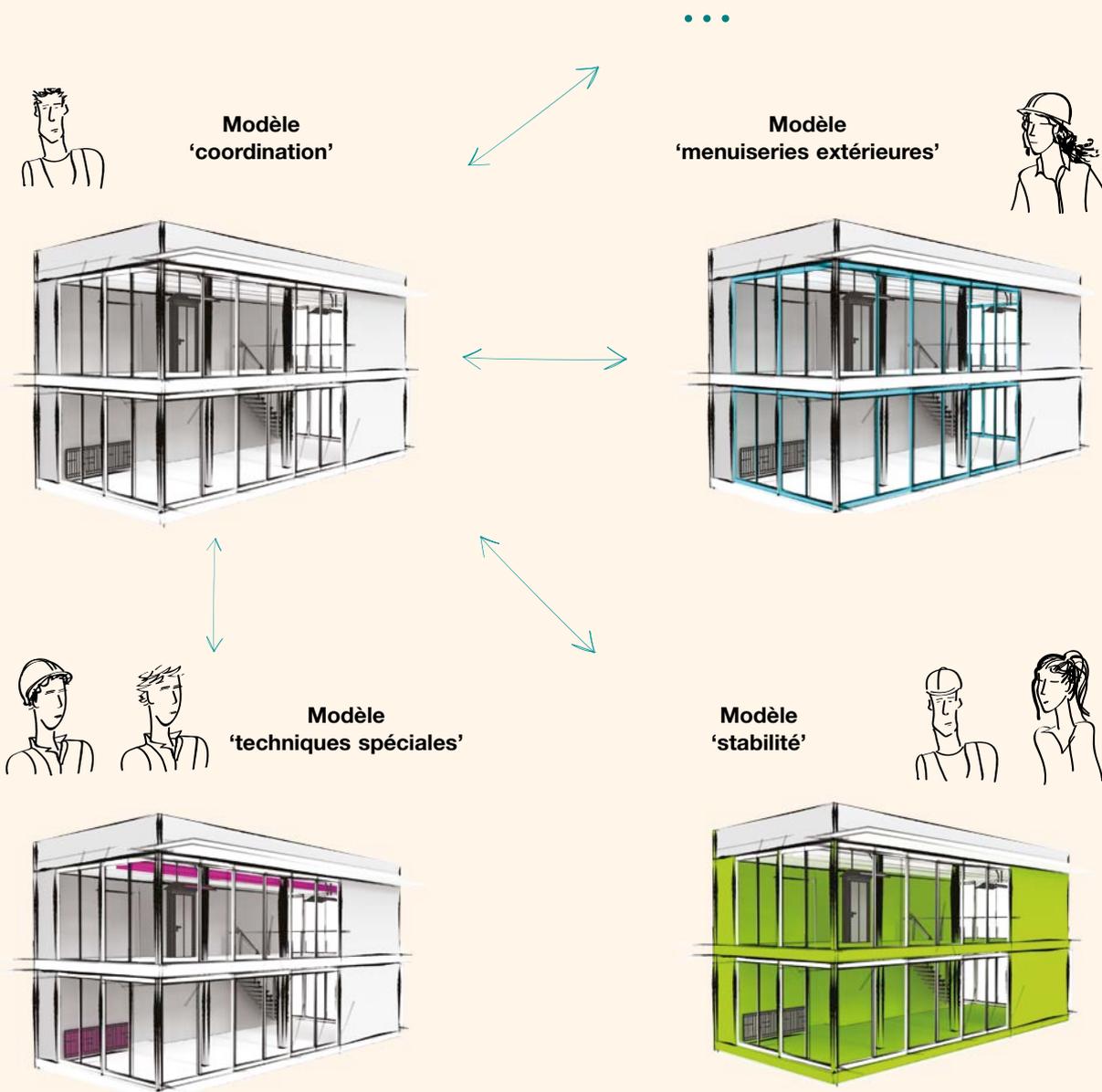
Bien qu'il n'existe pas de définition univoque du BIM, il est admis que le processus BIM s'appuie sur une méthode structurée permettant d'organiser des projets de construction et d'améliorer la collaboration entre les acteurs. Pour ce faire, le BIM repose sur l'utilisation de maquettes numériques permettant aux intervenants d'échanger des informations. Il est ainsi possible de contrôler les performances et la qualité de la conception, de préparer les phases de construction, de suivre l'évolution des travaux et d'assurer la gestion du bâtiment après la réception. |

### Exemples de problèmes pouvant être anticipés grâce au BIM

- **chevauchement** d'une conduite de ventilation et d'une poutre en béton
- **dépassement** d'une conduite sous un plafond suspendu
- **obstruction** d'une baie de porte par une poutre ou une colonne
- **désaffleurement** entre la dernière marche d'un escalier en béton préfabriqué et le revêtement du palier
- **non-correspondance** entre une trémie et l'escalier qui doit s'y intégrer.

## La maquette numérique déclinée en vues 'métiers'

Voici quelques déclinaisons de la maquette numérique avec vues spécifiques répondant aux besoins des différents métiers (visualisation de l'information au moyen de codes couleurs spécifiques). Chacun des métiers peut extraire et exploiter les informations nécessaires à la bonne réalisation de son travail.



Plusieurs modèles sont généralement réalisés dans le cadre d'un projet BIM, chacun représentant une partie de l'ouvrage. Ces modèles (relatifs à une discipline) sont souvent issus des différents bureaux d'étude : architecture, stabilité et techniques spéciales. Ils peuvent encore être subdivisés sur la base de l'aspect (et dérivent alors souvent du modèle relatif à la discipline 'architecture'). Il convient de veiller à ce que ces modèles concordent toujours bien les uns avec les autres. Ainsi, l'ingénieur en structure réalise le modèle lié à la structure de l'ouvrage, lequel doit être compatible avec le modèle architectural. Ces modèles sont coordonnés en les regroupant dans un environnement de contrôle (modèle 'coordination') et en vérifiant leur cohérence, le bon positionnement des éléments et l'absence d'erreurs.

L'organisation d'un projet ou d'un chantier peut être scindée en plusieurs processus correspondant aux différentes étapes d'un chantier. On distingue ainsi l'offre de prix, la commande du client, la préparation du chantier, l'achat des matériaux, l'exécution et la fin de chantier.

## Les processus de construction

Dans les pages 20 à 31, nous traitons ces processus deux à deux, mais, d'une façon générale, chaque processus est lié au suivant.

Lorsque le client signe l'**offre de prix** ou le contrat pour accord, sa **commande** devient effective. Lors de ce processus particulier, il y a lieu de vérifier si la commande correspond bien à l'offre. C'est seulement alors qu'on peut procéder à la **préparation** du projet, en récupérant les informations reçues lors de l'offre de prix et de la commande. L'étude du dossier permet de choisir la méthode d'exécution et les techniques à utiliser afin de rentabiliser au mieux le chantier. On sélectionne ensuite les fournisseurs et les sous-traitants, lors du processus des **achats**. Viennent enfin l'**exécution**, qui doit se faire conformément aux documents contractuels, et la **fin de chantier**, durant laquelle les travaux sont réceptionnés et la facture est envoyée.

C'est également le moment d'analyser le projet, afin d'améliorer le fonctionnement de l'entreprise en identifiant les points forts et les points faibles qui ont marqué le chantier.

Le succès d'un projet dépend en outre des ressources mises à disposition : personnel, compétences, responsabilités... A cet égard, les outils numériques s'avèreront essentiels pour faciliter le déroulement des différents processus. Des **solutions informatiques** existent en effet pour presque toutes les tâches. Nous vous en présentons quelques-unes dans les pages suivantes, mais il en existe bien d'autres encore (\*).

Nous vous proposons également un aperçu des **coûts** de ces applications. L'exercice n'est toutefois pas aisé, car le coût annuel par utilisateur dépend de très nombreux facteurs. Les prix sont donc donnés à titre purement indicatif. Ils vous permettront néanmoins de vous

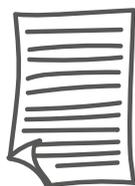
faire une première idée de l'investissement nécessaire. Il convient toutefois de souligner qu'en règle générale, cet investissement est largement compensé par un gain de productivité.

Nous verrons, par ailleurs, comment la **maquette numérique BIM** peut soutenir l'entreprise dans chaque processus. Même si les applications actuelles sont avant tout destinées aux entreprises générales, les plus petites entreprises devraient d'ici peu disposer d'outils spécifiques à leur domaine d'activité. Nous terminerons par quelques exemples des nombreuses fonctionnalités qu'offre le **BIM**.

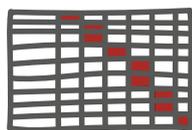
En structurant mieux ses processus et en s'aidant, pour ce faire, des solutions numériques disponibles, l'entreprise a tout à gagner : en plus d'améliorer la qualité de ses travaux et des services rendus aux clients, elle augmentera sa productivité. |



OFFRE DE PRIX



COMMANDE



PREPARATION



ACHATS



EXECUTION



FIN DE CHANTIER

(\*) Pour en savoir plus, consultez la base de données de logiciels disponible sur notre site Internet (via le lien '[Logiciels de construction](#)' sur la page d'accueil) ou contactez les ingénieurs de la division Gestion, qualité et techniques de l'information (en remplissant le formulaire que vous trouverez via le lien '[Gestion de l'entreprise](#)' sur notre page d'accueil).

Ces dernières années, le secteur de la construction a été fort sollicité pour apporter, grâce à l'innovation, des réponses aux enjeux sociétaux et environnementaux. De nombreux changements et de nouvelles contraintes ont été imposés à l'acte de construire ou de rénover. Aujourd'hui, grâce au BIM et aux technologies numériques, il est possible pour tous de continuer à innover.

## Le numérique : ne tardez pas à l'adopter

L'échange d'informations et la collaboration entre les nombreux partenaires de la construction sont parfois **compliqués par un processus très fragmenté**. Ce manque de synergie freine l'industrialisation du processus constructif, ce qui ralentit l'augmentation de la productivité. En France, une étude de l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques) a d'ailleurs révélé que, depuis 1995, la valeur ajoutée par heure de travail productive de l'ouvrier dans la construction n'a pas augmenté autant que dans l'industrie manufacturière. Ce décrochage s'explique également par le **faible niveau de maturité numérique** des acteurs du secteur de la construction. Sur la base d'un indice de maturité de l'infrastructure informatique des entreprises wallonnes s'appuyant

sur plus de 40 critères, l'AdN (Agence du numérique) a, par exemple, pu mettre en évidence le retard structurel enregistré tant au niveau des métiers liés au gros œuvre qu'aux parachèvements et aux installations.

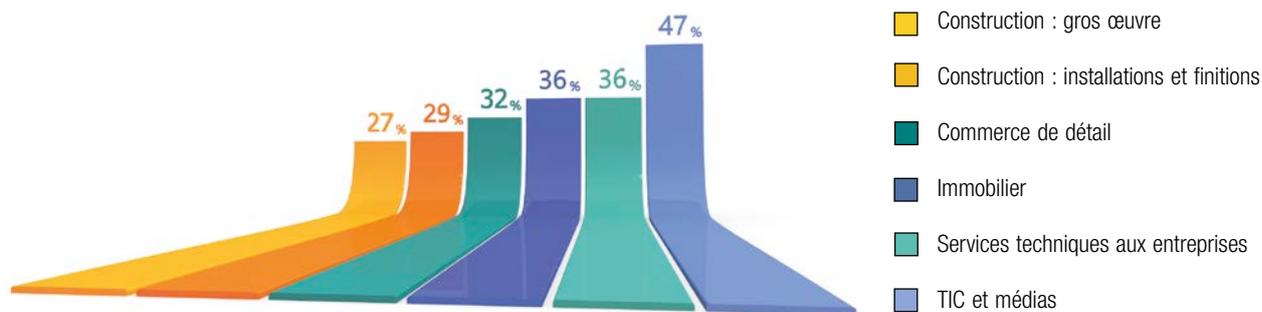
D'autres constats connus nous rappellent certains problèmes rencontrés au niveau du secteur et les potentiels d'innovation existants :

- les **coûts de non efficacité et de non qualité** sont estimés entre **5 et 10 %** du chiffre d'affaire d'une entreprise de construction, alors que sa marge bénéficiaire n'est elle-même que de quelques pour cent. Pour la Belgique, ce coût peut être évalué à **5 milliards d'euros par an**
- les **informations** relatives à un bâti-

ment sont souvent enregistrées plusieurs fois au cours du processus constructif. Ces saisies multiples peuvent être source d'incohérences, de retards, d'erreurs et donc d'augmentation du coût de l'ouvrage

- une partie du temps passé sur chantier par les ouvriers peut être considéré comme **improductif** (livraison tardive des matériaux ou interruption des travaux en raison de problèmes de coordination, par exemple)
- ...

A n'en pas douter, longtemps confinée au niveau des techniques de construction, l'innovation sectorielle se concentrera certainement dans le futur, sur une meilleure gestion des flux d'information grâce au numérique.



