

PRÉVENTION BTP

[PERSPECTIVES]

BIM

UN OUTIL PROMETTEUR
POUR LA PRÉVENTION

PROPOSÉ PAR **OPPBTP**

Préfacé par Yves Laffoucrière
Président du plan BIM 2022

L'OPPBTP est l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics. Sa mission est de conseiller, de former et d'informer les entreprises de ce secteur à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles et à l'amélioration des conditions de travail. Grâce à son réseau national de 324 collaborateurs répartis dans 13 agences et six bureaux, l'OPPBTP accompagne les entreprises dans l'analyse des risques de leur métier, dans la réalisation du document unique, dans la mise en œuvre de leur plan de formation.

L'OPPBTP propose aux entreprises des services et des formations personnalisés répondant à leurs besoins. Il met à disposition sur son site preventionbtp.fr diverses publications, outils pratiques, fiches conseils pour aider les entreprises dans leur gestion de la prévention.

Préface

Dans l'ouvrage *Un demi-siècle de prévention : 1947-2002*, Jackie Boisselier signifiait qu'une démarche efficace de prévention reposait sur trois principes majeurs : la globalité, le principe d'interdisciplinarité et le principe de participation. Depuis des années, les actions de prévention menées par les entreprises et fondées sur ces axiomes se sont traduites par une baisse significative de la sinistralité. La période 2007-2017 a vu une diminution de 28 % de l'indice de fréquence des accidents du travail ! Néanmoins, bien que ces chiffres soient bons, les accidents sont encore trop nombreux et il est indispensable de continuer à progresser en prévention des risques professionnels dans la construction.

Le BIM, dans son ADN, repose sur les mêmes principes : la globalité, l'interdisciplinarité et la participation de tous ! Il semble donc indéniable que le BIM devienne un nouvel instrument au service de la prévention. C'est ce à quoi s'attache à démontrer cette publication de l'OPPBT. Le BIM offre de nouvelles possibilités par rapport à des processus classiques comme l'utilisation de la 4D et de la détection de clashes temporels pour identifier les coactivités, ce qui permet de maximiser l'utilisation de la maquette numérique et d'envisager à terme des améliorations en prévention pour l'ensemble des femmes et des hommes qui travaillent sur les chantiers.

Le BIM, tout comme la prévention, s'adresse à tous et le BIM Prévention le démontre parfaitement. En effet, quel qu'il soit, le premier contact qu'un acteur de l'acte de construire aura avec le BIM se réalisera probablement au travers de la visualisation en 3D de l'ouvrage à bâtir. Ceci est déjà un acte de prévention en soi car il permet de partager une représentation unique et unifiée de l'ouvrage, entre l'ensemble des acteurs. Cette opportunité qu'offre le BIM Prévention est un retour immédiat pour tous les acteurs.

Le BIM et le BIM Prévention s'appuient sur de nombreuses start-up qui répondent de manière innovante aux besoins des acteurs maître d'ouvrage, entreprises... C'est pourquoi le BIM Prévention n'en est qu'à ses débuts et que de nouvelles opportunités restent à découvrir tant pour le BIM que pour la prévention.

Je félicite l'OPPBT pour cette initiative qui contribue, comme l'ensemble des travaux menés par les différentes organisations professionnelles présentes au sein du Plan BIM 2022, à soutenir le développement et la diffusion de la culture BIM auprès de tous les acteurs de la filière.

Yves Laffoucrière
Président du plan BIM 2022

P. 3 **Introduction**

Qu'est-ce que le BIM ?

- P. 4 Objectifs du BIM : les cas d'usage
- P. 6 Logiciels BIM et fonctionnalités
- P. 7 Objets BIM
- P. 10 Avantages courants du BIM
- P. 11 Traitements automatisés réalisables en BIM

Les opportunités du BIM pour la prévention

- P. 13 Compréhension et visualisation du chantier
- P. 15 Diminution du risque d'ensevelissement
- P. 15 Prise en compte des dimensions du poste de travail
- P. 16 Intégration de la prévention au fil de la conception
- P. 17 Modélisation des opérations de levage et d'accès en hauteur
- P. 17 Diminution des manutentions inutiles
- P. 18 Gestion des coactivités grâce à la 4D
- P. 19 Détection de collisions et amélioration des conditions de travail
- P. 20 Aide à l'établissement du DIUO
- P. 20 Anticipation de la prévention de demain

Le BIM Prévention pour les acteurs de la construction

- P. 22 Maître d'ouvrage
- P. 23 Maître d'œuvre
- P. 23 Coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (CSPS)
- P. 24 Entreprises

P. 26 **Conclusion**

P. 27 **Annexes**

- P. 28 Annexe 1 : Objets BIM équipements de travail
- P. 32 Annexe 2 : Zoom sur la détection de clashes
 - 2A - Détection de collisions solidiennes
 - 2B - Détection de collisions volumiques
 - 2C - Détection de collisions temporelles
- P. 35 Annexe 3 : Bibliographie

Introduction

L'année 2014 marque le début du BIM en France. Les avantages qu'il apporte à l'ensemble des acteurs de la construction sont nombreux. L'amélioration de la qualité des constructions, grâce à une meilleure efficacité des échanges d'informations entre acteurs, et l'amélioration de la qualité des études, grâce à l'emploi de certaines fonctionnalités BIM comme la détection de collisions, figurent parmi les plus documentés. L'emploi de la maquette BIM comme support des opérations d'entretien-maintenance est également largement illustré. Le BIM est en pleine dynamique ; de nouveaux usages de la maquette émergent chaque année. Son utilisation se révèle porteuse de nombreux arguments en faveur de la démarche globale de prévention.

Amélioration de la compréhension des chantiers, modélisation des opérations de levage d'accès en hauteur, identification de certaines coactivités grâce à la 4D, aide à la réalisation des dossiers d'intervention ultérieure sur ouvrage (DIUO), etc. Au fur et à mesure que les acteurs s'approprient le BIM, les apports en prévention comparés à ceux d'une démarche traditionnelle se manifestent d'eux-mêmes, sans qu'il soit nécessaire de mettre l'accent sur la dimension santé et sécurité. Cet ouvrage présente aussi bien les utilisations du BIM déjà ancrées dans les pratiques de certaines entreprises que celles qui émergent et arriveront à maturité très prochainement.

Ce document, qui s'adresse à l'ensemble des acteurs de la construction, a été rédigé sous un angle pragmatique dans son approche au BIM. Ainsi, l'annexe 1 « Objets BIM équipements de travail » répertorie des références de matériel que nous avons identifiées afin d'aider les entreprises à intégrer de manière concrète le BIM à leur propre matériel et à leur propre chantier. L'annexe 2 « Collisions », quant à elle, fournit une description visuelle des différents types de collisions pour mieux appréhender leur impact en prévention.

Qu'est-ce que le BIM ?

Le BIM est à la fois une maquette en trois dimensions, une base de données organisée des informations relatives à l'ouvrage, ainsi qu'un mode de management. Ce chapitre vise à rappeler simplement quelques notions liées au BIM afin de bien saisir les opportunités qu'il offre pour la prévention.



Le plan de transition numérique du bâtiment (PTNB), qui a été lancé début 2015 a établi les fondations du BIM en France. Il donne cette définition : « Le BIM, qui vient de l'acronyme anglais "Building Information Modeling", peut se traduire en français par modèle, modélisation ou management des informations du bâtiment. Le BIM n'est pas un outil ou un logiciel mais c'est l'ensemble des processus collaboratifs qui alimentent la maquette numérique tout au long du cycle de vie des ouvrages. Il permet le travail et la collaboration entre les différents intervenants d'un projet de construction et permet la conception et l'exploitation de la maquette numérique. La maquette numérique constitue une base de données technique, standardisée, partagée. Elle contient les objets composant le bâtiment, leurs caractéristiques physiques, techniques et fonctionnelles et les relations entre ces objets comme la composition détaillée d'un mur ou la localisation d'un équipement dans une pièce ¹. »

Contrairement à l'impression que peut laisser une maquette numérique, le BIM ne se limite pas à la modélisation de bâtiments neufs, mais peut également servir dans le cadre d'opérations de rénovation et de réhabilitation, notamment grâce à l'utilisation de scanner 3D.

L'utilisation du BIM pour la prévention se fait au travers de ses différentes facettes (3D, 4D, informations contenues dans les objets BIM, collaboration, etc.). Cette première partie a pour objet de rappeler ces notions afin d'appréhender les apports du BIM à la prévention.

Objectifs du BIM : les cas d'usage

La **modélisation** de la maquette numérique d'un ouvrage, de manière collaborative entre les différents acteurs du projet, n'est pas une fin en soi, c'est plutôt à ce moment-là que commence l'intérêt du BIM. En effet, la maquette numérique n'a d'utilité que si l'on s'en sert pour répondre à un certain nombre d'objectifs couramment désignés comme étant « des cas d'usage », ou encore, de manière triviale, par le terme de dimension (4D, 5D, etc.).

¹ Plan de transition numérique du bâtiment (PTNB).

Parmi ces usages, on retrouve par exemple :

- la définition, l'analyse et la vérification du programme ;
- l'analyse du site ;
- la planification 4D (association de la maquette 3D et du planning) et 5D (aspects économiques) ;
- l'extraction des quantités et valeurs significatives ;
- la gestion de collisions ;
- la consolidation des DOE (Dossier des ouvrages exécutés) et DIUO (Dossier d'intervention ultérieure sur ouvrage).

Le cas d'usage « Prévention » est, lui, à construire ; il est transversal à de nombreux usages déjà identifiés. Une fois les usages retenus par le maître d'ouvrage, la maquette s'enrichit au fur et à mesure de l'avancement de la conception, puis de la réalisation. Au départ, les objets sont identifiés par leur volume, puis leurs caractéristiques géométriques s'affinent et leur définition technique se précise. On parle alors du LOD (*Level of Development*) de la maquette numérique.

Les dimensions 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D

Dans un certain nombre de cas, ces usages sont définis comme des dimensions (2D, 3D, 4D, 5D, 6D, etc.). Les dimensions correspondent à une utilisation de la maquette qui est faite pour répondre à un enjeu (économique, organisation spatiotemporelle du chantier, etc.) et sont en général définies comme tel.

- 3D : Maquette suivant les trois dimensions x, y, z.
- 4D : Introduction des notions de temps et de moyens.
- 5D : Intégration des coûts.
- 6D : Analyse du cycle de vie.
- 7D : Exploitation et maintenance.

La définition de ces dimensions n'est pas normée. L'enjeu prévention santé et sécurité n'y figure pas, mais intervient d'une manière transverse à plusieurs dimensions.

LOD : Level of Development

Le deuxième indicateur à caractériser la maquette, c'est le LOD qui vient préciser la finesse géométrique et technique de la maquette et des objets la composant. Chaque niveau est défini en fonction du niveau de détail géométrique (*Level of Detail*) ainsi que du niveau d'information (*Level of Information*) contenus dans les objets. Les LOD sont associés à un multiple de 100, variant de 100 à 500, 100 désignant un niveau d'information faible, 500 désignant le niveau d'information le plus fort.

NDG	LIBELLÉ	DESCRIPTION	ÉQUIVALENT BIM FORUM	REPRÉSENTATION
0	Marquage			
1	Symbolique			
2	Encombrement	Représentation 3D schématisée des éléments de modèle génériques avec approximation de la taille, forme et emplacement des éléments.	LOD 200	 Illustration : appareil de plomberie ref D2010.60 de l'annexe A
3	Représentation de générique	Représentation 3D permettant de reconnaître l'objet. Les dimensions, formes et positions et orientations sont spécifiques. Les espacements et les dégagements requis pour les objets restent approximatifs.	LOD 300	 Illustration : appareil de plomberie ref D2010.60 de l'annexe A
4	Représentation détaillée	Représentation 3D réaliste. Les dimensions, formes, positions, orientations, espacements et dégagements sont spécifiques.	LOD 350	 Illustration : appareil de plomberie ref D2010.60 de l'annexe A
5	Représentation réaliste (fabricant)	Représentation 3D réaliste. Les dimensions, formes, positions, orientations, espacements et dégagement sont spécifiques aux éléments au niveau tel que construit / fabriqué.	LOD 400	 Illustration : appareil de plomberie ref D2010.60 de l'annexe A

Source : PTNB – Convention BIM Type

En fonction de l'avancement du projet, les objets voient leur définition s'enrichir dans leur finesse géométrique et dans leur richesse d'informations intégrées. On retrouve dans les conventions la notion de niveau de développement (ND) qui contient les éléments suivants.

