OUTILS

LE BIM INVESTIT LE CHANTIER GRÂCE À LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

Photo © IARA

TEXTE : **FRANÇOIS PLOYE** PHOTOS : **BIM MY PROJECT, BLOC IN BLOC, DAQRI, FUNBIM, GA SMART BUILDING, GROUPE GSE, IARA**

Démocratisée sur smartphone pour des applications ludiques ou touristiques, la réalité augmentée ou mixte fait ses preuves sur le chantier avec différents cas d'usage comme la vérification de réservations, la détection de conflits entre les réseaux et le gros œuvre, ou encore le contrôle technique.

MINI-GLOSSAIRE

- **Réalité virtuelle (RV) :** immersion et navigation dans un environnement virtuel 3D et interactif.
- **Réalité augmentée (RA) :** des informations ou des éléments d'une scène virtuelle sont superposés en hologramme par transparence sur l'environnement réel (lunettes) ou incrustées à la volée sur une vidéo du réel capté par une caméra (tablette ou smartphone).
- **Réalité mixte (ou Mixed reality [MR]),** aussi nommée réalité hybride : il s'agit d'un type de réalité augmentée où les environnements réel et virtuel sont fusionnés avec la même caméra et à la même échelle un.
- **Carte de profondeur (Depth map) :** des caméras avec processeur type *Intel RealSense* sont capables de détecter par calcul de triangulation la distance de chaque élément de l'environnement réel par rapport à la caméra. Une carte 3D de l'environnement réel (la Depth map) est ainsi reconstituée.
- **See-through :** propriété de semi-transparence des prismes ou écrans de lunettes qui projettent la maquette virtuelle en donnant l'impression à l'utilisateur de voir un pseudo-hologramme.
- **Suivi de mouvements (ou tracking) :** les mouvements de la tête de l'observateur sont suivis par des capteurs, comme dans le cas de lunettes ou de casques à réalité mixte.