Score moyen de maturité numérique pour quelques (sous-)secteurs d'activité en 2015 (source : AdN).

*Dans l'histoire de l'humanité, certaines innovations ont eu un impact majeur sur la productivité de l'industrie. Pour le secteur de la construction, le BIM et les technologies numériques font aujourd'hui partie de celles-là.*



### Une réelle dynamique BIM au niveau européen

Selon plusieurs sources, la maquette numérique et le recours au BIM permettraient d'écourter la durée moyenne des chantiers et d'éviter les dépassements de budget. Forts de ce constat, certains pays se sont fixé des objectifs ambitieux. Ainsi, le Royaume-Uni est engagé depuis 2011 dans une modernisation profonde du secteur de la construction, notamment par le biais du numérique. Les Britanniques ont ainsi exprimé leur volonté de réduire de 20 % les coûts de construction, de diminuer de 20 % les délais d'exécution et de réduire de 20 % les coûts de gestion patrimoniale. D'autres pays de l'Union européenne ont déjà imposé l'utilisation du BIM à leurs marchés publics dans le domaine du bâtiment : la **Finlande**, dès **2007**; la **Norvège**, en **2010**; les **Pays-Bas**, en **2011**, et, plus récemment, le **Royaume-Uni**, en **2016**. Dans une directive de 2014 relative aux marchés publics, l'Europe, elle-même, recommande la dématérialisation des procédures et privilégie l'usage du BIM

lors des appels d'offres pour les projets de bâtiments et d'infrastructures publics.

### La transformation numérique : un mouvement de fond pour tous

Pour préserver leur compétitivité et pouvoir continuer à communiquer avec leurs partenaires sectoriels ou, tout simplement, pour répondre aux attentes de leurs clients et aux contraintes du marché, tous les acteurs de la construction devront investir dans leur transformation numérique.

La 4<sup>e</sup> révolution industrielle pilote cette transformation numérique en proposant une multitude de technologies adaptées aux spécificités et besoins de chacun des métiers. Qu'il s'agisse du BIM, de l'impression 3D, de l'imagerie virtuelle et des lunettes intelligentes, de l'Internet des objets, des engins de chantier connectés ou des applications courantes, tous ces outils interconnectés sont destinés à servir la compétitivité de ceux qui les utilisent. L'entreprise peut

certainement y recourir pour améliorer l'efficacité de sa propre organisation, mais également pour accroître la qualité des contacts et échanges qu'elle entretient avec ses clients et/ou partenaires professionnels. Faciliter l'échange d'informations au niveau d'un projet grâce aux outils numériques permet sans aucun doute d'accroître la souplesse de conception et d'exécution et d'affecter plus efficacement les ressources. En d'autres termes, de mieux répondre aux attentes des clients qui sont également de plus en plus en faveur d'infrastructures et de bâtiments dits *smart* ou intelligents offrant des fonctionnalités numériques avancées.

Le temps n'est donc plus au questionnement, mais à l'action. Le changement vers plus de numérique, c'est aujourd'hui que nous devons tous l'amorcer. D'autres secteurs s'y sont attelés avant nous et avec succès. Mais l'entreprise qui, à l'instar de Kodak dans le domaine de la photographie, restera sur le quai en attendant le train suivant risque fort, et très vite, de ne pas pouvoir rattraper son retard. |

Il existe des technologies numériques adaptées aux besoins de chaque entreprise et de chacun des métiers de la construction.

Une multitude d'outils numériques, outre ceux proposés par le CSTC, peuvent aider les entrepreneurs à accomplir leur travail au cours des différentes étapes du processus de construction. Cet article présente deux solutions déjà utilisées par de nombreuses petites entreprises.

## Le point sur quelques outils existants sur Internet

### Services de stockage et de partage de fichiers

Plus connues sous leurs noms commerciaux ([Dropbox](#), [Google Drive](#), [OneDrive](#)...), ces solutions conviennent parfaitement à la gestion des documents liés à des projets, et ce depuis le processus de l'offre jusqu'à la fin du chantier.

Leur version gratuite propose des espaces de stockage de quelques gigaoctets (Go); la version payante

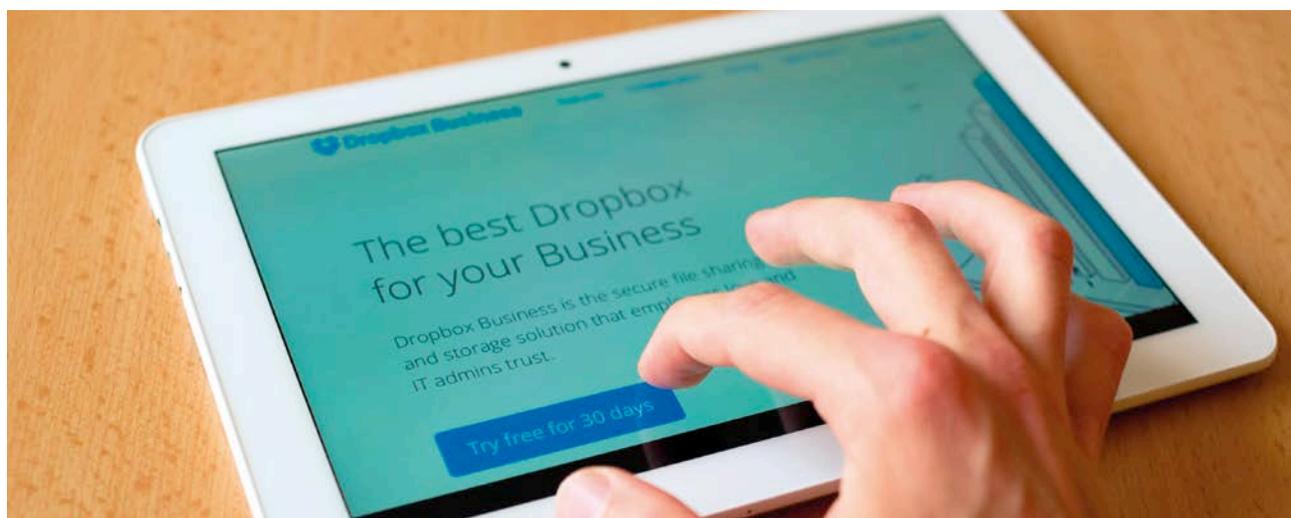
offre, quant à elle, des capacités plus importantes.

Ces services de stockage permettent d'ajouter des fichiers qui sont synchronisés en permanence. On y accède, via un site Internet sécurisé, depuis un ordinateur, une tablette et/ou un *smartphone* (iOS, Android ou Windows Phone). Ces outils correspondent parfaitement aux attentes des artisans de la construction, compte tenu de leur extrême mobilité.

Les services de partage de fichiers

répondent aux besoins d'échange d'informations entre les partenaires d'un même projet et permettent d'accéder, moyennant 'invitation', à des dossiers ou à des fichiers en toute sécurité. Pour ce faire, il suffit de donner son accord pour la mise à disposition des documents et définir les accès.

Les fichiers peuvent être partagés sous différents formats (DWG, PDF, DOCX, XLS...) : plans, demandes de prix, relevés, rapports, fiches techniques, notes de calcul, commandes...



1 | Les services de stockage, tels que Dropbox, sont nombreux sur la toile.



2 | Vue en plan classique d'une adresse donnée.



3 | Vue en images satellite de la même adresse.

### Services de cartographie en ligne

Grâce à [OpenStreetMap](#), [Bing Maps](#), [ViaMichelin](#) ou [Google Maps](#), il est possible de naviguer sur la carte de n'importe quel pays et de zoomer facilement vers la rue ou le point précis qui vous intéresse. La plupart de ces sites offrent deux types de vues :

- en plan classique (voir figure 2)
- en images satellite (voir figure 3).

Le service Google Street View, qui complète Google Maps, permet en outre de plonger au sein même d'une rue afin de visualiser certains détails (voir figure 4).

Outre la recherche d'itinéraires, les services de cartographie en ligne constituent d'excellents outils, en phase d'offre, pour identifier l'accessibilité du chantier et, en phase de préparation,

pour prévoir l'installation de chantier. Nous conseillons toutefois de vérifier la date de la prise de vue, afin de ne pas se baser sur des informations obsolètes.

A titre d'exemple, la prise de vue ci-dessous devrait inciter l'entrepreneur à se rendre sur place, afin de déterminer les mesures à prendre en raison de l'espace restreint entre les deux bâtiments (choix de l'échafaudage...).



4 | Visualisation du bâtiment grâce à Google Street View : une information précise pour remettre une offre de prix ou préparer l'exécution des travaux.

# LES OUTILS EXISTANTS

Le CSTC met à la disposition des entreprises plusieurs outils numériques qui peuvent les aider au cours des différentes étapes du processus constructif. Nous vous en présentons quelques-uns dans cet article, mais notre site Internet constitue une véritable mine d'or que nous vous engageons à découvrir.

## Quelques outils disponibles sur le site Internet du CSTC



### Offre de prix et commande

Lors d'un marché pour une construction neuve, une entreprise reçoit habituellement le descriptif des travaux (cahier spécial des charges) pour lesquels elle doit remettre prix. Dans le cas de travaux de rénovation ne nécessitant pas de permis d'urbanisme, l'entrepreneur

négoce souvent seul avec le client, qui lui fait part de ses *desiderata*. En général, ce dernier précise le résultat qu'il souhaite obtenir. L'entrepreneur remplit donc souvent le rôle de concepteur : il doit lui-même proposer des solutions qui tiennent compte des souhaits de son client, mais qui restent conformes aux prescriptions. Les documents techniques que le CSTC met à la disposi-

tion des professionnels constituent l'information de base qui permettra à l'entreprise d'adapter ou de valider le contenu technique de son offre.

Dans le cadre de travaux d'isolation d'une toiture à versant existante, par exemple, l'entrepreneur doit connaître l'épaisseur minimale d'isolant à mettre en œuvre pour que son client puisse

**Données de calcul**

Projet en cours : 0

Type: Toiture inclinée

Nom :

**Couche 3 : Isolation entre chevrons** Yes Yes = Oui / ? = Inconnu / No = Non

Epaisseur d'isolant	220	mm
Type d'isolation	LM	
Conductivité thermique ( $\lambda$ )	0.04	W/mK

**Description chevrons**

Largeur	38	mm
Hauteur	220	mm
Espacement	500	mm
Entretoises		
Fraction bois	7.06%	

Résistance thermique (R2) = 4.82 m<sup>2</sup>K/W

Epaisseur d'isolant	180	mm
Type d'isolation	LM	
Conductivité thermique ( $\lambda$ )	0.032	W/mK

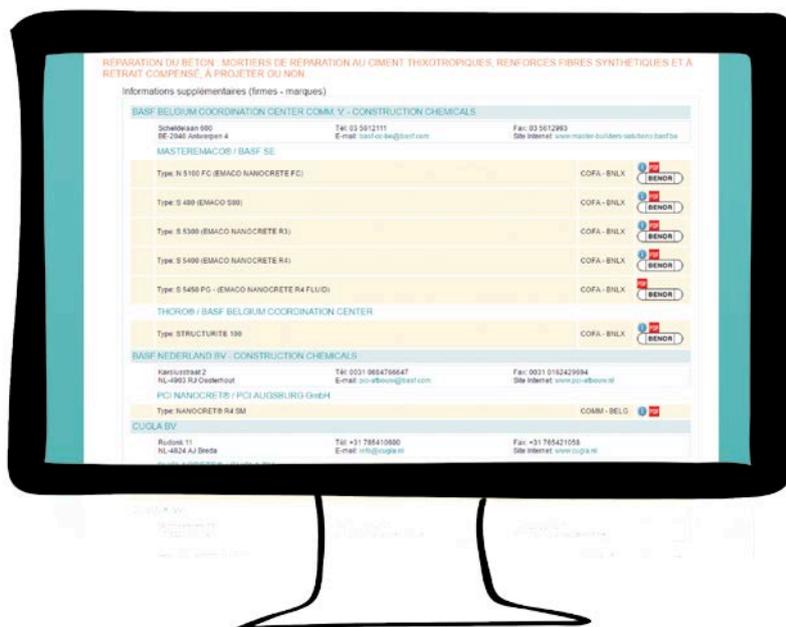
**Description chevrons**

Largeur	38	mm
Hauteur	180	mm
Espacement	500	mm
Entretoises		
Fraction bois	7.06%	

Résistance thermique (R2) = 4.71 m<sup>2</sup>K/W

1 | L'outil de calcul de la valeur U disponible sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be) aide l'entrepreneur à déterminer l'épaisseur d'isolant à utiliser pour atteindre l'objectif souhaité et permettre à son client de bénéficier d'une prime, par exemple.

bénéficier de la prime. Après avoir consulté le site 'Energie' de la Wallonie (<http://energie.wallonie.be>), il constate que la résistance thermique R de l'épaisseur du matériau isolant ajouté doit être supérieure à 4,5 m<sup>2</sup>.K/W. Grâce à l'outil de calcul de la valeur U (disponible dans la rubrique 'Outils de calcul' du site Internet du CSTC), il sait que, en considérant la structure portante de la toiture, avec un isolant en laine minérale classique, il doit prévoir plus de 200 mm d'isolant (voir figure 1 à la page précédente). En choisissant son isolant de manière judicieuse, il pourra atteindre son objectif avec seulement 180 mm de laine minérale ajoutée.