- **Le Niveau de détail géométrique (NDG)** : description des granularités de la propriété géométrique des maquettes numériques qui seront attendues aux différents stades du projet.
- **Le Niveau d'information (NI)** : description de la granularité des données et propriétés incluses pour un objet dans la maquette numérique.
- **Le Niveau de documentation (NDo)** : description des éléments composant le corpus documentaire du projet, des premiers schémas de principes aux détails d'exécution et fiches techniques détaillées.

La notion de « LOD » peut se rapprocher des différents éléments de mission au sens de la loi MOP (Loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée), la définition d'un objet se renforçant lorsque le projet avance dans ses différents jalons : ESQ (Esquisse), APS (Avant-Projet sommaire), APD (Avant-Projet définitif), etc. Il est nécessaire d'adapter le niveau de détail aux différentes phases du projet pour conserver une souplesse d'utilisation maximum, en particulier en mobilité.

Logiciels BIM et fonctionnalités

Il existe de nombreux logiciels BIM sur le marché avec des fonctions très diverses (plateforme d'hébergement de maquette, simulation thermique dynamique...).

État des lieux des logiciels BIM

Le PTNB a établi un référencement des différents éditeurs et logiciels BIM existant sur le marché. 92 éditeurs sont référencés à ce jour et 171 solutions informatiques ont été répertoriées (www.batiment.-numérique-outils-bim.fr) pour l'ensemble des métiers. Les différentes solutions ne sont pas homogènes ; elles peuvent être regroupées en quelques grandes familles.

- Les logiciels permettant d'élaborer des maquettes numériques.
- Les solutions logicielles métiers qui, à partir de la maquette, peuvent apporter des réponses en termes de :
 - calcul structurel ;
 - calcul thermique de la simulation thermique ;
 - calcul électrique ;
 - réalisations d'audit énergétique ;
 - phasage et planification...

Ces solutions logicielles complémentaires peuvent être soit autonomes du logiciel permettant de réaliser la maquette numérique, soit faire partie d'un module complémentaire.

- Les solutions support, par exemple de stockage sur des plateformes collaboratives (par exemple : KROQI).
- Les visualiseurs de maquette numérique gratuits.
- Les solutions d'enrichissement de la maquette.
 - Exemple** : le scanner 3D permet la création d'un nuage de points représentant l'enveloppe interne et externe du bâtiment avec une précision au millimètre. Ce nuage de points peut ensuite être importé dans la maquette.
- Les solutions d'immersion dans la maquette soit en RA (réalité augmentée), soit en RV (réalité virtuelle).
- Les sites Internet catalogue d'objets qui peuvent être téléchargés et qui viennent enrichir la maquette. On y retrouve soit des objets génériques, soit des objets provenant d'industriels.
- Les éditeurs d'objets BIM qui réalisent des objets pour des tiers.

Interopérabilité

Le fait que des logiciels de marques différentes et des objets de provenance diverses puissent fonctionner ensemble dans un espace unique est une condition majeure de l'intérêt du BIM. Les informations doivent être structurées de manière identique ; les informations renseignées doivent l'être de façon homogène, par famille d'objet et suivant les mêmes unités. Ces enjeux sont regroupés dans une notion commune d'interopérabilité qui s'applique aussi bien aux logiciels qu'aux objets et qui est portée par le standard *Industry Foundation Classes (.ifc)*.

Cet enjeu est capital car si l'interopérabilité des logiciels et objets (au travers du paramétrage des .ifc) n'est pas vérifiée, les données peuvent être altérées lors des échanges entre logiciels.

À titre de comparaison, lorsqu'on échange un fichier de traitement de texte entre deux ordinateurs fonctionnant sur des systèmes d'exploitation différents ou bien sur des logiciels différents, l'empilement de certaines zones de texte, la mise en pages vont bouger, des caractères spéciaux peuvent apparaître. Ceci illustre un problème d'interopérabilité entre logiciels. Dans le cadre de la mise en œuvre d'équipements de sécurité, cet enjeu est particulièrement fort.

Poids de la maquette et accès à l'information sur chantier

Un des intérêts majeurs du BIM est de pouvoir disposer, à tout moment et en tout lieu du chantier, d'une information exhaustive et à jour. Pour atteindre cet objectif, l'organisation de chantier doit répondre à un enjeu nouveau : comment accéder de manière fluide à l'information contenue dans la maquette, située sur le Cloud, et dont le poids en mégaoctets augmente au fur et à mesure qu'on l'enrichit ?

Pour que les informations soient disponibles sur le chantier, la connexion 4G/Wifi doit être de bon niveau. Aussi, ce type de projet ne peut pas être réalisé sur l'ensemble du territoire.

Coûts d'utilisation des logiciels BIM

On peut rappeler que, du point de vue des professionnels, les deux principaux freins au développement du BIM sont le besoin en investissement (55 %) et le manque de standardisation (41 %) ².

Le coût d'une station capable de gérer la 4D se décompose comme suit.

- Coût d'acquisition des licences : 3 600 €/an.
- Coût d'achat d'un ordinateur : 2 500 €.
- Coût de formation de la personne en charge du BIM dans la structure (hors salaire chargé du salarié) : 5 000 €.

Coût minimum sur les quatre premières années : 18,5 K€/poste.

Objets BIM

La « brique élémentaire » de la maquette numérique est l'objet BIM. Un objet BIM est composé :

- d'une représentation géométrique en trois dimensions ;
- d'un ensemble d'informations liées à cet objet (dimensions, poids, résistance thermique, etc.).

Les objets BIM qui figurent dans la maquette numérique peuvent représenter des éléments très différents.

- **Les ouvrages et parties d'ouvrages** associant des produits de construction qui permettent de modéliser l'ouvrage à réaliser et qui sont mis en œuvre par les opérateurs de chantier par la suite. Les initiatives sont nombreuses, et les catalogues d'objets complets.
- **Les équipements de travail** parmi lesquels on va retrouver les engins de manutentions, les consoles, les étais, des poutrelles, etc. Contrairement aux produits de construction, les initiatives sont diffuses et certains éléments nécessaires ne figurent actuellement pas sur les catalogues.
- **Les équipements de sécurité** : la prise en compte des enjeux de santé et de sécurité nécessite la mise à disposition d'objets BIM modélisant les équipements de sécurité. Le développement des

² Source : baromètre du PTNB de mars 2018

objets BIM « équipements de sécurité » est moindre que celui des objets « production ». De nombreux objets manquent pour assurer une modélisation complète des éléments de sécurité d'un chantier.

Données intégrées dans les objets BIM

À chaque objet contenu dans la maquette sont associés différents champs d'information. Pour qu'une donnée soit exploitable, quels que soient l'origine ou l'usage de l'objet considéré, celle-ci doit être :

- associée à un objet (par exemple : des garde-corps périphériques temporaires) ;
- rangée systématiquement à un endroit donné où l'on sera capable de la retrouver ;
- libellée (par exemple : classification des garde-corps périphériques temporaires selon la NF EN 13374) ;
- précise concernant son format (texte, nombre, booléen, liste de valeurs, etc.) ;
- exprimée dans les unités usuelles (m, kg, ppm, sans unité).

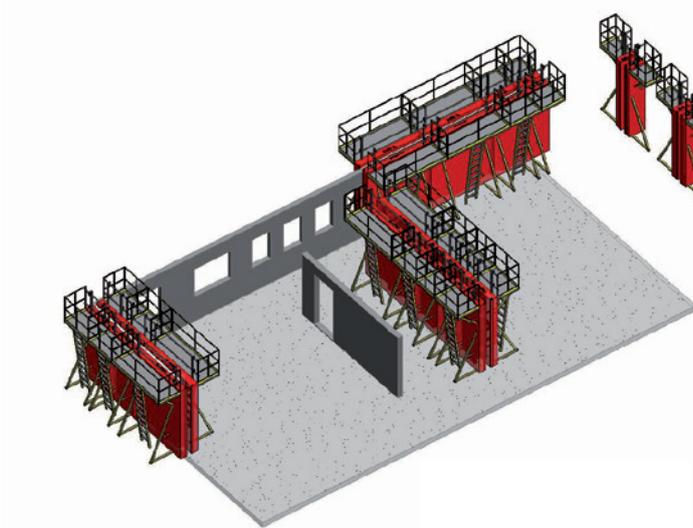
DONNÉES SPÉCIFIQUES	VALEURS
Classe de résistance à l'arrachement	Rt3
Résistance à la compression perpendiculaire fk	5.80 N/mm ²
Catégorie de tolérance	D1
Aspect des faces de parements	plane
Teinte selon FD CEN/TR 15739	gris
Classe de résistance caractéristique à la compression (perpendiculaire) Rc_EN 772-1	B80
Groupe d'élément de maçonnerie	Groupe 1
Absorption d'eau par capillarité de la face de pose Ab	Ab1 per défaut g/m ² .s
Quantité de blocs au m ²	12.5
Catégorie de blocs béton	I ou II
Résistance minimale pour le fractile de 0,05 MPa	8 Mpa
Résistance à la compression moyenne normalisée (perpendiculaire) fb_EN 772-1	10.856 N/mm ²
Unité de mesure utilisée pour la commande	u
Hauteur éléments maçonnerie_NF EN 771-3	200 mm
Largeur éléments maçonnerie_NF EN 771-3	200 mm
Masse volumique élément béton_NF EN 771-3	>1 750 kg/m ³
Longueur éléments maçonnerie_NF EN 771-3	500 mm
DONNÉES ACOUSTIQUES	
Rw + C	59.0 dB
Rw + Ctr	55.0 dB
DONNÉES THERMIQUES	
Plage résistance thermique min	0.12 m ² .K/W
Plage résistance thermique max	0.2 m ² .K/W
DONNÉES FEU	
Classification R, E, I	REI
Durée de résistance au feu maximale applicable	360 min

Source : datbim.com

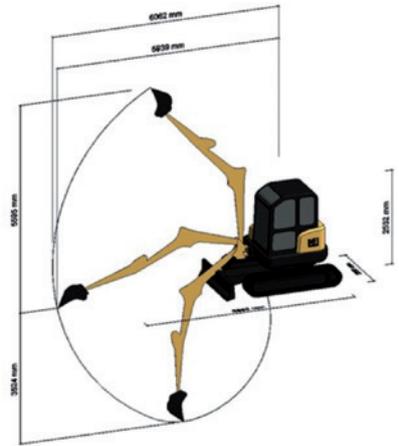
Exemple de données BIM de blocs standard de maçonnerie porteur de largeur 200mm/hauteur 200 mm/longueur 400 mm

Objets BIM équipements de travail

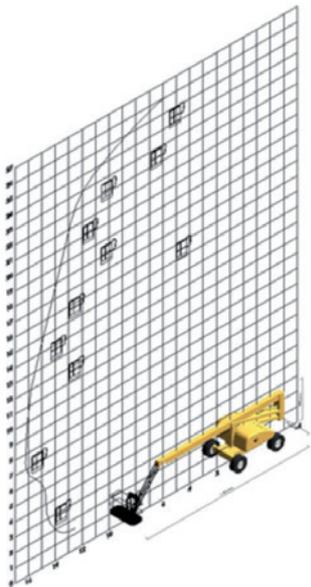
Une des conditions essentielles à la modélisation d'un ouvrage et de ses phases transitoires repose sur l'existence des objets BIM nécessaires. L'OPPBTBTP a procédé à un recensement minutieux des objets équipements de travail. De nombreux fabricants proposent des gammes d'objets BIM parmi lesquels on peut citer : Doka, Kiloutou, Mills, Potain, Sateco. Ces éléments sont, pour la plupart, disponibles gratuitement au format propriétaire et sous format « .ifc ». Une liste des équipements et les sites de téléchargement figurent en annexe 1 de ce document.