### Préparation du chantier et achats



Une fois la commande passée, il est temps de trouver le bon fournisseur, c'est-à-dire celui qui offrira le meilleur rapport qualité-prix.

Pour ce faire, rien de plus facile : il suffit d'utiliser la base de données des produits de construction TechCom ([www.techcom.be](http://www.techcom.be)). Celle-ci permet de trouver automatiquement un ensemble de produits similaires ainsi que leur fabricant ou leur fournisseur. Il est donc

2 | La base de données TechCom permet de retrouver et de comparer de nombreux produits de construction.

très facile de comparer ces produits entre eux, que ce soit d'un point de vue technique ou commercial. Les résultats de recherche indiquent également si les produits disposent d'une marque de qualité telle que BENOR ou ATG ainsi que les coordonnées des fabricants ou des fournisseurs (voir figure 2).



### Exécution et fin de chantier

Les discussions liées aux tolérances dimensionnelles ou à l'aspect des ouvrages représentent à elles seules près de 15 % des interventions de la division Avis techniques du CSTC. La difficulté consiste bien souvent à connaître les critères et le document de référence à appliquer. Les Notes d'information technique spécifient, le cas échéant, les tolérances d'exécution des ouvrages concernés ainsi que les méthodes de contrôle préconisées. A titre d'exemple, nous reprenons ci-dessous un extrait de la NIT 257 consacrée aux enduits sur isolation extérieure.



Tableau 22 Tolérances d'exécution des ETICS : écarts admissibles.

Écart maximal admis sur ...	Support			ETICS			
	Maçonnerie (°)	Structure en béton (°)	Ossature + panneaux supports (°)	Tolérance d'exécution de l'enduit (°)	Couche d'isolation posée	Enduit de finition (°)	
						Types 1 et 2	Type 3
la planéité globale sous la règle de 2 m	± 8 mm (°)	± 8 mm (°)	± 5 mm (± 2 mm (°))	Normale	± 5 mm	± 5 mm	± 8 mm
				Spéciale	± 3 mm	± 3 mm	± 5 mm
la planéité locale/l'irrégularité sous la règle de 0,2 m	-	± 5 mm (°)	± 3 mm (± 1 mm (°))	Normale	± 2 mm	± 2 mm	± 4 mm
				Spéciale	± 1,5 mm	± 1,5 mm	± 2 mm
la verticalité/l'aplomb	± 8 mm	± 8 mm (°)	± 5 mm	Normale et spéciale	± 8 mm (°)		
					± 50 mm	± 16 à 50 mm (°)	± 5 mm + 2 mm/m (≤ 20 mm)

3 | Les Notes d'information technique contiennent souvent des informations liées aux tolérances d'exécution ainsi que les méthodes pour les mesurer.

Pour mieux épauler le secteur de la construction face aux nouvelles technologies numériques, le CSTC doit se montrer attentif aux besoins et aux demandes suscitées par leur mise en pratique. Le panel d'experts présent à l'événement HORIZON 2020 du 23 novembre 2016 est un bon exemple d'action dans ce domaine. Le contact entre ces experts et un public constitué de professionnels de la construction a permis de mettre en avant certains points de vue intéressants au sujet du BIM et du numérique.

## Industrie 4.0 : la parole aux experts

Comme il a déjà été dit dans ce CSTC-Contact, la force du BIM et des outils numériques réside principalement dans l'échange efficace des informations. Ces nouveaux outils permettent aux professionnels de mieux concevoir, construire, gérer et rénover les ouvrages. La liste des outils étant longue, il a tout d'abord été demandé à notre panel d'experts et au public, principalement constitué d'entrepreneurs, quelles étaient les nouvelles technologies intéressantes dans le cadre de leurs activités. On a ainsi retrouvé dans le top 3 des entrepreneurs généraux les applications BIM, les solutions informatiques de gestion d'entreprise et l'impression 3D. Les artisans ont répondu de façon assez similaire, les solutions informatiques venant toutefois en tête devant les applications BIM.

Afin d'alimenter encore le débat, il a été demandé au public à quel moment ils pensaient pouvoir utiliser ces nouvelles technologies dans la pratique. Pour 67 % des entrepreneurs généraux et 62,5 % des artisans, le changement devrait s'opérer au cours des 12 prochains mois. Malgré l'enthousiasme du public, 27 % des entrepreneurs généraux ont toutefois émis des réserves quant à la formation du personnel et 31 % des artisans se montraient hésitants face aux investissements requis.

Tant les entrepreneurs que les artisans ont indiqué que le manque de temps était un facteur déterminant. Même si l'on peut comprendre ces craintes, sont-elles pour autant insurmontables ?

### Qu'en pensent les experts ?

Notre panel était représenté par Johan Willemen (entreprise Willemen), Colette Golinvaux (entreprise Golinvaux Robert), Thomas Vandenberg (manager BIM chez Besix) et Filip Cauwelier (entreprise de couverture Cauwelier). Nous avons également sollicité l'avis de Dirk Peytier (entreprise de plomberie Peytier). Dans la suite de cet article, chacun de ces intervenants fera part de son expérience personnelle en matière de BIM et de solutions numériques.

Selon Colette Golinvaux, la numérisation est déjà bien intégrée dans le secteur de la construction, que ce soit sur le plan administratif ou technique. Ainsi, sa propre entreprise, active notamment dans le domaine de la rénovation du patrimoine, fait appel aux **drones** pour effectuer des contrôles en hauteur. Elle insiste toutefois sur le fait que ces technologies ne remplaceront pas la main-d'œuvre sur chantier. Il s'agit plutôt d'une collaboration, où la technologie est au service de l'Homme.

Thomas Vandenberg, quant à lui, a fait résolument le choix du **BIM**. La production et la gestion des informations sont en effet essentielles si on veut pouvoir les utiliser efficacement en combinaison



avec différents outils. L'utilisation du BIM améliore en effet la communication entre les partenaires ainsi que la préparation du chantier, ce qui permet de réduire les délais d'exécution, mais également de détecter les erreurs à temps et de solutionner plus rapidement les problèmes.

Johan Willemen a, pour sa part, une préférence pour les **lunettes intelligentes**. Grâce à cet outil numérique, l'utilisateur peut visualiser ce qu'il se passe sur un chantier sans y être présent physiquement. Ces lunettes permettent en outre de superposer aux images de chantier des informations ou des éléments (cloisons, parois...) pas encore réalisés *in situ*.

Filip Cauwelier, qui s'exprimait au nom d'un sous-traitant, opte également pour le BIM pour sa capacité à extraire facilement des métrés et à générer des offres. Il souligne toutefois l'importance de **logiciels génériques**, notamment pour la gestion des relations avec le client ou la planification des ressources (ERP, pour *Enterprise Resource Planning*) (voir p. 20). Ces outils lui permettent de gérer

les informations et les chantiers de manière plus efficace afin d'offrir un meilleur service au client.

Dirk Peytier a, lui aussi, une préférence pour les logiciels génériques, mais trouve que les **systèmes de géolocalisation track-and-trace** (voir p. 28) sont intéressants également. Les avantages de ces derniers sont évidents non seulement au sein même de l'entreprise, mais aussi dans les relations avec les clients. Ces systèmes améliorent ainsi la gestion des véhicules, du matériel et même du personnel. Etant donné que toutes les informations concernant les heures prestées ou les kilomètres parcourus sont enregistrés par le système, l'aspect administratif est réglé bien plus rapidement. Quant au client, il en profite également, puisque les problèmes urgents peuvent être traités au plus vite et qu'il peut être tenu informé par SMS de l'arrivée imminente d'un technicien.

### Convaincre

S'il est apparu très rapidement évident que notre panel d'experts avait une

connaissance approfondie du BIM et des outils numériques, il n'en va pas de même pour la plupart des professionnels du secteur. L'application du BIM à grande échelle se voit en effet entravée par divers obstacles. Nos experts se sont également exprimés à ce sujet.

S'adressant aux petites entreprises, Colette Golinvaux dit qu'elle comprend leurs réticences : des formations s'avèrent nécessaires, mais il est important que tous les entrepreneurs franchissent le cap. La transition peut se faire **progressivement**, en observant tout simplement comment procède la jeune génération, par exemple. En utilisant davantage le smartphone et la tablette, la communication devient bien plus efficace.

Johan Willemen rappelle qu'il est primordial de **continuer d'innover** pour ne pas rester à quai. L'effet positif sur les coûts de mal façon justifie les investissements nécessaires.

Thomas Vanderbergh partage l'avis de Johan Willemen quant aux progrès que le secteur de la construction doit accomplir en matière de **productivité** afin de ne pas être évincé par la concurrence. Evoquant le haut degré de technicité de certains pays européens, voire de l'Inde ou de la Chine, il souligne que la Belgique ne peut pas rester à la traîne.

Concernant l'implémentation des nouvelles technologies, Filip Cauwelier et Dirk Peytier souhaitent établir un lien entre le succès des outils numériques et la motivation du **personnel**. De tels changements ne sont possibles que si les collaborateurs sont pleinement conscients de l'utilité de ces outils et que leur formation est correctement assurée.

### Evolution du secteur

Le BIM et le numérique, en améliorant l'échange d'informations, permettent d'accroître la productivité et la qualité, tout en fournissant un meilleur service aux clients. Le secteur ne peut attendre davantage et doit évoluer rapidement. |



## Etablir une offre grâce aux sites marchands

Il n'est pas toujours aisé de faire une offre en phase avec les prix du marché. En fonction des moyens et du temps disponibles, diverses méthodes permettent de connaître les prix pratiqués. Ceux-ci peuvent tout d'abord être recherchés dans des listes, des catalogues ou des factures. Il est également possible de les demander directement aux fournisseurs. S'ils ne répondent pas à temps, les coûts peuvent être évalués sur la base d'anciens prix ou de prix demandés pour des produits similaires. Cette méthode demande toutefois beaucoup de travail et de temps, et ne sera pas forcément couronnée de succès. Il existe heureusement d'autres techniques bien plus performantes.

### Examiner la situation actuelle

Les sites marchands ne sont pas uniquement consultés par les particuliers mais également par la plupart des

professionnels de la construction. Ces derniers peuvent en effet s'y faire une **idée précise des prix de vente à jour**, des détails techniques, des quantités disponibles, des délais de livraison...

### Etablir rapidement une offre

Certains professionnels vont plus loin encore et utilisent un logiciel permettant d'ajouter, en un seul clic, à une offre des articles provenant du site d'un fournisseur. Cette technique offre un gain de temps considérable.

En outre, comme le logiciel tient compte des clauses et avantages en vigueur (réductions, par exemple), le prix d'achat et le prix de vente peuvent être calculés en un temps record.

Ce logiciel standard modulaire est un exemple de logiciel de gestion intégré (ERP, pour *Enterprise Resource Planning*). Il peut être utilisé notamment pour la vente, l'achat, l'exécution des projets et la facturation. Son avantage repose sur la réutilisation de nombreuses données, telles que celles relatives aux clients.



### Quel investissement ?

Une version basique de ce type de logiciel est disponible à partir de 800 € par an et par utilisateur.

Référence du produit	Description	Date d'envoi	Quantité	Unité	Prix	Total		
SEARXG230VACPACK	PACK RXG 230VAC	13/01/17	1	SET	149,00€	149,00€		
OSRPP1650AD827G6	PARATHOM ADV PAR16 5036DEG 4,6	21/12/16	10	P	4,70€	47,00€		

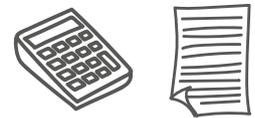
Certains logiciels permettent d'ajouter à une offre des articles provenant du site d'un fournisseur.



Nous utilisons un logiciel spécialement conçu pour les entreprises d'installation et connecté au site marchand de différents fabricants. Nous pouvons ainsi regrouper les articles souvent utilisés et ajouter ces groupes tels quels dans l'offre. Nous supprimons ensuite les articles superflus directement dans l'offre. Nous établissons ainsi des offres complètes en évitant au maximum les oublis.

Rudi Evens, Evens nv

PME de 9 salariés, située à Hechtel-Eksel, spécialisée dans les domaines du sanitaire et du chauffage



# Des solutions informatiques pour calculer le prix de revient

Diverses solutions informatiques permettent de calculer en détail le prix de revient d'un projet et de dégager une vue d'ensemble de la situation de manière à ce que l'entreprise reste compétitive.

## Ne rien oublier

Il arrive quotidiennement que l'on oublie d'inclure certaines dépenses dans l'offre de prix. Un logiciel de calcul du prix de revient permet d'éviter au maximum ces oublis. Ces programmes fonctionnent sur la base de décompositions, qui servent en quelque sorte de *checklists* reprenant l'ensemble des coûts pouvant concerner un poste.

## Effectuer rapidement les adaptations

Il arrive que les clients changent d'avis. L'entrepreneur doit alors très vite pou-

voir adapter ses offres. Ces modifications peuvent être apportées facilement en ajoutant ou en supprimant certains postes des listes. Toutes ces informations peuvent en outre être sauvegardées et réutilisées pour des projets futurs.

## Récupérer ses frais généraux

Outre les coûts directs liés à la main-d'œuvre, aux matériaux et à la sous-traitance, un projet de construction doit également tenir compte des coûts indirects. Mais les calculer correctement n'est pas toujours aisé. Cette fois encore, le logiciel de calcul du prix de

revient peut apporter une aide précieuse à l'entrepreneur.

## Gagner du temps

Presque toutes les entreprises courent après le temps. Les logiciels de calcul permettent de gagner en efficacité.

## Disposer d'un outil de calcul adapté

Pour garantir la bonne intégration d'un outil de calcul au sein de l'entreprise, celui-ci doit pouvoir s'adapter au mode de fonctionnement de l'entrepreneur. ■



## Quel investissement ?

Il existe des solutions gratuites, telles que le module C PRO du CSTC.

	Coûts directs		+	Coûts indirects	
	Coûts/unité			Coefficient	Montant/unité
<b>Main d'oeuvre</b>					
■ Coût de la main d'oeuvre équipe 1	30,00 €	€/heure		30,00%	9,00 € €/heure
■ Coût de la main d'oeuvre équipe 2	35,00 €	€/heure		30,00%	10,50 € €/heure
<b>Matériaux</b>					
■ Matériaux d'isolation				15,00%	
■ Matériaux de finition intérieure				30,00%	
■ Matériaux de maçonnerie				10,00%	

Extrait du module C PRO disponible via la rubrique 'Outils de calcul' sur le site Internet du CSTC.

Comme avec tout changement, il faut un certain temps pour s'adapter et s'approprier une nouvelle méthode de travail. Mais une fois que cette étape est passée, on profite pleinement des avantages d'un calcul détaillé.

Michel Debes, DebesTiles  
TPE située à Bruxelles, spécialisée dans le domaine des carrelages et des mosaïques



## OFFRE DE PRIX + COMMANDE

Bien que l'utilisation du BIM requière une bonne collaboration dès le début du projet, l'entrepreneur n'intervient généralement qu'en phase d'offre et de commande. A ce stade, il doit définir son prix pour la réalisation du projet et proposer d'éventuelles variantes. Le BIM peut lui apporter une aide précieuse à cet égard.

# Le BIM pour l'offre de prix et la commande

Lorsqu'on utilise le BIM, l'idéal est d'impliquer l'entrepreneur dès que possible dans le processus constructif. En pratique toutefois – en particulier dans le cadre d'un contrat traditionnel ou d'un chantier de petite taille –, il est difficile pour l'entrepreneur d'apporter une contribution dès la phase de conception. En effet, la conception du projet revient majoritairement à l'architecte, parfois aidé d'un bureau d'étude. Les principaux avantages que la maquette numérique ou modèle d'information numérique du bâtiment procure aux concepteurs sont abordés dans l'article 'Un regard éclairant sur le BIM' (p. 5-10).

Citons, entre autres :

- concordance des différents plans
- meilleure vue d'ensemble pour les partenaires
- possibilités d'extraction de tableaux et de quantités
- détection des erreurs...

Dans cet article, nous vous expliquons en quoi le BIM peut vous aider à établir une offre de prix.

### Offre de prix

Le modèle numérique du bâtiment per-

met de déterminer non seulement le nombre d'éléments à réaliser (murs, planchers, toitures, poutres, colonnes, fenêtres, portes...), mais aussi les quantités de matériaux nécessaires (briques de parement, tuiles, plaques de plâtre, chapes, dispositifs d'évacuation...) (voir figure 1). Grâce à ces données, les concepteurs (ou d'autres partenaires) peuvent élaborer le métré, qui permettra à l'entrepreneur de préparer son offre de prix.

Le principal atout d'un métré basé sur une maquette numérique tient au fait que les erreurs liées au comptage manuel (formules erronées, oublis, modifications des quantités...) peuvent être évitées.

### Étude des variantes

Lorsqu'il rédige son offre, l'entrepreneur a souvent la possibilité de proposer les variantes qu'il juge appropriées et qui permettraient de faciliter la mise en œuvre, de réduire les coûts ou d'améliorer la qualité du projet. Il peut également opter pour les matériaux avec lesquels il a l'habitude de travailler. Il doit néanmoins étudier au préalable les impacts des modifications suggérées sur le projet dans son ensemble. La maquette numérique rend cette tâche beaucoup plus simple.

Il peut ainsi opter pour une ossature en béton, même si le projet prévoyait initialement une structure portante en acier. En modélisant cette variante et en la comparant aux données de la maquette initiale (architecture et modèle d'ingé-

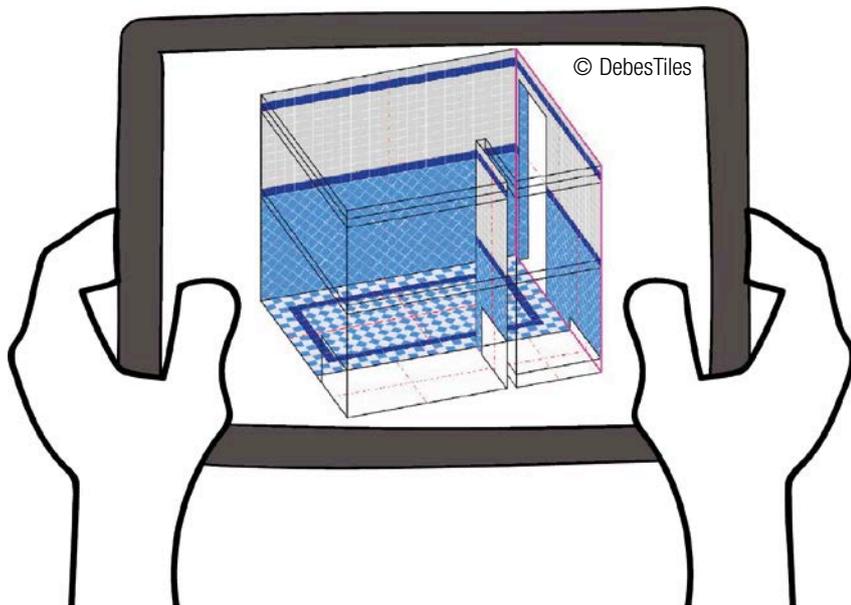


Code	Description	Quant.	Long.	Larg.	Surface	Hauteur	Volume
(40)	Poutre de fondation	1	7,37	0,60	4,42	0,65	2,87
(3)	Poutre de fondation	1	4,46	0,50	2,23	0,65	1,45
...	...	...	...	...	...	...	...
Total	Poutres de fondation		87,56		42,75		32,18

1 | Calcul des quantités à partir du modèle d'information numérique du bâtiment.



2 | La maquette numérique permet de visualiser le rendu lié au choix de la technique de pose des revêtements carrelés d'une salle de bain, par exemple.



nierie, par exemple), il pourra identifier rapidement ses avantages et ses inconvénients. Les erreurs éventuelles pourront facilement être identifiées et traitées grâce à la maquette numérique (voir p. 8).

Le coût des diverses options doit également être pris en considération; c'est précisément l'une des possibilités fournies par le BIM. En intégrant une variante dans le modèle existant (remplacement de certains murs intérieurs en maçonnerie par des cloisons légères composées de plaques de plâtre, par exemple), on peut en effet adapter les quantités en un clin d'œil. Il est alors possible de comparer ces dernières avec les quantités initialement prévues et d'y ajouter les prix unitaires pour obtenir un aperçu immédiat de la différence de prix.

### BIM Métiers

A l'avenir, les échanges de maquettes numériques entre professionnels de la construction seront de plus en plus courants et ne se limiteront plus aux produits dérivés (tels que le métré et les plans en 2D correspondants). L'entrepreneur aura dès lors un meilleur aperçu des différents postes du métré et

pourra ainsi effectuer certains contrôles. Les logiciels de coordination BIM lui permettront notamment de créer lui-même des métrés et de déterminer aisément à quels postes correspondent les éléments du modèle.

Les avancées dans ce domaine devraient se poursuivre, et en particulier le développement d'applications à destination des PME telles que les outils 'métier' spécifiques permettant d'établir l'offre sur la base du modèle numérique.

Pour élaborer l'offre de prix d'une toiture, par exemple, on pourrait extraire toutes les informations liées à la toiture à partir du modèle et les traiter ensuite à l'aide d'un outil approprié. Ce dernier pourrait en outre générer automatiquement la composition, les matériaux et les quantités correspondantes (tuiles, tuiles de rive, tuiles faîtières, tuiles à douille, chéneaux, contre-lattes, isolation, échafaudages...). Cela se révélerait d'autant plus utile pour les toitures de forme complexe : offre de prix correcte, gain de temps considérable, calculs facilités...

Outre le cas des toitures exposé ci-avant, des outils similaires pourraient être développés pour d'autres métiers :

- **pose de revêtements de sol** : calepinage (visuel), élaboration du plan de

pose (technique) et calcul des quantités correspondantes compte tenu des pertes de découpe (voir figure 2)

- **sanitaire et ventilation** : calcul et dimensionnement d'un système de ventilation, élaboration du plan des conduites et détermination des quantités de matériaux correspondantes
- **menuiseries** : création d'un plan de cuisine, conception d'un escalier, élaboration d'une offre de prix pour les portes intérieures (exigences en matière de sécurité incendie, d'acoustique, de matériaux... reprises dans le modèle)
- **vitrerie** : choix du type, de l'épaisseur et de la surface du vitrage (en fonction de la position au sein du bâtiment et compte tenu des consignes de sécurité de la norme NBN S 23-002) et établissement de l'offre
- **travaux d'enduisage** : extraction des quantités (enduit, profilés d'angle et de finition...)
- ...

La maquette pourra également être utilisée pour connaître l'environnement du projet qui peut avoir une influence significative sur l'offre de prix, notamment en ce qui concerne l'accessibilité du chantier ou la possibilité d'installer des échafaudages.

Une fois reliées au modèle numérique, les informations générées par les outils 'métiers' seront mises à la disposition de tous les autres partenaires du projet, ce qui permettra de procéder le cas échéant à la détection des erreurs. Le poseur de la chape, par exemple, pourra ainsi connaître l'épaisseur exacte du revêtement de sol, tandis que l'installateur du système de ventilation saura qu'une dérivation des conduits est nécessaire pour pouvoir contourner certaines décharges. Chacun pourra dès lors tenir compte de ces aspects dans l'offre de prix.

### Commande

L'application du BIM permet de remettre des offres de prix plus justes, mais aussi d'améliorer l'étude et le choix des variantes. Si le maître d'ouvrage et l'architecte y sont favorables, ces offres peuvent ensuite servir de base au contrat et à la commande. |

## Les achats simplifiés grâce au numérique

L'utilisation d'un logiciel adéquat peut s'avérer très utile au stade de la préparation du chantier, d'autant plus si le client se montre indécis. Intégrer toutes les informations utiles dans un logiciel offre à l'entrepreneur la possibilité d'effectuer des modifications quand lui ou son client le souhaitent.

### Une meilleure préparation

Il est préférable d'entamer la préparation d'un projet en se basant sur une offre bien élaborée. Dans un logiciel de gestion intégré (ERP, pour *Enterprise Resource Planning*), un poste calculé dans l'offre peut être immédiatement réutilisé pour la préparation des achats. Ainsi, une liste des matériaux établie à partir de divers postes de l'offre peut être consultée et adaptée si nécessaire. Il est dès lors possible de procéder à un second contrôle, ce qui réduit le risque d'oublis. En outre, les remarques formu-

lées lors d'un échange avec le client ou de l'élaboration de l'offre peuvent être consultées durant la préparation.

### L'achat en un seul clic

Ces logiciels permettent également de sélectionner un certain nombre de matériaux dans une liste et d'envoyer une demande de prix aux différents fournisseurs. Il est ensuite possible de comparer les prix reçus et de commander les matériaux en un seul clic.

### Situation gagnant-gagnant

Certains logiciels comportent des liens directs vers le site Internet des fournisseurs (voir p. 20). Les données sont ainsi toujours à jour et les matériaux peuvent être commandés à l'aide de leurs références. Le traitement administratif se déroule bien plus rapidement, réduisant

ainsi au minimum les éventuelles erreurs lors de la communication entre l'entrepreneur et le fournisseur. Les deux partenaires en tirent donc des avantages.

### Aperçu visuel de l'achat à la livraison

Le logiciel permet de vérifier quels matériaux ont été commandés, la date de la commande, la date probable de livraison sur chantier ou en atelier, les quantités déjà fournies... L'entrepreneur bénéficie ainsi d'un aperçu complet et maîtrise pleinement le processus d'achat. |



### Quel investissement ?

Le coût de ce type de logiciel débute à 1.250 € par an et par utilisateur.