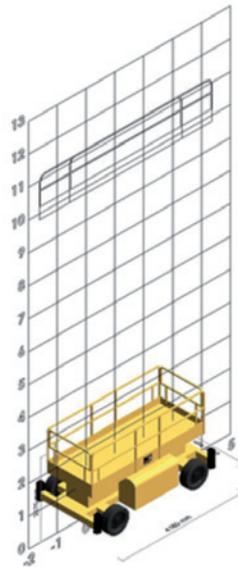
Source : Lycée Les Marc-d'Or – Académie Bourgogne-Franche-Comté – M. Drouynot – Eduscol



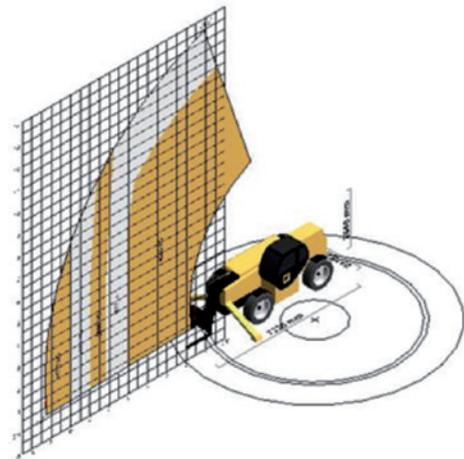
Source : Kiloutou – Pelleuse sur chenille – Bobcat E50



Source : Kiloutou – Nacelle articulée thermique – Haulotte H260PX



Source : Kiloutou – Plateforme ciseau thermique – Haulotte H12SX

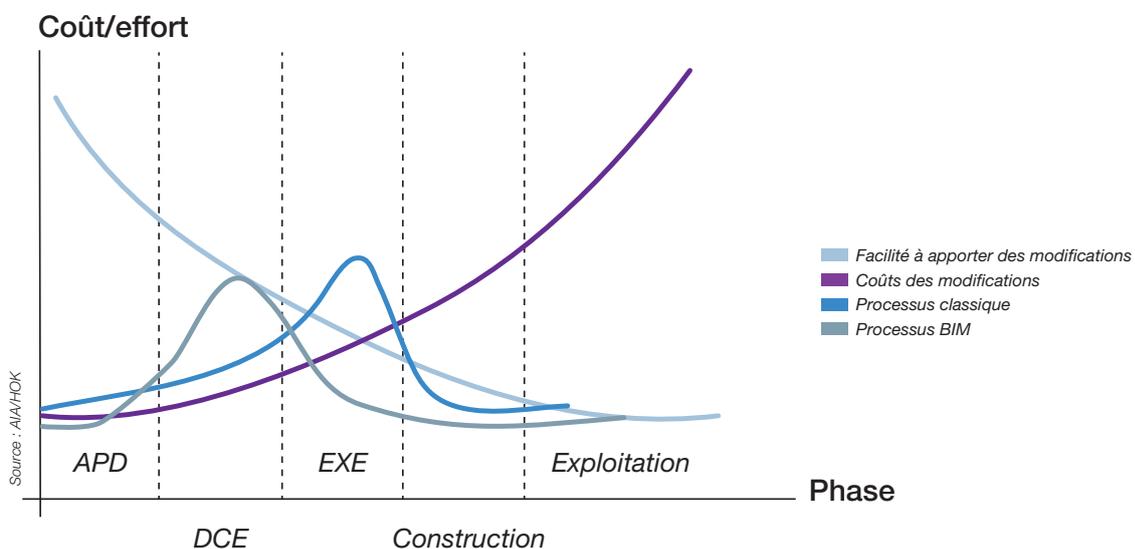


Source : Kiloutou – Chariot élévateur télescopique – MT1440

Avantages courants du BIM

La réalisation d'un projet en BIM nécessite de déplacer l'effort le plus en amont de la réalisation du projet. La conception étant plus aboutie lorsque les équipes travaux prennent en charge le projet, les adaptations à apporter en phase chantier seront limitées. Le renforcement de la définition et de l'organisation du chantier en amont de sa réalisation est intrinsèquement un acte de prévention. Cet effort est représenté par la courbe de McLeamy.

Les avantages d'une conception BIM par rapport à une conception classique sont nombreux. On peut en citer quelques-uns.



Un accès à une information centralisée à jour

La maquette permet de disposer de l'ensemble de ces données, structurées indépendamment de la nature de l'ouvrage et centralisées. La maquette projet (PRO au sens de la loi MOP) est réalisée en intégrant des objets génériques dans le cadre du Dossier de consultation des entreprises (DCE). Les entreprises les substituent ensuite par des objets provenant d'industriels, auxquels sont attachées des informations. L'ensemble de ces données sert à établir le DOE et le DIUO. La maquette est stockée sur le Cloud ou sur des hébergeurs tiers (par exemple : Plateforme KROQI — Bâtir avec le numérique). Ce partage permet à chacun des acteurs qui élaborent la maquette et à ceux qui la consultent de disposer de la dernière information à jour.

Un gain de temps

Chaque acteur s'appuie sur la maquette originale pour l'enrichir à l'aide de ses logiciels métier. L'élimination des ressaisies permet de dégager du temps pour étudier les modes opératoires et les mesures de prévention liées, l'organisation générale de son chantier, etc.

Une information plus lisible

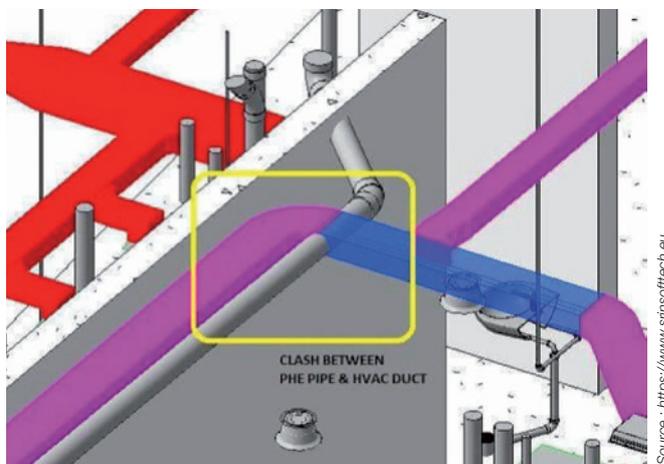
La visualisation 3D du projet, l'accès aux informations contenues dans les objets BIM, l'édition possible d'autant de coupes ou de vues que nécessaire contribuent à une meilleure appropriation du projet par tous les acteurs.

Des opérations directement sur la maquette

La modélisation de l'ouvrage n'est pas une fin en soi. C'est à partir de là que le BIM prend tout son intérêt. En effet, en utilisant la maquette numérique, il est possible de réaliser des modélisations (étude structurelle, simulation thermique dynamique, études d'éclairage naturel, etc.), d'analyser le modèle avec de la détection de collisions (statique, dynamique ou temporelle) ou de la 4D. Certaines de ces opérations sont expliquées dans les pages suivantes.

Traitements automatisés réalisables en BIM

La détection de collisions statiques



Pour en savoir plus

Consultez les annexes suivantes :
Annexe 2A - Collisions solidiennes
Annexe 2B - Collisions volumiques
Annexe 2C - Collisions temporelles

Il est possible de réaliser de manière automatique, avec des logiciels dédiés, des détections de collision solidiennes dans la maquette (collision entre la gaine de ventilation et le réseau gravitaire eaux usées/eaux vanes (EU/EV) dans l'exemple, ou bien entre le réseau gravitaire EU/EV et le voile béton). Le logiciel renvoie alors un rapport géolocalisant les collisions identifiées et fait apparaître de manière différenciée ces collisions au sein même de la maquette (*voir ci-dessus et annexe 2*).

La détection de collisions volumiques

De la même manière, il est possible de vérifier les dégagements autour d'un objet en modélisant cette information dans l'objet ou bien dans le logiciel de détection de collisions lui-même ⁴ (*voir annexe 2*).

Exemple : dans le cas d'une intervention de maintenance sur une centrale de traitement de l'air, il est possible de modéliser le volume de dégagement nécessaire au déplacement des registres, mais également le volume nécessaire à la réalisation de l'intervention proprement dite. La détection de collisions dynamiques permet donc de vérifier qu'aucun objet ne vient entraver cette opération.

La 4D et la détection de collisions temporelles

Lorsque vous êtes dans une démarche BIM, le début du processus BIM commence, pour les acteurs, par l'établissement de la maquette numérique. Quel que soit le type d'opération, BIM ou non, un planning est établi. La 4D consiste à associer la maquette au planning. Il en ressort la possibilité de visualiser la succession des tâches prévues au planning.

Dans le cadre du projet ABV+, une expérimentation a été réalisée autour de l'usage de la 4D.

En complément de cette visualisation, il est possible d'effectuer une détection de collisions temporelle et de vérifier que deux lots différents n'interviennent pas simultanément dans la même zone.

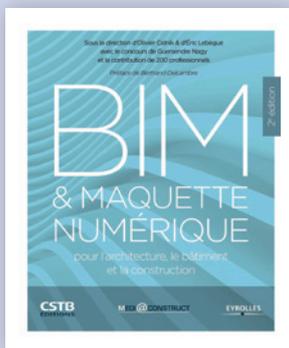
⁴ <https://www.hexabim.com/blog/5-questions-et-reponses-pour-mieux-comprendre-les-conflits-clash-de-coordination>

On peut donc s'assurer de manière automatique de l'absence de coactivité sur la base du planning proposé (voir annexe 2).

Le contrôle paramétré

La maquette numérique offre, par son information structurée, la possibilité de réaliser des contrôles automatiques paramétrables, voire programmables, afin de vérifier un certain nombre de règles. À titre d'exemple, un maître d'ouvrage peut créer des règles de contrôle du programme du type « Vérifier que l'ensemble des chambres a une superficie supérieure à 10 m² ».

Pour en savoir plus



Il est possible de consulter l'ouvrage *BIM & Maquette Numérique* – CSTB Editions ainsi que les nombreux articles existants, dont certains sont listés en annexe bibliographique.

Les opportunités du BIM pour la prévention

Le BIM est donc la combinaison d'une représentation en 3D d'un ouvrage, de données associées aux objets et de la manière dont celles-ci sont assemblées dans un espace numérique commun. À chacun de ces aspects (3D, information, collaboration) sont liés des gains en prévention.



La visualisation de la maquette en trois dimensions permet de faciliter la compréhension de l'organisation du chantier, de l'ouvrage et de la zone dans laquelle le collaborateur va être amené à intervenir. Les interactions entre la maquette numérique de l'ouvrage, d'un côté, les objets métier et équipement de travail et les informations qui y sont contenues, de l'autre, vont permettre d'effectuer des opérations importantes, notamment dans le cadre des examens d'adéquation d'engins de levage.

Enfin, les outils propres au BIM, comme les différentes détections de collision, ont eux aussi des apports significatifs en prévention sur des aspects très variés comme l'exposition aux poussières ou bien l'élaboration du DIUO. Les apports du BIM à la prévention sont présentés par niveau d'interaction croissant avec le BIM.

Compréhension et visualisation du chantier

Le premier apport de la maquette numérique est lié à la représentation volumique de l'ouvrage à réaliser. Lorsque l'environnement du chantier, les ouvrages avoisinants (bâtiments avoisinants, lignes électriques, etc.), les équipements de production et de sécurité y sont modélisés, l'opérateur se représente, de manière quasi immédiate, l'ouvrage sur lequel il va intervenir. Le temps nécessaire à la spatialisation des informations dans le cadre d'une conception classique est réduit à sa plus simple expression.

La maquette permet alors à n'importe quelle personne n'ayant pas connaissance du site, en particulier pour le personnel nouvellement arrivé comme les intérimaires, de :

- faire un livret d'accueil « augmenté » par le préventeur ;
- visualiser directement l'ouvrage à réaliser et mieux comprendre les interfaces entre le chantier et l'environnement (*voir figure 1*) ;
- repérer l'implantation du chantier, de la base-vie, des zones de stockage ;

- représenter les zones de stockage et la modification de leur emplacement en fonction des différentes phases du chantier ;
- distinguer les zones de circulation d'engins et les zones de circulation piétonne ;
- visualiser les différentes zones de travail ou chantiers (*voir figure 2*) ;
- comprendre la tâche que l'on va réaliser en choisissant la coupe qui convient (*voir figure 3*) ;
- visualiser la succession des phases constructives de l'ouvrage lorsque la maquette numérique utilise la 4D ;
- intégrer les affiches EPI en fonction des zones ;
- renseigner les postes bruyants.

Figure 1

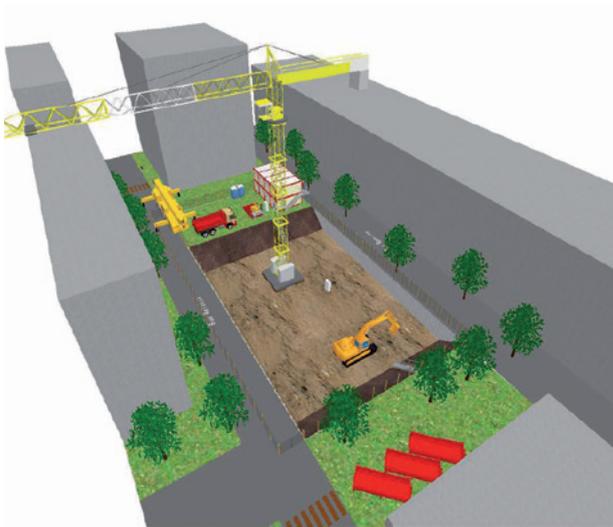
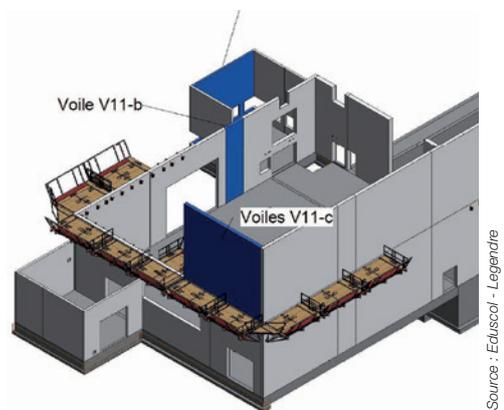
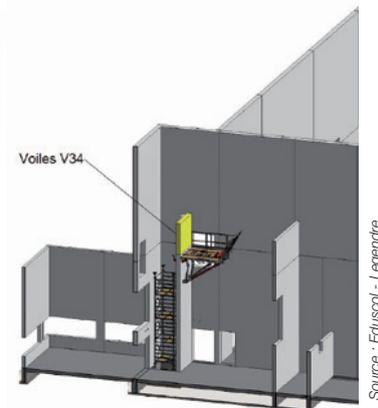
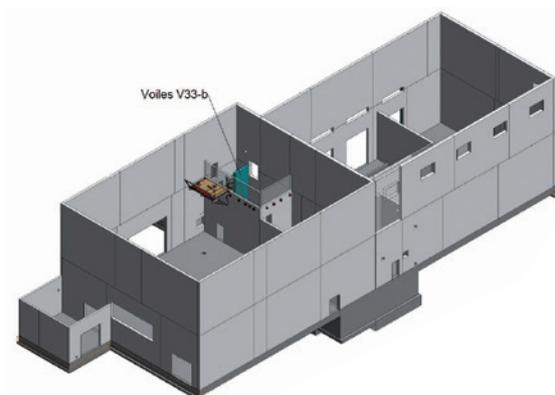
Source : Eduscol - Académie de Caen - BTS bâtiment 1^{er} année - Lycée Laplace

Figure 2



Source : Eduscol - Legendre

Figure 3



Source : Eduscol - Legendre

Diminution du risque d'ensevelissement

Lorsque le site et le terrain sont modélisés, il est alors possible de modéliser les terrassements. Les vues en coupe de la maquette permettent de mieux définir la zone terrassée et, par conséquent, d'obtenir simplement l'angle de talutage. Lorsque les données liées au sol, l'emplacement et la largeur de circulation sont renseignés, les limites de charge de stockage admissibles à proximité de fouilles peuvent être définies.

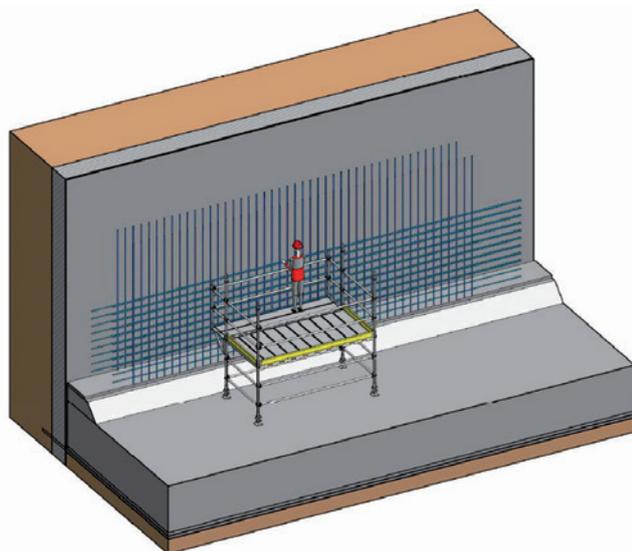


Prise en compte des dimensions du poste de travail

Les notions d'accès au poste de travail et d'ergonomie ne sont jamais évoquées dans la publication sur le BIM. Les personnages figurant dans les bibliothèques d'objets BIM sont plutôt des illustrations nécessaires à des « vues d'architecte » des ouvrages à réaliser. Des mannequins numériques beaucoup plus complexes existent (Human produit par Dassault System et Jack par Siemens), mais leur utilisation n'est pas rattachée au secteur de la construction.

Néanmoins, on peut intégrer des mannequins numériques représentatifs de la population des salariés au travail qui permettent :

- d'adapter la hauteur du poste de travail à la tâche à réaliser en fonction de la morphologie représentative ;
- de valider les hauteurs et accessibilités des opérateurs ;
- d'intégrer les besoins en accès sécurisés par phases ;
- d'anticiper les conditions de travail dans les zones restreintes.



Intégration de la prévention au fil de la conception

Le déplacement de l'effort d'étude en phase amont permet d'avoir une conception très aboutie beaucoup plus tôt. Du coup, compte tenu du fait que de nombreux objets BIM représentant les équipements de travail sont dès à présent disponibles, le choix des équipements de production, des équipements de sécurité collective associés et la définition des modes opératoires peuvent être modélisés avant le début de la réalisation du chantier.

La modélisation impose de se poser les questions sur le phasage des travaux : les zones de stockage nécessaires, leur libération éventuelle en fonction du phasage retenu des travaux, etc.

À partir du moment où les modèles 3D sont présents, il faut composer avec eux, ce qui nous rapproche de la situation réelle, dans le cas ci-dessus :

- De quelles banches ai-je besoin dans le cadre de ma rotation ?
- Quelles banches doivent être stockées ?
- Quel espace de stockage est disponible ?
- De quoi ai-je besoin pour assurer leur stabilité ?

Ceci permet également de réaliser des opérations de levage. En effet, le déplacement, d'un clic de souris, d'une banche dans la maquette est assimilable à une action de levage sur le chantier.



Conduite de projet en BIM – ou comment la maquette numérique peut améliorer la sécurité sur les chantiers

EGFBTP publie, depuis cinq ans, des brochures évoquant les usages du BIM chez ses adhérents (par exemple : le BIM pour construire – Cas d'usage en phase chantier ; Conduite d'un projet en BIM : Attentes des clients et accompagnement par les entreprises générales, etc.). Cette année, l'organisation professionnelle des entreprises générales a voulu montrer les apports du BIM pour la prévention des risques sur chantier. Cette démonstration s'appuie sur près de cinquante cas réels, dont certains sont illustrés par des vidéos issues des maquettes numériques.

Le document montre, dans un premier temps, comment le BIM permet d'identifier aussi bien les risques extérieurs au chantier, comme l'incidence de l'implantation du chantier sur la circulation des véhicules, mais également intérieurs au chantier grâce à l'intégration de la dimension temporelle (4D) au plan d'installation de chantier.

Ensuite, une large part du fascicule est consacrée à l'utilisation du BIM pour participer au traitement de ces risques. Un nombre important de situations ciblées est présenté :

- Organisation de la sécurité sur le chantier en amont (positionnement des grues, travaux de grande hauteur, réalisation de travaux en façade, accès aux zones de chantier, flux et stockages, etc.).
- Planification de la production (plan d'installation de chantier, approvisionnements, simulation des méthodes, etc.).
- Amélioration de la sécurité au poste de travail (modes opératoires, travail sur l'ergonomie des postes de travail, vérification des méthodes de pose, gestion de la coactivité, etc.).
- Validation des matériels de sécurité (repérage et vérification des process de mise en œuvre des équipements de sécurité).

EGFBTP explique également comment le BIM est utilisé concrètement pour mieux communiquer, notamment sur les chantiers, par exemple grâce à l'installation de cabines digitales. Ces dernières permettent d'apporter directement l'information sur site aux compagnons et aux chefs d'équipes, qui peuvent consulter l'ensemble des plans, coupes, modes opératoires ou détails relatifs à la zone dans laquelle ils vont être amenés à intervenir.

Le dernier item évoque les apports du BIM dans le cadre de la formation professionnelle continue. Cette contribution est illustrée avec la simulation de la pose d'une dalle alvéolaire précontrainte qui est accompagnée d'un ensemble d'aléas que l'opérateur doit appréhender, mais également pour former au risque collision homme-engin. Une autre illustration de l'utilisation faite sur chantier est proposée avec, par exemple, la sensibilisation du personnel intérimaire aux risques de chutes de grande hauteur.

Document téléchargeable sur <http://www.egfbtp.com/pdf/bim-et-securite-sur-les-chantiers>

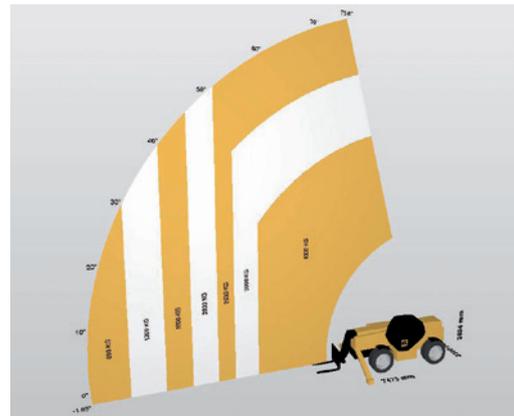
Modélisation des opérations de levage et d'accès en hauteur

De nombreux objets BIM modélisant des chariots télescopiques, des nacelles élévatrices, des nacelles articulées, des chargeuses articulées sont déjà disponibles. Les informations contenues dans les objets BIM concernent par exemple la longueur, la largeur (patins repliés et déployés), la hauteur, mais également les abaques de charges. Ceci permet, tout d'abord, de vérifier que l'engin est en capacité d'atteindre la zone de travail et d'effectuer une première approche de l'examen d'adéquation entre un engin et une manutention donnée.

Dans un premier temps, il faut intégrer l'objet BIM représentant votre engin « réel ». Parmi les informations qui sont contenues dans l'objet BIM, certaines données figurent par exemple :

- les abaques de charge ;
- la longueur de l'engin, sa hauteur ;
- la largeur patins déployés (ou non).

Grâce à ces informations, il est possible de vérifier que l'engin est capable d'atteindre la zone de travail envisagée grâce aux données de longueur, de largeur patins non déployés et de hauteur.



Source : objet BIM Kicoutou — Manitou 1840

Ensuite, lorsque vous sélectionnez le poids de l'objet dont vous voulez simuler le levage, le modèle de l'engin de levage propose alors la restriction à l'ensemble des endroits qu'il peut atteindre. Ceci constitue une première approche, extrêmement intuitive, d'un examen d'adéquation.

Certains modèles renseignent les courbes de déploiement, ce qui est très intéressant en termes de prévention, notamment dans le cas de travaux à proximité de lignes électriques sous tension.

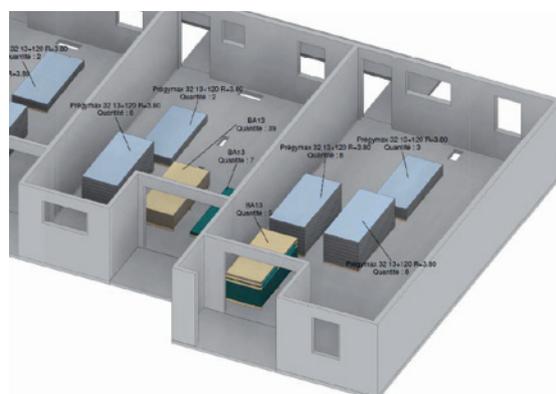
Diminution des manutentions inutiles

Parmi les fonctionnalités que propose la maquette numérique, l'une d'elles est relative à l'établissement des quantitatifs que l'on peut réaliser par zone.

Celle-ci permet de déterminer la juste quantité de matériaux nécessaires à la réalisation de l'ouvrage.

Les maintenances sont donc réduites à celles nécessaires à la réalisation de l'ouvrage et au port de la quantité de déchets « fatale » jusqu'aux bennes. Il n'y a plus de maintenance de reliquat d'une zone de travail à l'autre.

Grâce aux dimensions des matériaux, qui plus est si on dispose d'objets BIM « colisés », on peut définir la localisation de la zone de livraison en fonction des travaux à réaliser. Les opérations de déplacement de matériaux parfois nécessaires pour poursuivre le travail sont limitées.



Gestion des coactivités grâce à la 4D

Comme évoqué précédemment, la 4D consiste à associer la maquette numérique à un planning (type GANTT). Il en ressort la possibilité de visualiser les interventions des différents lots en même temps. Ceci offre des perspectives très intéressantes pour la prévention.

La 4D ne se limite pas au seul bâtiment, mais permet d'animer l'ensemble des composantes du chantier : le chantier lui-même, mais également l'implantation du chantier (voir figure 1).

Au moment de la visite d'inspection commune sur un chantier réalisé en BIM 4D, le coordonnateur SPS est en mesure de montrer la succession des travaux et leur interface avec les autres intervenants. La 4D offre donc un outil supplémentaire pour enrichir l'échange entre le coordonnateur SPS, les entreprises et les salariés au bénéfice de la prévention au moment de la visite d'inspection commune. Si la 4D est liée au DCE, il y a alors l'opportunité de constituer un véritable « Plan général de coordination sécurité et de protection de la santé 4D ». Les recommandations du PGC peuvent s'afficher en fonction de l'avancement projeté du chantier et améliorer ainsi son exploitation (voir figure 2).