Comm.	Num.	Référence	Description	Mat.	tard	Prod.	tard	Réservé	Comm.	Livré	Trans.	Prod.	Term.	Term.	Rem.	Quant. néc.	Quant. disp.
41		PLMLWITSPA1	MELAMIN WIT SPA 280M X					✓	○	○	○	✓	○	○	Bes	0,359	
41		PLCHBEUK	CHANT Fineer Beuk 50Lm					✓	✓	✓	✓	✓	○	○	Bes	0,244	0,244
41		SPECIAALARTI	MDF18 BEUKFIN. A/B BEU					✓	✓	✓	✓	✓	○	○	SB-	4,000	4,000
41		BSMEPOHOSCI	Poothouder GlijderUniversal					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	12,000	
41		BSMETRIX35	Trekker inox 10mm 160 U vo					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	3,000	
41		BSMEEXDREVI	Rastex 15 Inschroefdrevel DI					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	16,000	
41		BSMEPOPLINT	KORREKT Plinthouder schro					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	6,000	
41		CHSIELASTOFI	ELASTOFIL BLANC					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	0,100	
41		BSMESCMONT	Montplaat Sensys 1,5mm					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	6,000	
41		PLMLWITSPA1	MELAMIN WIT SPA 280M X					✓	○	○	○	○	○	○	Bes	0,276	
41		SPECIAALARTI	Antoine offerte 9397230 31-C					✓	✓	✓	✓	✓	○	○	SB-	1,000	1,000
41		PLMU18LAL13K	MULTIPLX WBP 18MM LA					✓	○	○	○	○	○	○	Rec	1,000	
41		PLMLWITSPA1	MELAMIN WIT SPA 280M X					✓	○	○	○	○	○	○	Bes	0,064	
41		PLMLWITSPA1	MELAMIN WIT SPA 280M X					✓	○	○	○	○	○	○	Bes	0,064	

Le logiciel permet de vérifier l'état des commandes des matériaux dont il a besoin.



Pour nous, l'utilisation d'un logiciel ERP permet de mieux structurer le processus de notre entreprise. Non seulement pour l'élaboration de l'offre et la préparation du chantier, mais également ultérieurement. Nous avons déjà établi 1.000 listes de matériaux, que nous pouvons réutiliser quand bon nous semble. Cela signifie aussi que, lorsque nous utilisons une liste dans une offre, la liste d'achats est directement disponible si le client décide de travailler avec nous.

*Bertrand Schrevens, Kulapro  
PME de 10 salariés, située à Wavre, spécialisée dans le parachèvement*



# La planification informatisée pour organiser mieux ses activités

## Planification informatisée

La planification informatisée permet de représenter les diverses tâches d'un projet à réaliser de manière dynamique. Ainsi, le planning peut être recalculé automatiquement sur la base d'un état d'avancement du chantier. Par exemple, le logiciel de planification peut envoyer une alerte lorsque la date butoir fixée ne pourra pas être respectée.

Les différences entre l'avancement réel et le planning contractuel ou de référence peuvent aussi être relevées.

## Réutilisation des modèles

Ce type de logiciel offre en outre la possibilité de réutiliser des projets types (modèles). Ces derniers pouvant être facilement copiés, les nouveaux projets peuvent donc être rapidement planifiés

moyennant de petites modifications spécifiques.

## Disponibilité des ressources

Le planning contient également des informations relatives à la disponibilité des ressources, telles que la main-d'œuvre et les machines, qui permettent à l'entrepreneur de savoir quand de nouvelles tâches peuvent être exécutées ou à quel moment les ressources seront insuffisantes pour effectuer les tâches planifiées.

## Communication entre les intervenants

Le planning peut enfin jouer un rôle crucial dans la communication avec le personnel, les sous-traitants et les maîtres d'ouvrage, et ce tant durant la préparation du chantier (vérifier

si tous les documents ont bien été délivrés/approuvés, passer les commandes à temps...) que durant l'exécution des activités (gérer le personnel, contrôler les travaux...).



## Quel investissement ?

L'offre de logiciels de planification est étendue. Certains sont disponibles gratuitement, mais leurs fonctionnalités sont limitées. Le coût moyen d'un logiciel destiné aux petites et moyennes entreprises est de 250 € par an. Le prix d'achat dépend toutefois fortement des besoins spécifiques de l'entreprise.

PERSONNEL	August 2017											
	Nom	N°	Mon 21	Tue 22	Wed 23	Thu 24	Fri 25	Sat 26	Sun 27	Mon 28	Tue 29	Wed 30
1	J. Beauclercq	2.1	M. Janssens - Instal. cuisine				N. Paeyeneers - Instal. SDB				F. Brepoels - Instal.	
2	E. Peeters	2.2	M. Janssens - Instal. cuisine				N. Paeyeneers - Instal. SDB				F. Brepoels - Instal.	
3	M. Lemmens	3.1.1	J. Meinesz - Instal. cuisine		L. Klaps - Instal. dressing			F. Draelants - Instal. chan				
4	Y. Mahieu	3.1.2	J. Meinesz - Instal. cuisine		Congé			F. Draelants - Instal. chan				

La planification informatisée permet de représenter les diverses tâches d'un projet à réaliser de manière dynamique.

En travaillant avec des modèles types, par exemple, nous pouvons en peu de temps concevoir nos plannings pour nos nouveaux projets. Par la suite, ces plannings peuvent être rapidement mis à jour et nous pouvons plus facilement estimer notre charge de travail, anticiper les besoins et coordonner les autres corps de métier du chantier.

*Fabian Coninck, Coninck & Fils  
PME de 26 salariés, située à Sambreville, spécialisée dans les travaux de toiture, de rénovation et de construction*



Lors de la préparation du chantier et des achats, le BIM peut trouver son utilité dans le calcul des quantités et dans l'élaboration de plans d'exécution de qualité. Il offre en outre des possibilités d'intégration avec le planning, le processus de préfabrication et divers outils numériques.

# Le BIM pour la préparation de chantier et les achats

## 1 Calcul des quantités

Tout comme dans la phase précédente (voir p. 22-23), le BIM peut être utilisé au stade de la préparation du chantier et des achats, afin de calculer les quantités à partir de la maquette numérique du bâtiment, et d'extraire les données à transmettre aux sous-traitants pour leur permettre d'établir leur offre de prix. Dans ce contexte, il est néanmoins primordial que les maquettes soient complétées avec les données relatives à l'exécution.

## 2 Techniques d'exécution

### 2.1 Perception améliorée

Des plans d'exécution, des détails et d'autres informations (liste de portes, par exemple) peuvent être extraits à partir de la maquette. On obtient ainsi plus rapidement des plans détaillés pour divers usages spécifiques et la perception du projet s'en trouve dès lors améliorée pour les exécutants. Dans le cas de l'application d'une peinture ignifuge sur des poutres et des poteaux en acier, on peut, par exemple, générer différentes coupes (en 2D et en 3D) pour chaque élément, ce qui permet à l'exécutant d'identifier avec davantage de précision les éléments à peindre.

Soulignons que les maquettes élaborées par l'exécutant ne sont pas les seules à pouvoir l'aider dans son travail : les différents plans et coupes qui sont extraits des maquettes créées par les concepteurs (projets de petite taille) ou par l'entrepreneur général (projets de grande envergure) lui donnent, eux aussi, un bon aperçu du projet.

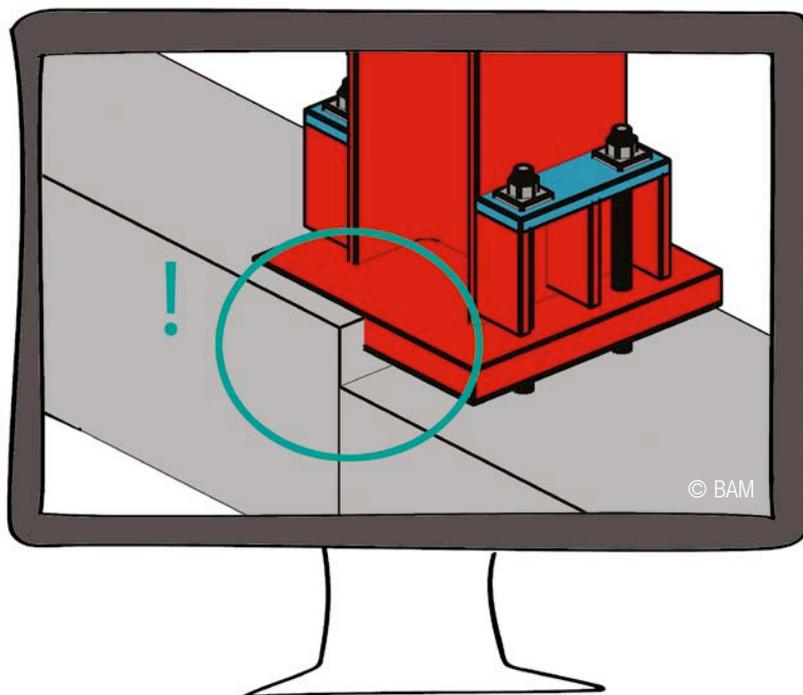
### 2.2 Détection des erreurs (clash detection)

Un autre atout de l'utilisation des maquettes numériques repose sur la détection des conflits (voir p. 8) : en anticipant les problèmes et en y apportant des solutions au préalable, on limite le risque d'erreurs sur chantier et, ce faisant, on réduit les coûts d'inefficacité. Un entrepreneur (ou un sous-traitant) chargé de réaliser une structure en acier peut ainsi établir sa propre maquette partielle et vérifier si son travail n'entre pas en contradiction

avec d'autres éléments, en réunissant toutes les maquettes partielles et en les comparant entre elles. Cette opération permettra, par exemple, de constater que l'embase d'un poteau en acier est incompatible avec la forme des poutres en béton sous-jacentes (voir figure 1).

### 2.3 Bibliothèque d'objets et de matériaux

Grâce à la maquette numérique, on peut également recourir à des bibliothèques d'objets et/ou de matériaux. Il s'agit de



1 | Exemple de détection d'erreur : grâce au BIM, le conflit entre l'embase du poteau en acier et la poutre en béton est identifié et traité sur écran afin de ne pas poser problème lors de l'exécution.



bibliothèques en ligne contenant différents matériaux et objets accompagnés d'informations graphiques ou autres (capacité d'un système de ventilation, par exemple). L'utilisateur peut ainsi incorporer dans la maquette un certain type d'isolation ou de chaudière et y greffer les informations correspondantes. A l'aide d'un outil compatible avec le BIM, il lui sera possible de choisir le type de brique, l'appareillage de la maçonnerie, l'épaisseur et la couleur des joints horizontaux et verticaux, mais aussi d'incorporer cette composition ainsi que les informations correspondantes dans la maquette (dimensions, paramètres sélectionnés, renvoi vers le site Internet contenant les informations à jour...). On peut ainsi générer des vues détaillées d'une façade montrant tous les nœuds et rendre ces informations accessibles à tous les partenaires. On peut en outre calculer les quantités exactes de briques de parement en vue d'établir le bon de commande.

### 3 Planning (BIM 4D)

En couplant le planning des travaux à la maquette, il est possible, par exemple, de représenter sous forme de diagramme dans le temps (au moyen de visualisations et de films d'animation). Ce support visuel facilite la communication entre les partenaires. Il peut être utilisé en vue de déterminer l'impact des travaux sur la circulation routière, d'étudier l'accès à un bâtiment voisin, de planifier les livraisons, d'aménager les lieux de stockage (virtuellement), de modéliser l'installation du chantier (position d'une grue, par exemple) et d'en assurer un suivi dans le temps, d'intégrer des structures temporaires telles que des échafaudages ou des étais au planning, et de vérifier qu'aucune erreur ne s'est glissée dans ce dernier (*clash detection* 4D). On peut même aller plus loin en incorporant les coûts à la maquette numérique accompagnée du planning et en établissant un planning d'évolution des coûts dans le temps.

### 4 Lots de matériaux et préfabrication

Grâce aux maquettes numériques, les



2 | Lots de plaques prédécoupées préparés pour chaque local grâce aux informations extraites de la maquette numérique.

fournisseurs, les fabricants et/ou les entrepreneurs (ou sous-traitants) sont en mesure de visualiser leur travail dans les moindres détails, ce qui réduit les risques d'erreur et accélère donc la mise en œuvre. Le BIM constitue également un outil très intéressant lorsque le projet est (partiellement) préfabriqué. D'autres préfèrent organiser le travail en constituant des lots de matériaux. Lorsqu'on doit poser des cloisons légères, par exemple, on peut constituer pour chaque local des lots de plaques prédécoupées selon les dimensions voulues et des lots de profilés adaptés à la composition des parois (voir figure 2). Il suffira ensuite à l'exécutant de suivre le plan et la numérotation prévus. Le fait de disposer directement des matériaux adéquats et de restreindre au minimum le travail de mesurage et de découpe permet ainsi un gain de temps considérable. Une préparation minutieuse à l'aide d'une maquette numérique aura donc non seulement pour effet de réduire les délais d'exécution, mais aussi de limiter la production de déchets sur chantier.