Les apports de la 4D ne s'arrêtent pas là. En effet, au même titre qu'il est possible de faire de la détection de collisions solidiennes ou volumétriques, il est possible de réaliser de la détection de collisions temporelles, et ainsi de contrôler l'absence de coactivité (voir figure 3) !

Figure 1

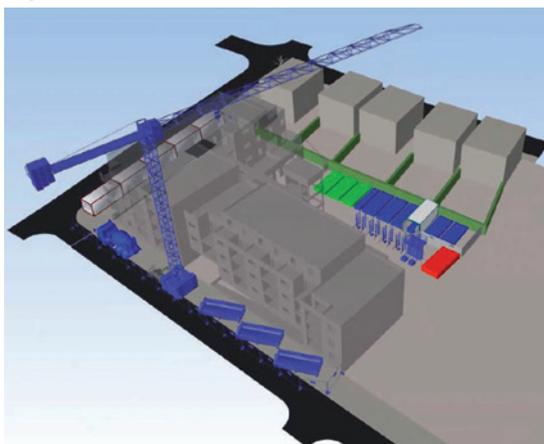


Figure 2

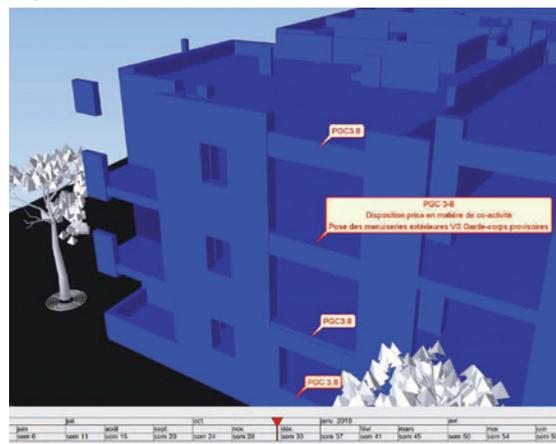
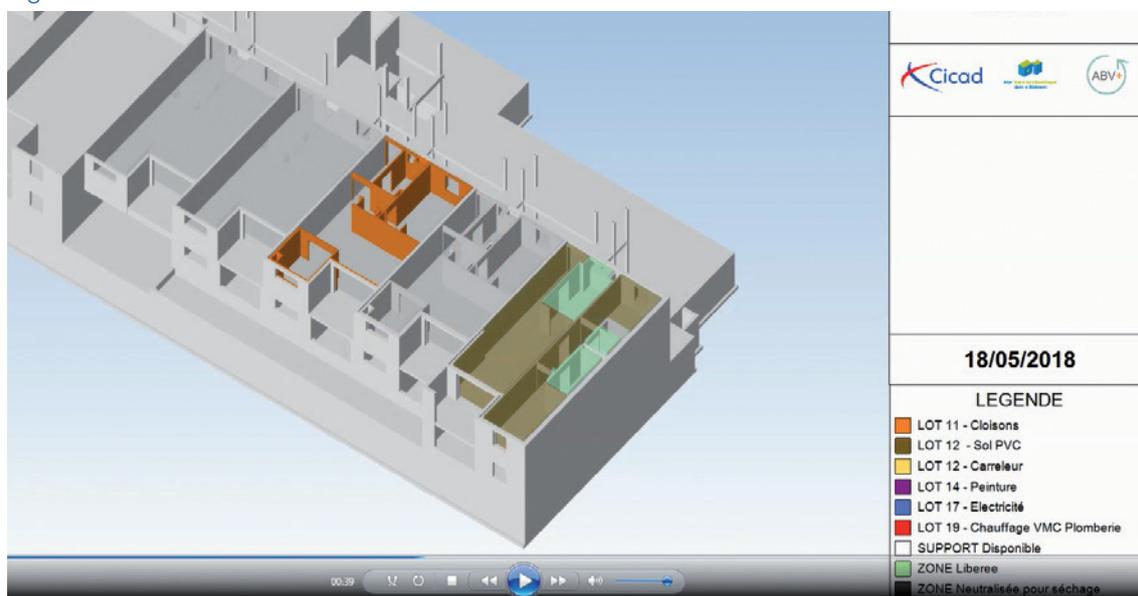


Figure 3



Témoignage



« Réaliser une inspection commune dans un champ fait appel à un niveau d'abstraction que peu de personnes possèdent. Avec l'outil 4D accessible sur tablette ou PC, le projet prend toute sa dimension, avant même le premier coup de pioche. » **Barbara Janvrin d'Isore Bâtiment**

Issu du rapport ATELIER BIM Virtuel + - Retour d'expériences - BIM et 4D Chantier - Union sociale pour l'Habitat & PTNB - Novembre 2018

Détection de collisions et amélioration des conditions de travail

Les retours d'expériences menés sur les premières opérations réalisées en BIM montrent que, lorsque l'ensemble des acteurs intervient en amont à l'élaboration de la maquette et que la détection de collisions statiques a été employée, l'ensemble des réservations est prévu et réalisé du premier coup⁵.

L'emploi de la détection de collisions statiques et le processus collaboratif représentent donc une opportunité pour la prévention car la détection de collisions statiques a une incidence directe sur le nombre de travaux de carottage et de sciage réalisés après coup. Ceci entraîne une diminution des travaux pénibles et exposés aux poussières, tant pour les salariés que pour les personnes travaillant dans l'environnement immédiat.

⁵ Source : AQC – Du bon usage du BIM – 12 enseignements à connaître.

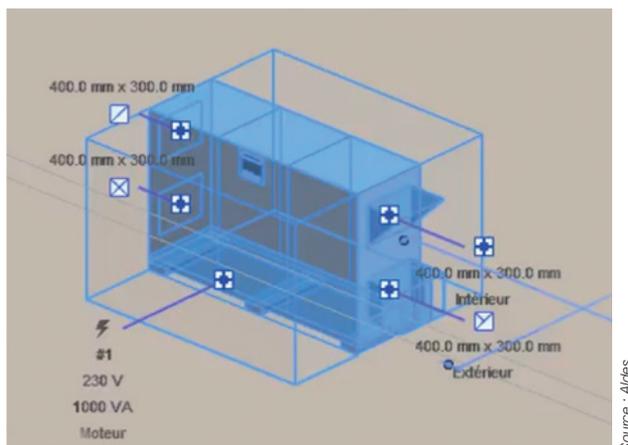
Aide à l'établissement du DIUO

La **maquette numérique** est particulièrement adaptée à la réalisation d'un DIUO. Elle permet par exemple de vérifier les chemins d'accès aux différents équipements.

En outre, l'ensemble des informations qu'elle peut contenir sont :

- les plans de l'ouvrage, notamment des parties de l'ouvrage devant faire l'objet d'une attention particulière lors des interventions ;
- les notices techniques d'utilisation et d'entretien des équipements ;
- un calendrier des opérations de maintenance ;
- les informations relatives aux produits (fiches de données sécurité, par exemple).

Des outils additionnels, comme la détection de collisions dynamiques, permettent de vérifier que les volumes nécessaires pour intervenir sur l'équipement (débattement de support de section de filtration sur une centrale de traitement d'air, etc.), et pour que l'opérateur puisse le faire dans de bonnes conditions, ne sont pas encombrés. Les volumes nécessaires à l'intervention de l'opérateur peuvent être modélisés en complément afin de vérifier que l'intervention prévue puisse se faire dans des conditions adaptées.



Anticipation de la prévention de demain

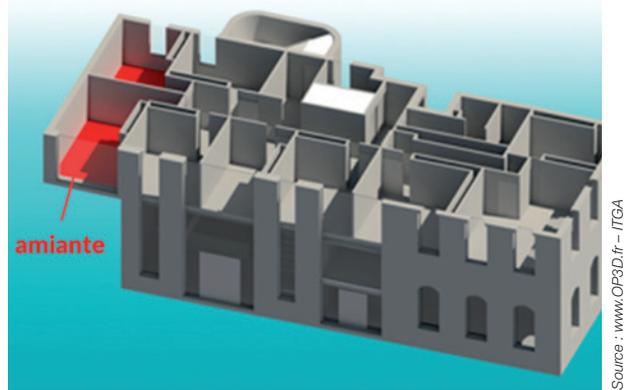
Comme nous l'avons vu dans la rubrique « Données intégrées dans les objets » (voir page 10), les informations relatives à l'amiante commencent à être disponibles. Des diagnostiqueurs amiante, dans le cadre d'opérations de rénovation, commencent à utiliser le coupage du scanner 3D au diagnostic amiante. Ceci permet d'intégrer des informations dans la maquette (voir page 19).

Le Plan de transition numérique du bâtiment (PTNB) a expérimenté la norme XP P07-150, relative à la définition des propriétés des produits de construction au processus d'élaboration d'un dictionnaire de propriétés.

Début mars 2019, le PTNB a mis en ligne les résultats du groupe de travail POBIM « Recensement des propriétés et modèles d'objet génériques BIM ». Le but de ce programme était de définir une liste de propriétés liée à un certain nombre d'usages (environnement, sismique, etc.), puis de les utiliser pour définir les informations contenues dans des objets BIM génériques. En tout, ce sont plus de 3 000 propriétés et 300 objets génériques qui ont été définis dans le cadre de ce projet.

Un axe de travail important a porté sur l'intégration de la donnée amiante. Dans un premier temps, les propriétés essentielles qui permettent de caractériser le sujet amiante ont été définies comme suit :

- date d'obtention du permis de construire ;
- lien vers l'inventaire documentaire amiante ;
- origine de la donnée amiante ;
- date du rapport de repérage amiante ;
- présence d'amiante ;
- type d'amiante ;
- historique des travaux sur les matériaux et produits contenant de l'amiante ;
- type des précédents travaux sur les matériaux et produits contenant de l'amiante ;
- longueur d'un matériau ou produit contenant de l'amiante ;
- masse d'un matériau ou produit contenant de l'amiante ;
- volume d'un matériau ou produit contenant de l'amiante ;
- surface d'un matériau ou produit contenant de l'amiante ;
- nombre d'unités d'un matériau ou produit contenant de l'amiante ;
- dates des mesures d'empoussièrement environnementales de surveillance ;
- résultats des mesures d'empoussièrement environnementales de surveillance ;
- état de conservation liste B ;
- état de conservation liste A ;
- état de dégradation d'un matériau, produit, matériel, article ou équipement contenant de l'amiante, hors listes A et B.



Source : www.OP3D.fr – ITGA

Dans un second temps, les propriétés ont été affectées à des objets. Sur l'ensemble de ces données « amiante », une seule a été retenue lors de la création des objets. Il s'agit de la donnée « Présence d'amiante ». Celle-ci est reliée aux objets suivants :

- parquet collé – ouvrage ;
- parquet flottant – ouvrage traditionnel ;
- parquet cloué – ouvrage ;
- revêtement de sol textile – ouvrage ;
- plancher surélevé (à libre accès) – ouvrage ;
- chape non structurelle adhérente, désolidarisée ou flottante à base de liants hydrauliques – ouvrage ;
- dalle non structurelle adhérente, désolidarisée ou flottante à base de liants hydrauliques – ouvrage ;
- revêtement de sol coulé à base de résine – ouvrage.

Les travaux sont donc prometteurs mais pas exhaustifs car un certain nombre de matériaux pouvant contenir de l'amiante n'ont pas été modélisés dans le cadre de ce programme. Néanmoins, cette structuration de l'information offre la possibilité d'interroger la maquette après coup sur la présence d'amiante ou non.

Ceci est extrêmement intéressant car, au cours d'une intervention dans quelques années, l'opérateur sera en mesure de consulter la maquette, de vérifier la présence ou non d'amiante dans la zone dans laquelle il va être amené à intervenir, et donc d'adapter son mode opératoire à la tâche qu'il devra réaliser. D'autre part, le scan 3D permet, grâce aux relevés, de disposer d'informations précises sur l'épaisseur des parois, de s'interroger sur leur nature.

Le BIM Prévention pour les acteurs de la construction

Le BIM peut permettre à certains acteurs de la construction de répondre à leurs obligations en termes de santé et de sécurité et d'aménager leur responsabilité. Démonstration pour un certain nombre d'entre eux.



Maître d'ouvrage

Dans le cadre de son rôle d'intérêt général, en particulier sur les questions de santé et de sécurité, le BIM offre au maître d'ouvrage le moyen de répondre simplement à certaines de ses responsabilités et obligations. Dans le cadre d'un chantier ou plusieurs maîtres d'ouvrage interviennent simultanément avec la maquette numérique, il est possible d'insérer l'ensemble des maquettes dans un même espace virtuel et de se concerter sur les risques afférents à cette coactivité. Ceci est beaucoup plus compliqué avec des plans papier. En outre, rallonger la période de préparation de chantier pour réaliser la maquette numérique permet non seulement d'optimiser cette phase, mais participe également à répondre à l'intérêt, et à l'obligation faite au maître d'ouvrage, de fournir un délai de préparation compatible avec une réalisation sûre des travaux.

Lorsque le BIM est retenu par le maître d'ouvrage, ceci :

- donne au coordonnateur SPS, à la maîtrise d'œuvre et aux entreprises un outil pour établir de manière plus efficace les problèmes de coactivité, de point à risque ;
- contribue à améliorer la coopération entre la maîtrise d'œuvre, le coordonnateur SPS et les entreprises ;
- participe, en allongeant la période de préparation, à l'obligation de donner au moins 30 jours aux entreprises pour réaliser leur PPSPS ;
- contribue à obtenir un DIUO plus fiable, où les conditions d'intervention ultérieure sur ouvrage pourront être mieux étudiées, et dont les informations seront disponibles de manière centralisée.

Maître d'œuvre

Le maître d'œuvre est, avec le maître d'ouvrage, le premier contributeur du BIM sur une opération. Dans le cadre de son rôle sur les questions de santé et de sécurité, le BIM offre au maître d'œuvre des moyens de répondre à ses responsabilités et à ses obligations :

- contribuer à détecter plus facilement les coactivités, en particulier quand le planning est lié à la maquette dans une approche 4D ;
- améliorer la compréhension du mode constructif retenu, et plus particulièrement dans le cas d'utilisation de la 4D ;
- faciliter l'accès aux informations relatives aux matériaux car elles sont directement contenues dans les objets de la maquette (type de peinture en phase aqueuse ou solvantée, etc.) ;
- contribuer à obtenir un DIUO plus fiable où les conditions d'intervention ultérieure sur ouvrage pourront être intégrées grâce à la détection de collisions dynamiques, de volume neutre d'intervention et de fréquence d'intervention, ceci très simplement depuis la maquette numérique ;
- faciliter la synthèse et le suivi de la réalisation.

Coordonnateur en matière de sécurité et de protection de la santé (CSPS)

Le **BIM** permet au coordonnateur SPS (CSPS) d'échanger, sur un seul support, l'ensemble des informations concernant les techniques constructives ainsi que les équipements de prévention et de sécurité associés. Conjuguée à la diminution du prix de revient des vidéoprojecteurs, la maquette numérique a fait son apparition dans les baraquements de chantier, ce qui permet la projection de la maquette et sa visualisation collective (entreprises, salariés, coordonnateur SPS).

En phase de conception

Le BIM permet de :

- bénéficier d'aide à la détection des coactivités éventuelles en phase de préparation de chantier grâce à la détection de collision temporelle 4D ;
- disposer d'un outil dans le cadre de la production du DIUO pour étudier la conception de l'ouvrage, les accès retenus aux différents équipements ;
- renseigner les informations relatives à l'entretien des équipements.

En phase d'exécution

Le BIM permet aux entreprises et aux salariés, dans le cadre de la visite d'inspection commune, de présenter :

- l'organisation générale du chantier (circulation véhicule et piétonne, zone de stockage, etc.) ;
- l'enchaînement des tâches du chantier ;
- l'activité et la manière dont les coactivités sont gérées ;
- les mesures de protection collective retenues ;
- la manière dont l'entreprise envisage de traiter les points de prévention particuliers ;
- les mesures de prévention prises, autour de points de sécurité particuliers, avant d'être sur le poste de travail.

Autre avantage : le BIM facilite ainsi les commentaires et les échanges entre les différents intervenants sur les solutions envisageables.

Entreprises

L'état des lieux réalisé précédemment montre qu'une part très importante des solutions logicielles et des objets nécessaires à la modélisation de la réalisation du lot gros œuvre est dès à présent disponible et répond aux besoins des entreprises.

En phase d'appel d'offres

Dans le cadre de l'augmentation progressive de la part des marchés publics passés en BIM, le fait, pour l'entreprise, de se lancer dans le BIM dès à présent valorise sa maîtrise métier et son savoir-faire, et la prépare à répondre aux appels d'offres publics de demain ⁶.

Le BIM peut servir en appui dans le cadre de démarches commerciales et peut servir de vitrine institutionnelle (par rapport à des maîtres d'ouvrage publics ou privés).

En outre, le BIM permet, grâce à la diminution du temps de ressaisie et aux métrés optimisés, de mieux étudier les variantes et d'optimiser la performance économique de la personne, de la structure en charge des offres.

En phase de préparation de chantier

Les avantages que porte une démarche BIM pour l'entreprise sont :

- la possibilité de faire une veille technique matérielle permettant d'optimiser les procédés aux travers de la consultation des objets BIM, ou de s'organiser en interne pour les créer ;
- dans le cas de chantier en zone urbaine dense, une meilleure prise en compte de la problématique d'implantation ;
- une conception et une maîtrise des risques renforcée autour des points singuliers et une prise en compte des modes constructifs, en particulier lorsqu'il y a proximité de poste de travail ;
- une amélioration du choix des équipements par une meilleure visualisation de leur intégration ;
- une amélioration de la définition, de la finesse des détails d'exécution, de la qualité de l'ouvrage entraînant une diminution des ouvrages de reprises et de finition en fin de réalisation des ouvrages ;
- une définition immédiate du volume complet de béton à réaliser dans l'opération ainsi qu'une optimisation des achats lorsque l'on a plusieurs chantiers, en particulier dans le cadre de la préfabrication (charpente bois, métallique, préfabrication béton, etc.) ;
- une décomposition des volumes de béton à couler par jour qui peut se faire automatiquement, des huisseries à livrer par jour, etc. ;
- une diminution des manutentions inutiles grâce à la meilleure prise en compte des zones de livraison sur chantier ;
- une diminution importante du nombre de réservations « oubliées » à réaliser en phase de finition du gros œuvre ;
- une meilleure vision des cheminements, des volumes pris par les équipements (en particulier au niveau des débattements des portes).

En phase d'exécution des travaux

Pour les salariés

- La maquette numérique offre une meilleure visualisation de l'ouvrage.
- Les collaborateurs peuvent consulter en temps réel les derniers plans mis à jour.
- Ils peuvent connaître les caractéristiques techniques du matériel à utiliser.
- Les salariés ont la possibilité de choisir la coupe et/ou le détail qu'ils veulent, et non ceux qui leur sont présentés et qui ne correspondent pas nécessairement au problème qu'ils rencontrent.

La réalisation d'une approche 4D permet d'obtenir facilement des carnets de phasage grâce à l'exportation d'images de la séquence 4D.

⁶ « Le BIM de plus en plus réclamé en commande publique », *Batiactu*, 14 mars 2018

Pendant les réunions de chantier

La maquette numérique améliore l'efficacité des réunions de chantier auxquelles participent les entreprises et limite les temps d'arrêt du chantier liés à l'obtention de l'information. Ceci est particulièrement vrai avec les opérations qui ont tendance à se complexifier et se diversifier (exemples : isolation thermique pour l'intérieur, isolation thermique pour l'extérieur, isolation thermique répartie et pose de menuiseries en applique intérieure, en tunnel, au nu extérieur).

Pour la performance du chantier

Le déplacement de l'effort de conception permet de :

- limiter les modifications en cours de chantier ;
- optimiser le phasage et les dates de libération des zones ;
- anticiper le volume complet de béton à couler, au vu de la décomposition automatisée des volumes de bétons à couler par jour, des ml de cloisons ou des menuiseries à livrer par jour ;
- valider l'allocation des ressources aussi bien homme que matériel/travaux ;
- gérer l'organisation et le stockage provisoire du matériel non utilisé ;
- diminuer les manutentions des reliquats de chantier et des gravats par une optimisation des quantités livrées.

Conclusion

Le BIM avance très vite. Le lancement du plan BIM 2022, qui succède au PTNB, et le plan MINND Saison 2 témoignent de l'intérêt que les différents acteurs de la construction et les professionnels, soutenus par l'État, portent à la maquette numérique et au BIM.

La prévention a tout naturellement sa place dans le BIM et elle s'y inscrit depuis la phase de conception, en passant par l'exécution, jusqu'à la phase d'exploitation. Les différentes utilisations du BIM au service de la prévention, présentées dans cet ouvrage, montrent bien qu'il est un outil extrêmement prometteur.

C'est au travers de la 4D que les apports pour la prévention sont les plus encourageants car le BIM permet de visualiser la chronologie des travaux et d'identifier les coactivités de façon automatisée, et ce de manière extrêmement novatrice. En outre, l'utilisation combinée du BIM et des casques de réalité virtuelle offre de nouvelles perspectives pour la formation. Il n'est pas exclu de penser que l'association des lunettes de réalité augmentée et du BIM va également offrir de nouvelles opportunités à la prévention, par exemple en identifiant des éléments manquants sur des garde-corps ou sur d'autres équipements de travail assurant la sécurité.

Le champ d'exploitation de la maquette numérique va continuer à s'élargir et offrir la promesse d'une intégration systématique de la prévention et de son appropriation par l'ensemble des acteurs de la branche.

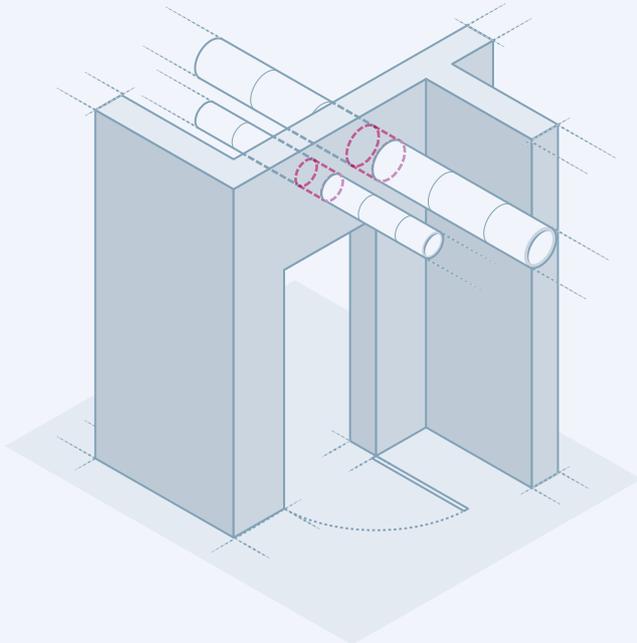
NATURE DE L'ÉQUIPEMENT	FABRICANT	MODÈLE	DISTRIBUTEUR OBJET BIM ET LOCALISATION
Grue à tour	POTAIN	MD 265	BIM & Co
Chariots télescopiques	JCB	540-170	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT1030	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT1436	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT1440	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT1840	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT420	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT625	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	MT932	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	1043	JLG via BIMObject
	JLG	1055	JLG via BIMObject
	JLG	1255	JLG via BIMObject
	JLG	1644HC/7013	JLG via BIMObject
	JLG	1732HC/801H	JLG via BIMObject
	JLG	3614RS	JLG via BIMObject
	JLG	4017RS	JLG via BIMObject
	JLG	742	JLG via BIMObject
	JLG	943	JLG via BIMObject
	JLG	G5-18	JLG via BIMObject
	JLG	SkyTrak10042A	JLG via BIMObject
	JLG	SkyTrak 10054	JLG via BIMObject
	JLG	SkyTrak6036	JLG via BIMObject
	JLG	SkyTrak6042	JLG via BIMObject
	JLG	SkyTrak 8042	JLG via BIMObject
Nacelle articulée thermique	GÉNIE	GS2668RT	KILOOUTOU via BIM & Co
	GÉNIE	GS5390	KILOOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	H12SX	KILOOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	H15SDX	KILOOUTOU via BIM & Co
Nacelle articulée électrique	MANITOU	120AETJC	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	150AETJC	KILOOUTOU via BIM & Co
	MANITOU	170AETJL	KILOOUTOU via BIM & Co
	NIFTLIFT	HR12NDE	KILOOUTOU via BIM & Co
	NIFTLIFT	HR12NE	KILOOUTOU via BIM & Co
Nacelle à flèche télescopique	JLG	1200SJP	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	1250AJP	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	1350SJP	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	1500AJP	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	1500SJ	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	1850SJ	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	E300AJ	JLG via BIMObject
	JLG	E300AJP	JLG via BIMObject
	JLG	E400AJPN	JLG via BIMObject
	JLG	E400AN	JLG via BIMObject
	JLG	E450A	JLG via BIMObject
	JLG	E450AJ	JLG via BIMObject
	JLG	H340AJ	JLG via BIMObject
	JLG	M400AJP	JLG via BIMObject
	JLG	M400AJPN	JLG via BIMObject
	JLG	M450AJ	JLG via BIMObject