### 5 Scannage 3D et BIM

Parmi les nombreuses applications numériques qui peuvent être couplées avec le BIM (voir p. 30-31), on compte

la technique du scannage 3D. Cette dernière peut être employée lors de la préparation du chantier afin de mesurer des ouvrages existants. On peut ainsi scanner un bâtiment à rénover, un bâtiment adjacent à une future construction ou encore des fenêtres existantes qui doivent être reproduites à l'identique. On obtient de la sorte une image (nuage de points) transposable en maquette numérique ou intégrable dans une autre maquette.

### 6 BIM Métiers

Comme nous l'avons expliqué dans l'article consacré à l'offre de prix et à la commande (voir p. 22-23), on pourrait également développer des outils spécifiques à la préparation du chantier. Un outil dédié à la pose de revêtements de sol permettrait, par exemple, de choisir le type de carreaux, ou encore l'épaisseur et la couleur des joints, et ce, en s'aidant d'une bibliothèque d'objets et/ou de matériaux. On pourrait alors calculer les quantités exactes de matériaux à commander et produire les plans d'exécution au moyen de ces données. On semble donc s'orienter vers des solutions BIM adaptées aux besoins de l'artisan qui seraient incontournables, notamment pour ce qui concerne la préparation de ses chantiers. |

# Track-and-trace et enregistrement du temps

Etant donné que les salariés du secteur sont souvent amenés à travailler à différents endroits, les systèmes de géolocalisation et d'enregistrement du temps peuvent s'avérer intéressants pour :

- **localiser en temps réel le personnel et le matériel**, et transmettre des tâches prioritaires du bureau aux personnes en déplacement
- **enregistrer les routes empruntées et les kilomètres parcourus**. Il n'est donc plus nécessaire d'effectuer et de retranscrire des relevés kilométriques (ce qui permet de réduire les erreurs). Le système garantit en outre le calcul correct des primes de mobilité
- **enregistrer les heures d'arrivée et de départ** et déterminer les temps prestés sur le chantier.
- **préparer vite et bien le paiement des salaires** : plus besoin de rassembler les notes manuscrites des heures de travail des salariés, de les contrôler et de les encoder

- **suivre le temps consacré à chaque activité**. Enregistrer les heures de travail prestées pour chaque type d'activité permet d'analyser les rendements. Ces données peuvent être facilement utilisées lors de l'élaboration d'offres pour des projets futurs
- **automatiser le registre de présence**

sur les grands chantiers (**check-in-at-work**). S'il est configuré correctement, le système *track-and-trace* détecte la présence d'un véhicule sur un chantier soumis à l'obligation de notification. La présence sur chantier d'un salarié est automatiquement enregistrée à l'aide de son badge. |



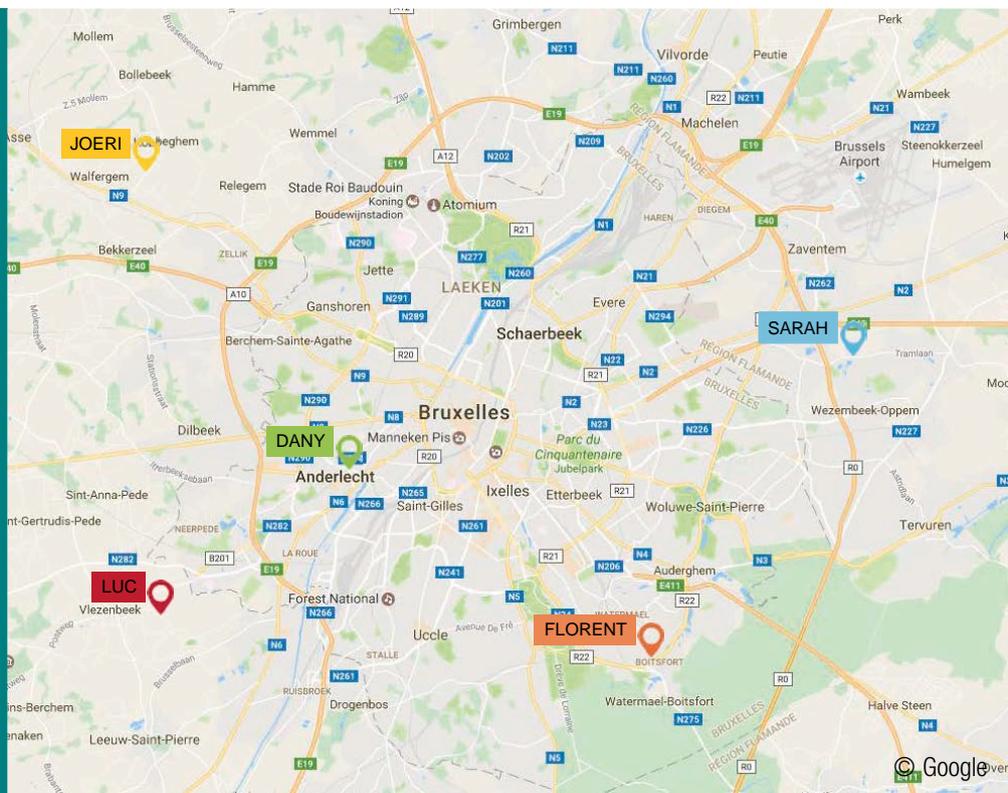
### Quel investissement ?

Le coût d'un système *track-and-trace* dépend en grande partie des fonctionnalités souhaitées. Il se compose d'un prix d'achat fixe et d'un abonnement mensuel pour chaque 'engin' équipé d'un émetteur (voiture, véhicule de chantier, matériel de chantier...). Réparti sur cinq années d'utilisation, le coût annuel est de l'ordre de 350 € par engin. Un module de calcul disponible sur le site [www.triple-T.be](http://www.triple-T.be) permet de quantifier les avantages d'un tel système de géolocalisation et de simuler le délai d'amortissement. On constate souvent que les PME récupèrent leur investissement après deux ou trois ans.

Ce type de système permet de localiser en temps réel le personnel et le matériel.

Notre système *track-and-trace* nous permet de suivre plus rapidement et mieux le nombre d'heures prestées. Nous pouvons ainsi payer correctement et à temps les salaires. Le même raisonnement s'applique pour l'enregistrement des kilomètres parcourus et les primes de mobilité correspondantes. Grâce à une connexion à notre ERP, nous détectons les différences par rapport aux heures de travail prévues. Il nous arrive d'utiliser le système pour déterminer qui se trouve sur quel chantier. Nous pouvons ainsi relocaliser le personnel nécessaire en cas d'interventions urgentes.

Nic Hauchecorne, Borcalor PME de 14 salariés, située à Bornem, spécialisée dans les projets HVAC





# Des outils numériques pour faciliter le suivi des chantiers

La réalisation d'un projet de construction n'est pas toujours chose aisée. La rédaction, le traitement et le suivi d'un ensemble de notes manuscrites sont un travail de longue haleine, puisqu'il faut d'abord tout encoder avant de partager l'information avec les acteurs concernés.

## Suivi des remarques sur chantier

Cette difficulté peut être surmontée grâce à un logiciel de suivi de chantier. Cet outil permet d'enregistrer les remarques sur chantier et d'y joindre des documents, plans ou photos, de façon à donner une idée précise de ce qu'il faut faire. Chaque chantier s'accompagne ainsi d'une liste de remarques que l'on peut transmettre pour suite utile à la personne responsable ou au partenaire concerné. Dans une phase ultérieure, on pourra indiquer si des actions ont été entreprises, et obtenir ainsi un aperçu des remarques à traiter et des tâches à accomplir.

## Visites sur chantier

On peut formuler des remarques à chaque visite de chantier. Les visites peuvent avoir lieu avant le début des travaux, lors du contrôle des travaux ou au moment de la réception provisoire et de la réception définitive. Si aucun architecte ne collabore au projet, il convient de se rendre d'abord sur place, afin de reconnaître le terrain et de déterminer l'étendue des travaux avec le client. Les photos et les remarques peuvent ensuite être utilisées pour établir l'offre, mais aussi en cours de chantier pour relever d'éventuels défauts, identifier les risques et mettre en évidence les points non résolus. Lorsque certains travaux n'ont pas été effectués ou que des travaux supplémentaires ont été demandés (zone qui ne devait initialement pas être recouverte d'enduit, par exemple), les données peuvent être communiquées au sous-traitant par l'intermédiaire d'un rapport.

## Des rapports professionnels

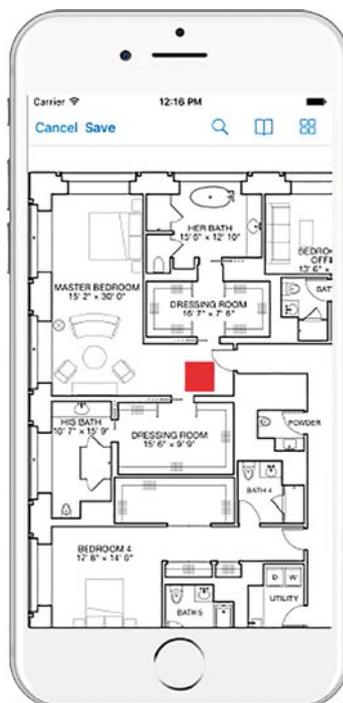
La rédaction d'un rapport (incluant des photos, des commentaires...) est grandement facilitée, puisqu'on dispose déjà d'une liste complète de remarques; ce rapport peut en outre être directement envoyé par mail aux intéressés.



## Quel investissement ?

Certaines applications de base sont disponibles gratuitement, mais leurs fonctionnalités sont limitées. Il faut habituellement tabler sur un coût de 15 à 30 € par mois et par utilisateur.

Grâce aux applications mobiles, documents, plans et photos peuvent être consultés sur chantier.



© ArchiSnapper



On peut élaborer et envoyer des rapports professionnels sur chantier en toute facilité. Tous les documents relatifs à un projet sont accessibles n'importe où et en un clin d'œil : plans, études techniques, études du béton, métrés, contrats... On peut également gérer les contacts téléphoniques avec le client, le sous-traitant ou l'architecte à tout moment et en tout lieu. En plus d'être très pratique et adapté aux petites entreprises de construction, le logiciel est simple d'utilisation; après quelques clics, il n'aura plus de secret pour vous.

*Dieter Delaplace,  
P & L Bouwbedrijf  
PME de 11 salariés,  
située à Courtrai,  
spécialisée en travaux de  
construction et de rénovation*

# EXECUTION + FIN DE CHANTIER

L'utilisation du BIM présente des avantages indéniables pour l'entrepreneur lors de la phase d'exécution, et ce, non seulement sur chantier, mais aussi en ce qui concerne le suivi des travaux, du planning et du budget. Lorsque les travaux touchent à leur fin, le BIM peut encore apporter une aide précieuse dans l'établissement des données *as-built* et dans la gestion ultérieure du bâtiment.

## Le BIM pour l'exécution et la fin de chantier

### 1 Utilisation du BIM durant l'exécution

#### 1.1 Une perception améliorée pour l'exécutant

Comme nous l'avons expliqué (voir l'article 'Le BIM pour la préparation de chantier et les achats', p. 26-27), lors de la préparation de chantier, les maquettes numériques ou modèles d'information numérique du bâtiment peuvent être complétés avec les données propres à l'exécution, de façon à pouvoir en extraire des plans d'exécution ou d'autres documents (tels qu'une liste des locaux à carreler et des matériaux nécessaires à cet effet, par exemple). La représentation virtuelle d'un bâtiment permet de produire plus rapidement différents plans partiels spécifiques; la clarté s'en trouve dès lors améliorée et l'exécutant a une meilleure perception des travaux à effectuer.

#### 1.2 Gestion des versions

Etant donné que les plans d'exécution et/ou les maquettes numériques sont constamment échangé(s) entre les intervenants, il s'agit de vérifier que chacun dispose bien de la dernière version du fichier. Grâce à l'emploi d'un serveur centralisé (voir p. 7), les partenaires ne doivent communiquer leurs informations qu'à une seule reprise et l'exécutant est toujours certain de disposer de la version la plus récente des plans, listes et autres données. Il va sans dire que cette méthode de travail permet d'éviter de nombreuses erreurs.

#### 1.3 Suivi des travaux

On peut également mettre des applications numériques de suivi des travaux à la disposition des utilisateurs via le serveur central. Il existe à cet effet différents

outils qui facilitent la communication et qui se basent sur la maquette numérique. On obtient de cette manière un cadre clair et structuré pour le suivi du chantier.

#### 1.4 Suivi du planning (BIM 4D) et du budget (BIM 5D)

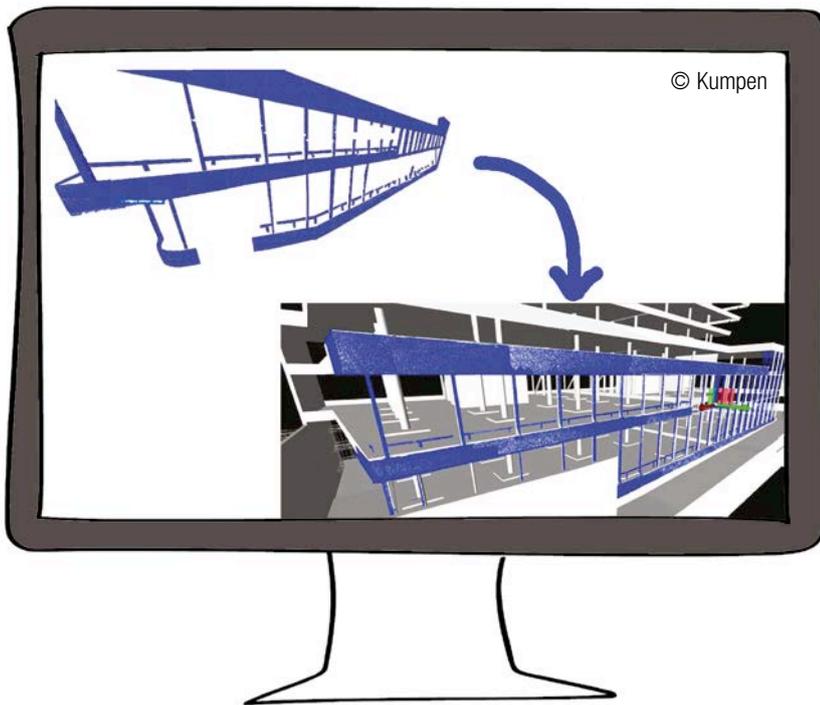
L'usage du BIM ne se limite pas à l'exécution sur chantier : il offre aussi un éventail de possibilités en matière de suivi du planning et du budget. Si intégrer le planning à la maquette numérique présente des avantages incontestables au cours de la préparation du chantier (voir 'Le BIM pour la préparation de chantier et les achats', p. 26-27), le fait de disposer d'un planning de qualité constitue un atout au stade de l'exécution également.

Le planning numérique peut ainsi être mis à jour lors des travaux; grâce au suivi des tâches réalisées, on peut aisément donner au maître d'ouvrage un aperçu visuel de l'avancement du chantier et calculer les quantités correspondantes. On peut ensuite reprendre ces données afin d'établir un état d'avancement ou de contrôler les états d'avancement des soustraitants.

Le BIM peut en outre se révéler utile pour transmettre des informations graphiques (en 2D ou dans un autre format) aux exécutants. Ainsi, pour le planning quotidien, on pourrait créer une affiche comportant des indications graphiques et mentionnant, par exemple, quelles colonnes en béton doivent être coulées le jour même.

1 | Les lunettes intelligentes offrent de nombreuses possibilités sur le chantier du futur.





2 | Scannage 3D : comparaison des situations réelle et projetée en vue de la pose d'une façade rideau.

Les modifications apportées tout au long de l'exécution peuvent, elles aussi, être enregistrées dans la maquette numérique, ce qui permet aux utilisateurs de générer des plans d'exécution adaptés, et donc de suivre l'évolution des coûts. Dans le cas où l'on déciderait sur chantier d'incorporer une isolation à des cloisons légères qui devaient initialement en être dépourvues, il suffirait d'introduire ce changement dans la maquette numérique pour que les quantités du poste 'isolation' soient recalculées. Si l'on y intègre les prix unitaires, on peut aussi gérer l'évolution des coûts.

## 2 Le dossier *as-built*

Le bon suivi des modifications éventuelles apportées sur le terrain s'avère essentiel pour le dossier *as-built* également, car la gestion du bâtiment sera facilitée par un dossier de qualité. La maquette numérique doit dès lors être la plus complète, la plus actualisée et la plus structurée possible pour servir de référence. On peut d'ailleurs y relier toutes sortes d'informations complémentaires (géométriques ou non), telles

que la fiche technique, la fiche d'entretien et la facture d'une chaudière. En opérant de cette manière, on crée un dossier *as-built* numérique structuré en lieu et place d'un dossier confus encombré de fiches techniques.

## 3 Outils numériques et BIM

### 3.1 Lunettes intelligentes

Bien que cela ne soit pas encore d'actualité, le BIM peut parfaitement s'utiliser en combinaison avec des lunettes intelligentes. Les lunettes de 'réalité augmentée', qui permettent de faire apparaître des éléments virtuels dans la réalité, en sont un exemple. On pourrait, entre autres, les utiliser pour comparer la position des gaines techniques déjà présentes avec celle des cloisons légères à poser.

### 3.2 Scannage tridimensionnel

Parmi les techniques qui se combinent parfaitement avec le BIM, on compte le scannage 3D. Ce procédé consiste à scanner la totalité ou une partie d'un

ouvrage de construction et à intégrer les images obtenues dans la maquette numérique ou à les comparer à cette dernière. On peut aussi notamment comparer le gros œuvre exécuté à la maquette, en vue de contrôler les tolérances avant l'application de la finition (pose d'une façade-rideau, par exemple) (voir figure 2).

## 3.3 Radio-identification

Outre les outils tridimensionnels, d'autres applications peuvent se révéler utiles pour la gestion des chantiers. On peut ainsi contrôler l'avancement des travaux dans la maquette numérique en faisant appel à l'identification par radiofréquence. Les éléments préfabriqués peuvent, par exemple, être pourvus d'étiquettes d'identification par radiofréquence (*Radio Frequency Identification tags*) ou étiquettes RFID (munies d'une puce permettant de consulter et d'intégrer des informations à distance), qui permettent de tracer leur livraison et leur pose. Les éléments de façade munis d'étiquettes RFID peuvent, à leur tour, être automatiquement suivis en termes de planning : grâce à la maquette, on sait si les éléments ont été posés, s'ils sont en route ou s'ils doivent encore être fabriqués, mais aussi si des éléments doivent être remplacés.

## 4 BIM Métiers

Tout porte à croire que l'entrepreneur aura d'ici peu de plus en plus souvent recours aux applications numériques sur chantier. Même s'il n'utilisera peut-être pas tout de suite les outils de haute technologie décrits ci-avant, on peut très bien imaginer qu'il emploiera un simple visualiseur pour consulter des maquettes numériques sur chantier. L'entrepreneur pourra alors visualiser les différents éléments du projet (et pas seulement les plans en 2D) – ce qui améliorera sa perception de l'ouvrage – mais aussi emporter sur sa tablette le planning des tâches à effectuer et le suivi de chantier. Grâce à cette méthode de travail, les exécutants peuvent à tout moment accéder en un clin d'œil aux dernières informations, réduire les risques d'erreur et améliorer le suivi. |

# LE BIM POUR TOUS

Aujourd'hui, la question de l'utilisation des technologies numériques dans la construction ne se pose plus. Quel que soit le rôle joué par l'entreprise ou sa taille, l'intérêt du BIM n'est plus à démontrer. Le mouvement est de fond et pour tout le monde.

## Le Comité technique BIM & ICT à la manoeuvre

Les opportunités liées au développement des technologies numériques concernent tous les acteurs. L'utilisateur doit néanmoins être au cœur de la démarche. Le numérique et le BIM doivent en effet s'adapter à chacun pour servir la qualité et l'efficacité.

Acteur clé de la transformation numérique en Belgique, le CSTC se tourne vers ses Comités techniques pour préciser, avec leurs membres, comment développer des actions et des projets répondant aux besoins actuels et futurs des entre-

prises. Le Comité technique BIM & ICT est au cœur de la dynamique. Les professionnels dont il est composé ont défini les cinq thématiques prioritaires pour lesquelles cinq groupes de travail ont été constitués : **classification, protocoles d'échange, bases de données, aspects juridiques (Confédération Construction) et, enfin, formations et profils de compétence**. Pour ces thématiques, le Comité technique peut s'appuyer sur les deux projets dont il est question ci-après et qu'il a entrepris en plus du projet VIS 'BIM' déjà en cours (voir encadré).

codec

Cette étude prénormative, cofinancée au niveau fédéral par le SPF Economie, vise à développer un cadre de communication (un vocabulaire) harmonisé pour la construction informatisée grâce à la production de normes et de standards permettant l'échange de fichiers informatiques (entre l'architecte et le calculateur, le concepteur et l'entrepreneur...) sans perte d'information. En s'appuyant sur la maquette numérique, l'étude développera en outre des méthodes automatisées de vérification réglementaire pour la construction (acoustique, accessibilité...), la maintenance et la rénovation des bâtiments.

### Projet VIS 'BIM'



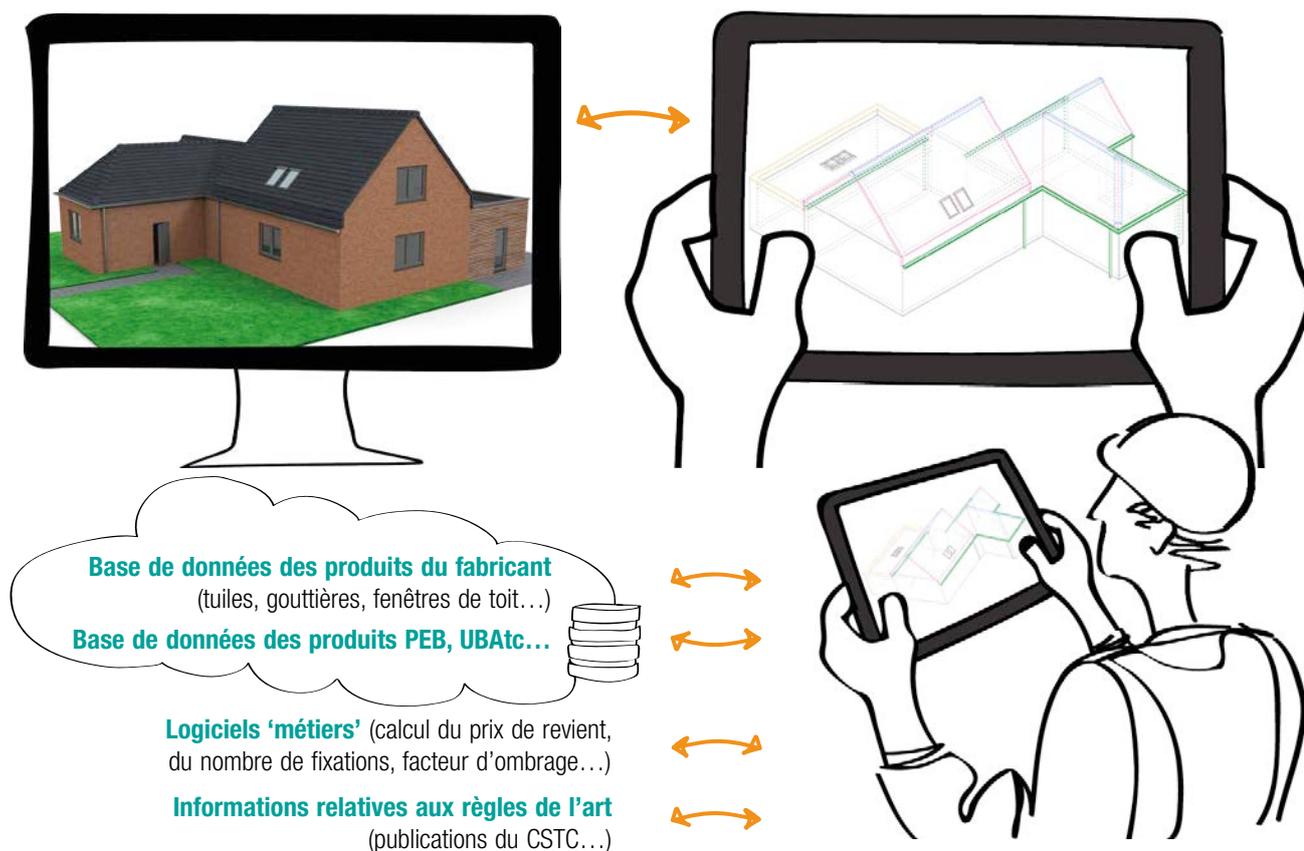
Mené avec le soutien du VLAIO et en collaboration avec ORI (Organisation des bureaux d'ingénierie et de conseil), la NAV (organisation professionnelle d'architectes), la VCB (Confédération Construction flamande) et le CSTC, ce projet a pour objectif de familiariser les professionnels – entrepreneurs, architectes, bureaux conseil, bureaux d'ingénieurs... – avec le BIM et de les inciter à l'utiliser en pratique, que ce soit par le biais de sessions d'information ou de workshops.

Près de **400 professionnels** de la construction ont déjà pris part aux sessions d'information qui ont eu lieu à Gand, à Louvain et à Anvers, ainsi qu'aux workshops qui se sont déroulés à Heusden-Zolder, à Anvers et à Gand. Un événement de clôture, pour lequel on attend une centaine de participants, accueillera la présentation des résultats de ces workshops ainsi que de nombreuses autres activités sur le BIM.