NATURE DE L'ÉQUIPEMENT	FABRICANT	MODÈLE	DISTRIBUTEUR OBJET BIM ET LOCALISATION
	JLG	340AJ	JLG via BIMObject
	JLG	400S	JLG via BIMObject
	JLG	450AJ	JLG via BIMObject
	JLG	460 AJ/460SJ	JLG via BIMObject
	JLG	510 AJ	JLG via BIMObject
	JLG	600J	JLG via BIMObject
	JLG	600 JP	JLG via BIMObject
		600S	JLG via BIMObject
		600SC	JLG via BIMObject
	JLG	660SJ	JLG & RIWAL via BIMObject
		660SJC	JLG via BIMObject
		740AJ	JLG via BIMObject
	JLG	800A	JLG via BIMObject
	JLG	800AJ	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	800S	JLG via BIMObject
	JLG	860SJ	JLG & RIWAL via BIMObject
		E600J	JLG via BIMObject
	JLG	E600JP	JLG & RIWAL via BIMObject
Nacelle à flèches à chenilles compactes	JLG	X13JP/X370AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X13JP/X370AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X15JP/X430AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X17JP/X500AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X19AJ/X 550AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X20JP/X600AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X23J/X700AJ	JLG via BIMObject
	JLG	X26JP/X770AJ	JLG via BIMObject
Nacelle araignée biénergie	CTE	CS135	KILOUTOU via BIM & Co
	CTE	CS170	KILOUTOU via BIM & Co
	HINOWA	LL2312	KILOUTOU via BIM & Co
Plateforme ciseaux thermiques	GÉNIE	GS2668RT	KILOUTOU via BIM & Co
	GÉNIE	GS5390	KILOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	H12SX	KILOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	H15SDX	KILOUTOU via BIM & Co
	JLG	1532R	JLG via BIMObject
	JLG	1930ES	JLG via BIMObject
	JLG	1932R	JLG via BIMObject
	JLG	260MRT	JLG via BIMObject
	JLG	2632ES	JLG via BIMObject
	JLG	2646ES	JLG via BIMObject
	JLG	3246ES	JLG via BIMObject
	JLG	330LRT	JLG via BIMObject
	JLG	3369LE	JLG via BIMObject
	JLG	3394RT	JLG via BIMObject
	JLG	4069LE	JLG via BIMObject
	JLG	430LRT	JLG via BIMObject
	JLG	4394RT	JLG via BIMObject
	JLG	53LRT	JLG via BIMObject
	JLG	JLG 6RS	JLG via BIMObject

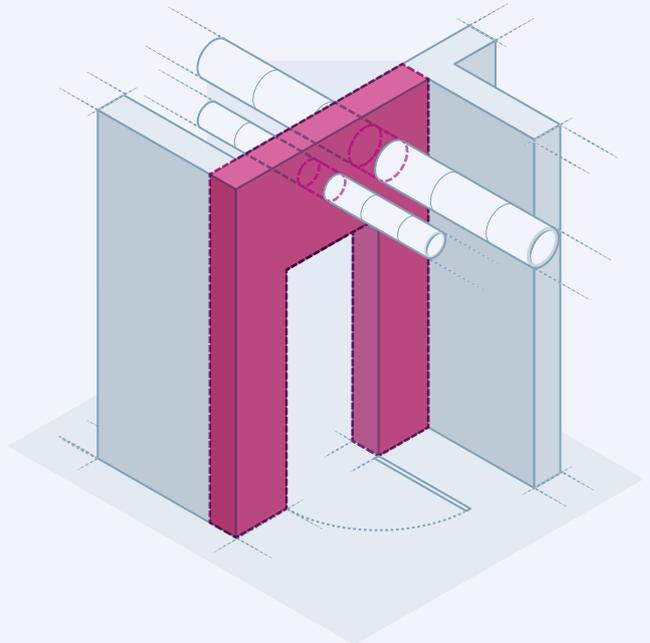
NATURE DE L'ÉQUIPEMENT	FABRICANT	MODÈLE	DISTRIBUTEUR OBJET BIM ET LOCALISATION
	JLG	M3369LE	JLG via BIMObject
		M4069LE	JLG via BIMObject
	JLG	2032ES	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	4045R	JLG & RIWAL via BIMObject
	JLG	10RS/3048RS/R10	JLG via BIMObject
Plateforme ciseau électrique	GÉNIE	GS1532	KILOOUTOU via BIM & Co
	GÉNIE	GS3246	KILOOUTOU via BIM & Co
	GÉNIE	GS4047	KILOOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	COMPACT10	KILOOUTOU via BIM & Co
	HAULOTTE	COMPACT8	KILOOUTOU via BIM & Co
	YOUNGMAN	BOSSX3	KILOOUTOU via BIM & Co
Élévateur mât vertical	EVEREST	NANO SP	KILOOUTOU via BIM & Co
	EVEREST	POWER TOWER ÉCOLIFT	KILOOUTOU via BIM & Co
	EVEREST	POWER TOWER PICOLIFT	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	Ecolift Nano SP/830 SPE/830 SP	JLG via BIMObject
	JLG	Écolift 1.5/Écolift 50	JLG via BIMObject
	JLG	Écolift 2.2/Écolift 70	JLG via BIMObject
	JLG	FT140	JLG via BIMObject
	JLG	FT70	JLG via BIMObject
	JLG	Nano SP/830SPE/830SP	JLG via BIMObject
	JLG	Pacolift/Écolift 1.5/Écolift 50	JLG via BIMObject
	JLG	20 MVL	JLG via BIMObject
	JLG	25AM	JLG via BIMObject
	JLG	30AM	JLG via BIMObject
	JLG	36 AM	JLG via BIMObject
	JLG	JUNIOR 6	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	JUNIOR 8	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	TOUCAN 10E	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	TOUCAN1210	KILOOUTOU via BIM & Co
	JLG	1230ES	
	MANITOU	80VJR	KILOOUTOU via BIM & Co
Camion malaxeur	Générique		BIM & Co
Banche	Générique	1250*2250	KILOOUTOU via BIM & Co
		1250*2600	KILOOUTOU via BIM & Co
		1250*2700	KILOOUTOU via BIM & Co
		1250*2750	KILOOUTOU via BIM & Co
	Générique	1250*2800	KILOOUTOU via BIM & Co
		2500*2250	KILOOUTOU via BIM & Co
		2500*2600	KILOOUTOU via BIM & Co
		2500*2700	KILOOUTOU via BIM & Co
		2500*2750	KILOOUTOU via BIM & Co
		2500*2800	KILOOUTOU via BIM & Co
		3750*2250	KILOOUTOU via BIM & Co
		3750*2600	KILOOUTOU via BIM & Co

NATURE DE L'ÉQUIPEMENT	FABRICANT	MODÈLE	DISTRIBUTEUR OBJET BIM ET LOCALISATION	
Banche	SATECO	3750*2700	KILOOUTOU via BIM & Co	
		3750*2750	KILOOUTOU via BIM & Co	
		625*2250	KILOOUTOU via BIM & Co	
		625*2600	KILOOUTOU via BIM & Co	
		625*2700	KILOOUTOU via BIM & Co	
		625*2750	KILOOUTOU via BIM & Co	
		625*2800	KILOOUTOU via BIM & Co	
		SC1015 BOX	Sur demande à SATECO	
		BOX RS		
		Panneau d'angle intérieur	Non identifié	Sur demande à SATECO
		Panneau d'angle extérieur	Non identifié	Sur demande à SATECO
About simple	Non identifié	Sur demande à SATECO		
Passerelle de contournement droit et gauche	Non identifié	Sur demande à SATECO		
Stabilisateur	Non identifié	Sur demande à SATECO		
Lest	Non identifié	Sur demande à SATECO		
Portiques	Non identifié	Sur demande à SATECO		
Bétonnière	Générique	Sans objet	BIM & CO	
Tour d'étalement à sécurité intégrée	MILLS	TOURECHAF	Noemi + sur Mills.fr	
Coffrage horizontal	MILLS	MILLS PANO	Noemi + sur Mills.fr	
Escaliers de chantier	MILLS	ESCALIB	Noemi + sur Mills.fr	
 Tubes et colliers	MILLS	TOURECHAF	Noemi + sur Mills.fr	
Échafaudage	MILLS	ARCAM	Noemi + sur Mills.fr	
Bungalow de chantier	Générique	Générique	BIM & Co	
Vestiaire 5 douches + 1 WC	Générique	Générique		
Toilettes portables	Générique	Générique		
Palissade de chantier	Générique	Générique	BIM & Co	
Passage couvert	CISABAC	Inconnu	BIMObject	
Menottes	CISABAC	Inconnu	BIMObject	
Platine à cheviller	CISABAC	Inconnu	BIMObject	
Bloc béton 25 kg	CISABAC	Inconnu	BIMObject	
Cantonement	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Clôture mobile bardée	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Clôture mobile grillagée	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Portail coulissant grillagé bardé	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Container de rangement	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Cantonement	Non défini	Inconnu	BIMObject	
Consoles de sécurité	SATECO		Sur demande à SATECO	
Attaches volantes sur dalles		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Attaches volantes		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Demi-pied de reprise		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Attache volante sur allège, sous allège, pour nez de voile		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Attache volante femelle, attache volante ancrage noyé, attache volante sous linteau		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Sabot d'appui à deux positions		Non identifié	Sur demande à SATECO	
Ancrage de U bas		Non identifié	Sur demande à SATECO	

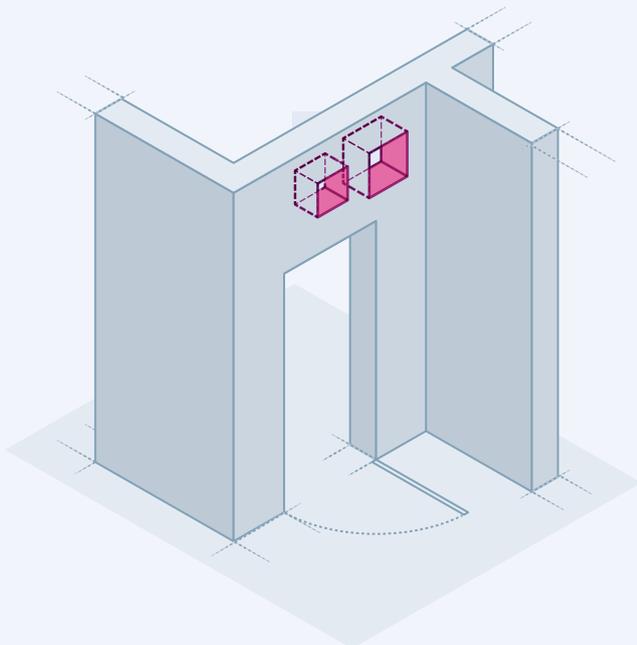
2A – Détection de collisions solidiennes



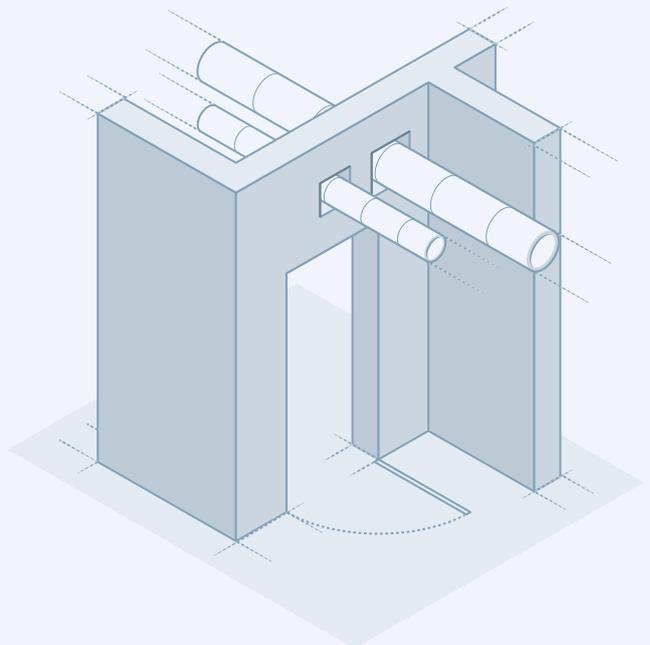
1^{re} étape : les deux gaines ont été modélisées sans modéliser les deux réservations nécessaires à leur passage. Sur cet exemple la réservation nécessaire à l'intégration d'une huisserie métallique est correctement renseignée.



2^e étape : lorsque la détection de clashes est activée, les éléments de natures différentes, qui sont en collision, apparaissent de manière différenciée.