Cofinancé par VLAIO (Flandre), ce groupement d'une cinquantaine d'entreprises a pour objectif de favoriser la coopération entre ses membres et les professionnels du bâtiment. Sur le plan technologique, il ambitionne de développer ou de stimuler le développement de produits tels que des bases de données ou des outils prêts à l'emploi compatibles avec le BIM.

Dans le cadre des activités de normalisation européennes, le CSTC est également opérateur sectoriel et responsable



Des vues et données 'métiers' pourront être extraites de la maquette numérique et connectées à des bases de données, des logiciels de calcul ou de simulation ou à des informations relatives aux règles de l'art.

de la Commission miroir pour le CEN TC 442 BIM. Il prend donc part activement aux choix opérés dans les divers groupes de travail mis en place pour faciliter l'adoption d'un **cadre d'échange harmonisé au niveau européen**.

### Une approche 'métier' indispensable

L'acte de construire ou de rénover est avant tout une histoire de métier et de savoir-faire. Le BIM et le numérique doivent se mettre au service de l'homme de terrain pour lui faciliter la tâche. Ceci au même titre que l'ergonomie et les fonctionnalités des outils et machines de chantier d'aujourd'hui qui ont été pensées pour répondre, sur mesure, aux besoins des utilisateurs. Le BIM permet de construire virtuellement un ouvrage, afin de préparer au mieux sa construction sur chantier et de gérer, par la suite, le reste de son cycle de vie (entretien,

renovation, démolition). Bien documentée, une maquette numérique (dont la partie la plus visible est la représentation en 3D du projet) contient toutes les informations nécessaires pour réaliser l'ensemble des études et des contrôles réglementaires souhaités (stabilité, acoustique, thermique, incendie...). Les corps de métier peuvent également en extraire les données utiles pour établir leurs métrés et donc leur offre de prix, passer commande des matériaux, préparer le chantier et l'exécuter. Pour que ces vues et données 'métiers' répondent à leurs besoins (et ne soient pas inutilement surchargées), il faut néanmoins préciser quelle information est nécessaire, à quel moment celle-ci doit être extraite ou communiquée, par qui et sous quelle forme. Il revient aux Comités techniques du CSTC de formuler des réponses concrètes à ces questions. Un exercice qui peut s'inspirer du travail réalisé en son temps pour le développement de certains logiciels 'métiers'

tels que Roof IT pour les couvreurs ou CaroLine pour les carreleurs.

A titre d'exemple, le couvreur ne devrait disposer que d'une vue de la toiture (extraite de la vue globale du bâtiment) et en connaître la hauteur ainsi que les contraintes liées aux conditions de chantier (accès, par exemple). Il peut également avoir besoin de précisions sur l'architecture générale de l'ouvrage, si des échafaudages doivent être fixés à la façade, et sur les lignes particulières (arêtiers, faîtières, brisis...) pour calculer le nombre de tuiles spéciales en fonction du modèle choisi. Il doit connaître le positionnement et la nature des fenêtres de toit, des cheminées et des autres percements, éventuellement identifiés par des codes de couleur spécifiques. Les quantités (surfaces, longueurs linéaires) associées à ces éléments doivent également être communiquées aux couvreurs et être adaptées selon les spécificités de la tuile ou de l'ardoise choisie. Les

ouvrages d'évacuation des eaux pluviales (gouttières, descentes) peuvent aussi être précisés pour connaître leur tracé, leur nombre et le type de pièces de raccord. L'entrepreneur pourra établir son offre de prix à partir de ces informations dont le format doit pouvoir être exploitable par les logiciels de calcul de devis, par exemple. Il peut éventuellement ajouter des textures sur la vue de la toiture, afin d'obtenir un rendu plus fidèle (à destination du client).

Le CSTC s'attellera donc dans les prochains mois, avec l'appui des professionnels issus des Comités techniques, à définir les vues et données 'métiers' souhaitées et les protocoles d'échange d'informations qu'elles nécessitent.

### Les bases de données comme sources centrales d'information

Comme nous l'avons dit précédemment, l'utilisation de la technologie BIM peut être facilitée par le développement de logiciels offrant une valeur ajoutée aux divers métiers de la construction (métré, calcul de prix, planning...) et permettant de calculer certaines performances technologiques (isolation acoustique et thermique, ensoleillement...) ou de contrôler certains aspects de la réglementation.

Les informations dont le professionnel doit disposer pour faire fonctionner correctement de telles applications varient selon les objectifs recherchés et les phases du projet (conception, exécution, *as-built*...). Le principe consiste toutefois à créer une base de données d'objets ou d'éléments qui viendra alimenter le modèle géométrique. Même s'il est possible de retranscrire ces informations manuellement pour chaque application, ce travail reste évidemment

Le CSTC s'attellera dans les prochains mois, avec l'appui des professionnels issus des Comités techniques, à définir les vues et données 'métiers' souhaitées et les protocoles d'échange d'informations qu'elles nécessitent.

particulièrement fastidieux. L'utilisation de **bases de données compatibles avec le BIM** peut accélérer sensiblement ce processus et éviter les erreurs de saisie. Les informations techniques nécessaires ne doivent ainsi être attribuées ou 'reliées' à un objet qu'une seule fois et peuvent ensuite être utilisées pour toutes les applications.

Différentes bases de données sont nécessaires selon le processus de construction. Lors de la soumission et au cours de la phase d'exécution, il y a lieu de faire appel à des bases de données techniques de produits commerciaux disponibles. En revanche, dans la phase de conception, on utilise de préférence des données génériques associées aux performances techniques des éléments.

La question de savoir quelles informations doivent être fournies, à quel stade du projet, sous quel format et avec quel niveau de fiabilité est actuellement au cœur du débat. Les réponses à y apporter passeront sans aucun doute par la création d'un **cadre harmonisé** favorisant la meilleure interopérabilité possible. Les besoins et souhaits de chacun des corps de métier seront également identifiés avec l'appui des Comités techniques concernés.

Signalons que de nombreuses actions sont entreprises et que différents systèmes commerciaux existent en Europe. Ainsi, le CEN TC 442 (WG4) a pour mission de développer une méthodologie visant à décrire des informations techniques fiables, harmonisées et univoques (en ce qui concerne les données techniques...). Il y a également lieu de prêter attention aux aspects juridiques : qui est responsable des informations proposées, comment retracer dans dix ans des informations techniques qui ne seront peut-être plus disponibles ('lien historique')...

Les **bases de données partielles** développées et alimentées par les fabricants sous leur responsabilité juridique peuvent apporter une solution pour autant que les données techniques et les détails utilisés répondent aux exigences du CEN TC 442. Les informations ainsi mises à disposition peuvent alors être associées à une base de données centralisée qui pourra être consultée via Internet.

Pour résoudre le problème du 'lien historique', on pourrait relier au modèle BIM d'un projet une base de données locale et ainsi pérenniser la disponibilité des informations attribuées aux objets qui intégreraient alors un renvoi à la base de données.

## Vers un TechCom BIM ready

Le CSTC ambitionne de développer, à partir de l'outil actuel **TechCom** ([www.techcom.be](http://www.techcom.be)), une base de données 'BIM ready' qui reprendrait les informations technico-commerciales actuelles, mais aussi des données techniques fondamentales éprouvées telles que celles contenues dans les agréments techniques ou celles mesurées selon la norme de référence par un laboratoire accrédité (coefficients de conductivité thermique des matériaux isolants, par exemple). Cet outil se veut donc complémentaire aux bases de données développées par les fabricants.

# Projets du CSTC

Afin de répondre aux besoins du secteur de la construction, le CSTC mène actuellement diverses recherches et actions de sensibilisation relatives à la révolution industrielle 4.0 dans la construction. Ce numéro thématique a pu être publié grâce au soutien de ces projets.

 NBN

## Bureau de normalisation et SPF Economie

**CODEC** – Communication framework for digital construction (voir p. 32)



 économie

 innoviris.brussels  
empowering research

## InnovIRIS

**Digital Construction** – Guidance technologique ‘Eco-construction et développement durable’

La Guidance étend ses domaines de compétence et offre désormais un soutien aux professionnels pour tout ce qui concerne le BIM et les technologies numériques innovantes.

 AGENTSCHAP  
INNOVEREN &  
ONDERNEMEN

 Vlaanderer  
is toekomst

## VLAIO

- **3D-Restauratie** – Nouvelles techniques de modelage pour la restauration du métal, de la pierre et du plâtre
- **VIS ‘BIM’** (voir p. 32)
- **Cluster ‘Off-Site construction - Bouwindustrialisatie’** – Produits de construction préfabriqués et automatisation sur chantier
- **Cluster BIM** (voir p. 32)

## Publications

Les publications du CSTC sont disponibles :

- sur notre site Internet :
  - gratuitement pour les entrepreneurs ressortissants
  - par souscription pour les autres professionnels (enregistrement sur [www.cstc.be](http://www.cstc.be))
- sous forme imprimée et sur clé USB.

Pour tout renseignement, appelez le 02/529.81.00 (de 8h30 à 12h00) ou contactez-nous par e-mail ([publ@bbri.be](mailto:publ@bbri.be)).

## Formations

- Pour plus d’informations au sujet des formations, contactez J.-P. Ginsberg par téléphone (02/625.77.11) ou par e-mail ([info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)).
- Lien utile : [www.cstc.be](http://www.cstc.be) (rubrique ‘Agenda’).



Une édition du Centre scientifique et technique de la construction, établissement reconnu en application de l’arrêté-loi du 30 janvier 1947

Editeur responsable : Jan Venstermans,  
CSTC, rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles

Revue d’information générale visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l’étranger.

La reproduction ou la traduction, même partielles, des textes et des illustrations de la présente revue n’est autorisée qu’avec le consentement écrit de l’éditeur responsable.

[www.cstc.be](http://www.cstc.be)

## Recherche • Développe • Informe

Principalement financé par les redevances de quelque 85.000 entreprises belges représentant la quasi-majorité des métiers de la construction, le CSTC incarne depuis plus de 55 ans le centre de référence en matière scientifique et technique, contribuant directement à l'amélioration de la qualité et de la productivité.

### Recherche et innovation

L'introduction de techniques innovantes est vitale pour la survie d'une industrie. Orientées par les professionnels de la construction, entrepreneurs ou experts siégeant au sein des Comités techniques, les activités de recherche sont menées en parfaite symbiose avec les besoins quotidiens du secteur.

Avec l'aide de diverses instances officielles, le CSTC soutient l'innovation au sein des entreprises, en les conseillant dans des domaines en adéquation avec les enjeux actuels.

### Développement, normalisation, certification et agrément

A la demande des acteurs publics ou privés, le CSTC réalise divers développements sous contrat. Collaborant activement aux travaux des instituts de normalisation, tant sur le plan national (NBN) qu'europpéen (CEN) ou international (ISO), ainsi qu'à ceux d'instances telles que l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc), le Centre est idéalement placé pour identifier les besoins futurs des divers corps de métier et les y préparer au mieux.

### Diffusion du savoir et soutien aux entreprises

Pour mettre le fruit de ses travaux au service de toutes les entreprises du secteur, le CSTC utilise largement l'outil électronique. Son site Internet adapté à la diversité des besoins des professionnels contient les ouvrages publiés par le Centre ainsi que plus de 1.000 normes relatives au secteur.

La formation et l'assistance technique personnalisée contribuent au devoir d'information. Aux côtés de quelque 650 sessions de cours et conférences thématiques impliquant les ingénieurs du CSTC, plus de 18.000 avis sont émis chaque année par la division Avis techniques.

### SIÈGE SOCIAL

Rue du Lombard 42, B-1000 Bruxelles  
tél. 02/502 66 90  
fax 02/502 81 80  
e-mail : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)  
site Internet : [www.cstc.be](http://www.cstc.be)

### BUREAUX

Lozenberg 7, B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
tél. 02/716 42 11  
fax 02/725 32 12

- avis techniques – publications
- gestion – qualité – techniques de l'information
- développement – valorisation
- agréments techniques – normalisation

### STATION EXPÉRIMENTALE

Avenue Pierre Holoffe 21, B-1342 Limelette  
tél. 02/655 77 11  
fax 02/653 07 29

- recherche et innovation
- formation
- bibliothèque

### CENTRE DE DÉMONSTRATION ET D'INFORMATION

Marktplein 7 bus 1, B-3550 Heusden-Zolder  
tél. 011/79 95 11  
fax 02/725 32 12

- centre de compétence TIC pour les professionnels de la construction (ViBo)
- centre d'information et de documentation numérique pour le secteur de la construction et du béton (Betonica)

### BRUSSELS MEETING CENTRE

Boulevard Poincaré 79, B-1060 Bruxelles  
tél. 02/529 81 29

### BRUSSELS GREENBIZZ

Rue Dieudonné Lefèvre 17, B-1020 Bruxelles  
tél. 02/233 81 00