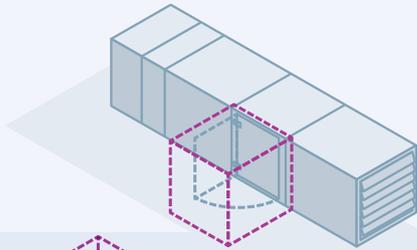


3^e étape : le technicien BE de l'entreprise de gros œuvre travaille sur la maquette structure. Les maquettes fluides ne sont pas représentées. Les deux réservations ont été modélisées par l'entreprise en charge du gros œuvre sur la maquette « structure ».

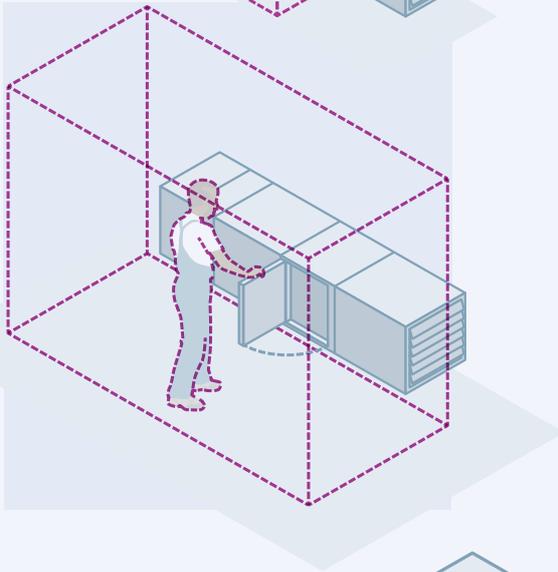


4^e étape : la maquette fluide est intégrée, la détection de clashes est lancée. Rien n'apparaît dans cette zone car l'ensemble des réservations est intégré. Ce contrôle, simple en phase étude, évite la réalisation de deux carottages sur le chantier.

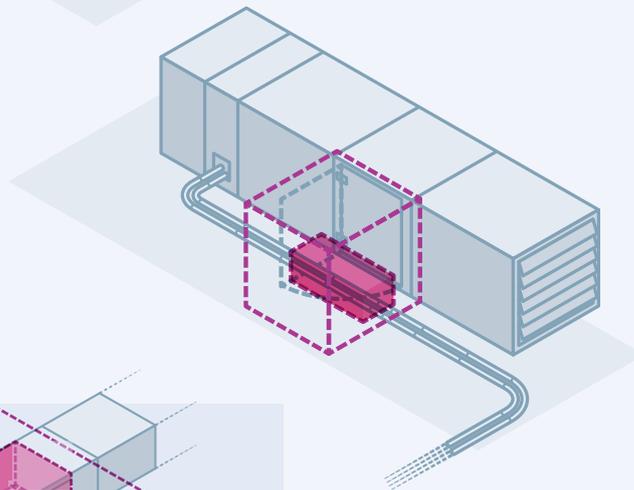
2B – Détection de collisions volumiques



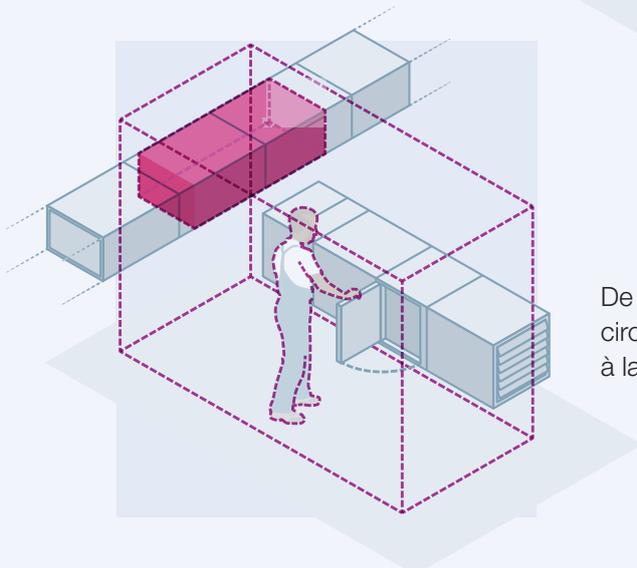
Dans un objet BIM de centrale de traitement, des volumes représentant l'ouverture de trappe d'accès sont intégrés.



Dans le cadre de la conception, le maître d'œuvre peut définir un volume réservé à l'intervention de l'opérateur.

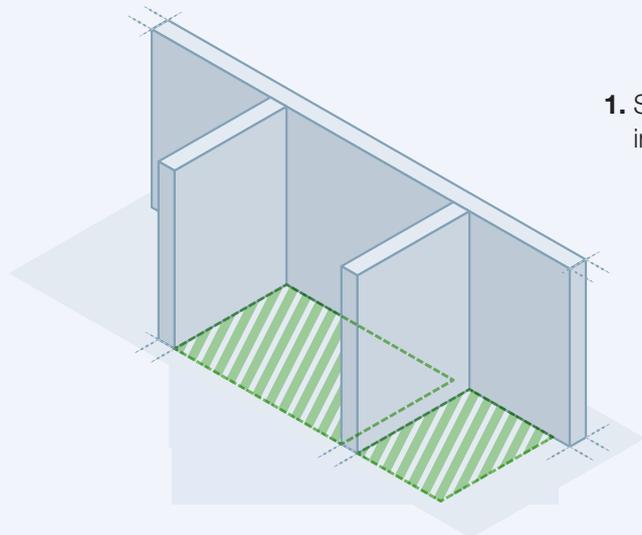


L'alimentation d'eau chaude de la batterie passe dans le volume dévolu à l'ouverture de la trappe. La détection de clashes le signalera.

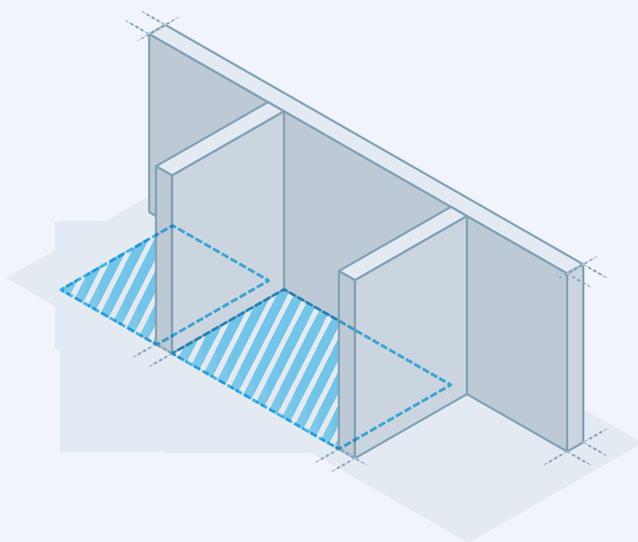


De la même manière, si un objet (ici la gaine de section circulaire) passe au travers du volume dévolu à la maintenance, la détection de collisions le signalera.

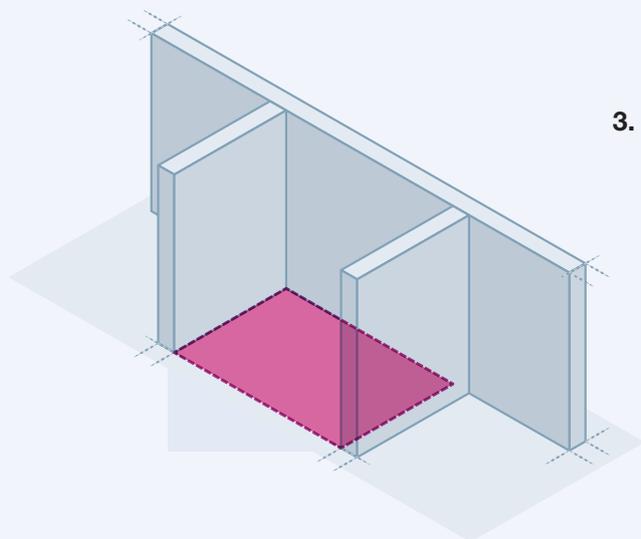
2C – Détection de collisions temporelles



1. Sur le planning, il est prévu que l'entreprise A intervienne sur les deux zones ci-contre.



2. Sur le planning, il est prévu que l'entreprise B intervienne sur les deux zones ci-contre.



3. La détection de collisions temporelles indique la zone où il y a coactivité.

Bibliographie

Plan de transition numérique du bâtiment

<http://www.batiment-numerique.fr/>

Dont :

- Stratégie française pour les actions de prénormalisation et normalisation BIM appliquées au bâtiment – Juin 2018
- Programme ABV+ – Septembre 2018
- Guide de recommandations à la maîtrise d'ouvrage – MIQCP – Juillet 2016
- Programme numérisation des règles
- Guide méthodologique pour des conventions de projets BIM – Avril 2016
- Le BIM au profit de la prévention – ESITC Caen (avec la collaboration de l'OPPBTP)
- Mission « Droit du numérique et bâtiment » (janvier 2016), etc.

Commission européenne

Manuel pour l'introduction du « Building Information Modelling (BIM) » par le secteur public européen – EUBIM Taskgroup

Ministère de l'Éducation nationale – STI

<http://eduscol.education.fr/sti/bim>

Présentation : les réseaux nationaux de ressources STI ont pour objectif de proposer aux enseignants des ressources pédagogiques correspondant à un niveau de formation donné. Le plus souvent, ces ressources sont relatives à des programmes ou des référentiels qui viennent d'être rénovés. Ces ressources sont établies par des équipes de professeurs, choisies et sélectionnées par l'inspection générale de l'éducation nationale, en liaison avec les inspecteurs pédagogiques régionaux et les inspecteurs de l'éducation nationale. Elles sont conçues afin de montrer la prise en compte des évolutions des programmes, et elles doivent être facilement appréhendées par les enseignants.

Publications

EGF.BTP – *Conduite de projet en BIM – Le BIM pour la sécurité sur les chantiers* – Mars 2019

AQC – *Du bon usage du BIM – 12 enseignements à connaître* – 2016

BIM et maquette numérique – 2^e édition – Olivier Celnik et Éric Lebègue – Éditions Eyrolles et CSTB Éditions – Octobre 2015

« Chantier, comment le BIM améliore la sécurité ? », *Les Cahiers techniques du bâtiment* – 6 septembre 2018

« Sécurité et prévention : ce que le numérique change dans le BTP », *Le Moniteur* – 28 mars 2018

« Chantier, comment le BIM améliore la sécurité », *Les Cahiers techniques du bâtiment* – juin-juillet 2018

« Les relevés amiante s'invitent dans la maquette numérique », *Le Moniteur* – 28 mars 2018

« Planification des chantiers : passez au BIM 4D ! » www.preventionbtp.fr – Mars 2018

BIM et prévention à l'international

Grande-Bretagne – Health and Safety Executive – 2018 : Improving Health and Safety Outcomes in Construction – Making the Case for Building Information Modelling (BIM)

Travaux universitaires et scientifiques

Corée du Sud – University of Ulsan – 2018 : Effectiveness of Safety Training System Using BIM in Construction Workplace – Focused on the Case of South Korea – *Sun-Geun Ha, Taehui Kim, YoungJu Na, Kiyoung Son, and Seunghyun Son* – 2018

Australie – Queensland University of Technology – 2012 : Using BIM for Smarter and Safer Scaffolding and Formwork Construction: A Preliminary Methodology – *Chi, Seokho, Hampson, Keith D., & Biggs, Herbert C.*

États-Unis – Georgia Institute of Technology – 2011 : Integrating BIM and Safety: An Automated Rule-Based Checking System for Safety Planning and Simulation – *Sijie Zhang, Jin-Kook Lee, Manu Venugopal, Jochen Teizer, Charles Eastman*

Finlande – VTT – 2011 : BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction – *Markku Kiviniemi, Kristiina Sulankivi, Kalle Kähkönen, Tarja Mäkelä & Maja-Leena Merivirta*

Grande-Bretagne – University of Central Lancashire – 2011 : Integrating BIM and Planning Software for Health and Safety – Site Induction - *John Godfaurd and Ganah Abdulkadir*

Finlande – VTT Technical Research Center of Finland – 2010 : 4D-BIM for Construction Safety Planning, *Sulankivi, K., Kähkönen, K., Mäkelä, T., Kiviniemi, M.*

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'OPBTP est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122 du Code de la propriété intellectuelle). Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

© OPBTP 2019

Conception/réalisation : **magamo**

Crédits photos : AdobeStock – istock – gettyimages – DR

Illustrations : Antoine Dagan

OPPBTP

**RETROUVEZ TOUTES LES PUBLICATIONS DE L'OPPBTP SUR
PREVENTIONBTP.FR**