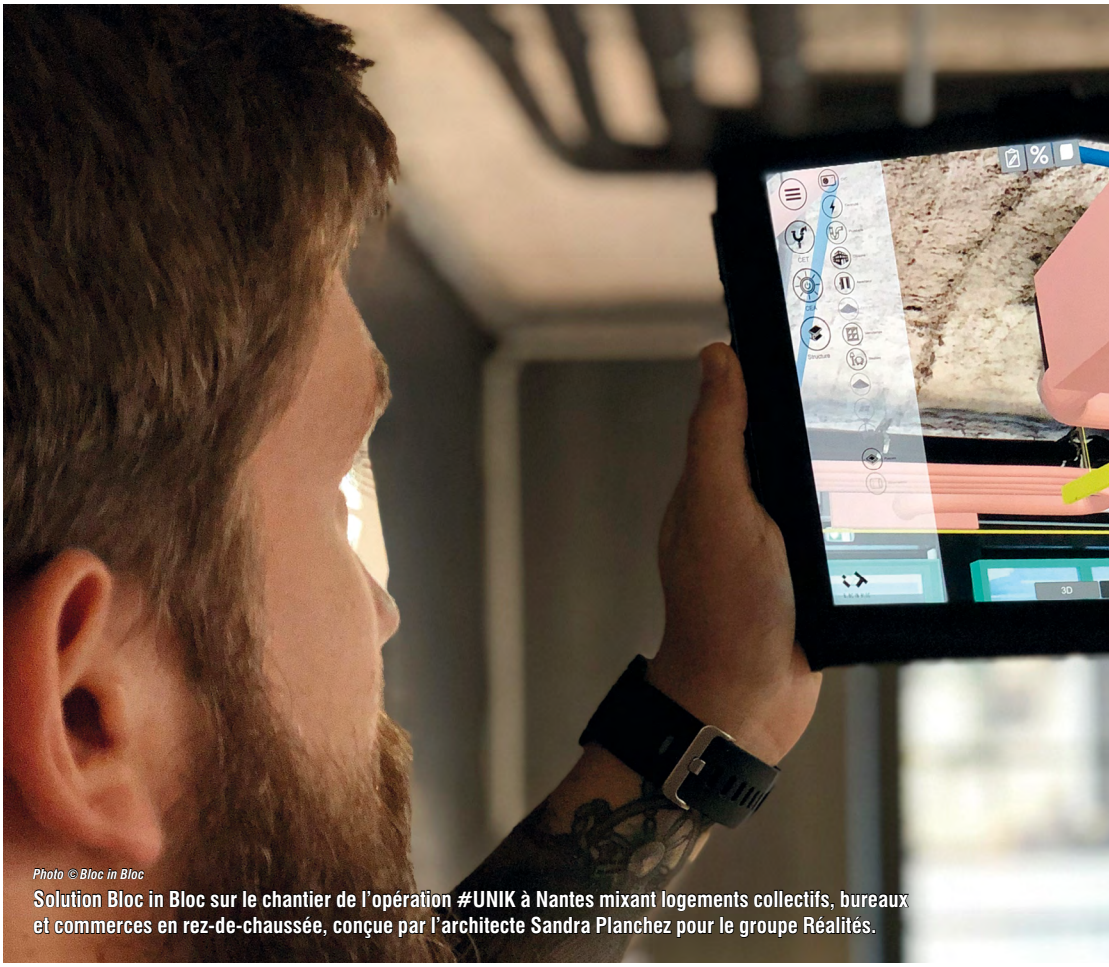


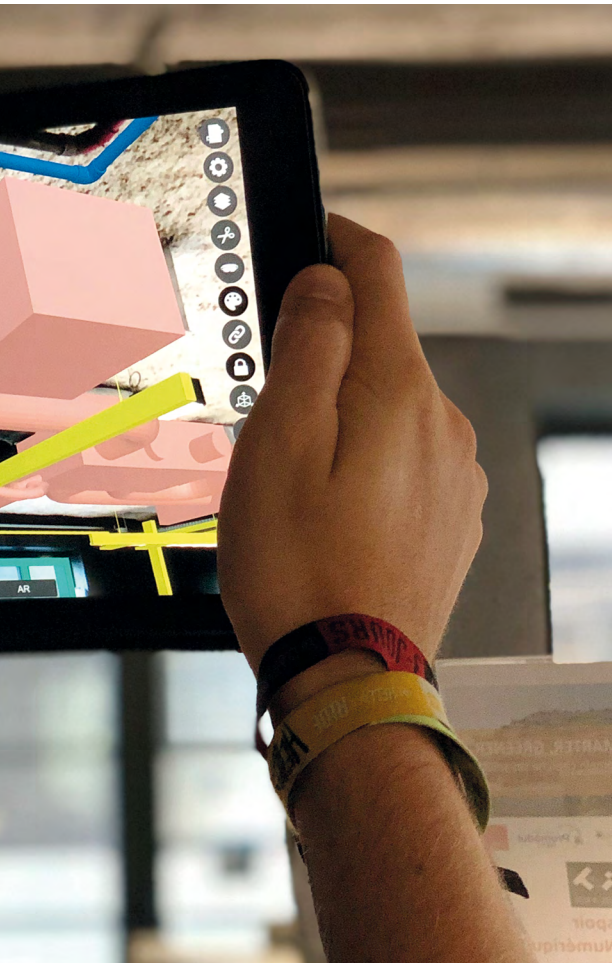
Photo © Bloc in Bloc

Solution Bloc in Bloc sur le chantier de l'opération #UNIK à Nantes mixant logements collectifs, bureaux et commerces en rez-de-chaussée, conçue par l'architecte Sandra Planchez pour le groupe Réalités.

Une petite poignée de jeunes sociétés fournissent des systèmes de réalité augmentée (RA ou AR en anglais) adaptés aux besoins des chantiers de construction. Pour la plupart, leur implication sur le sujet date d'il y a moins de deux ans. La réalité augmentée ou plus précisément la réalité mixte permet de fusionner le réel avec la maquette numérique BIM. Cette innovation facilite les contrôles et les vérifications sur site, soit avant travaux – par exemple pour valider un traçage de paroi –, soit après travaux, comme une vérification de conformité. Les essais pilotes et les expérimentations de systèmes conçus sur mesure se sont multipliés ces 18 mois sur différents supports : sur des smartphones et tablettes graphiques, mais aussi avec des lunettes équipées d'écrans semi-transparents affichant la maquette numérique, de type *Microsoft HoloLens*, *Magic Leap One* ou *Daqri Smart Glasses*. Les premiers tests ont eu lieu sur de très gros projets dont plusieurs tours à la Défense, puis ont gagné une grande variété de bâtiments, des immeubles de bureaux mais aussi des entrepôts logistiques ou des résidences collectives. « *Concernant le contrôle technique, les outils pour la conception sont aboutis, avec environ 20 % des opérations en Ile-de-France qui se font dorénavant en BIM. En réalisation en revanche, la réalité augmentée est expérimentée sur des chantiers tests bien avancés mais n'est pas encore déployée* », constate Anthony Bazille, directeur Pôle Développement/IR du groupe Socotec. Les premiers retours d'expérience sont encourageants.

Des technologies venant du jeu vidéo

Le développement de la RA est stimulé dans l'industrie par les retombées des innovations réalisées dans les secteurs du jeu vidéo et de la mobilité. En témoignent la puissance considérable des nouvelles générations de cartes graphiques, l'autonomie accrue des appareils nomades, les moteurs 3D temps réel interactifs type *Unity 3D* ou les kits destinés aux développeurs d'applications en RA proposés par Google, Apple ou Microsoft. De jeunes sociétés dont certaines venant du BIM se sont ainsi emparées de ces « briques » de base pour développer des solutions dédiées aux besoins des intervenants sur chantier. Parmi ces sociétés figurent Bloc in Bloc, IARA qui développe *Horus BIM*, FunBIM ou encore BIM My Project. « *Avec l'émergence du BIM et de la maquette ingénierie mixant géométrie et data, nous sommes partis du constat que celle-ci était insuffisamment exploitée sur chantier. Une solution est la réalité mixte à l'échelle un avec une fusion du réel et de la maquette numérique* », assure Laurent Bertholomeus, dirigeant et fondateur de Bloc in Bloc. Créée fin 2016, cette start-up nantaise se développe grâce à des fonds levés auprès de l'industriel Rector et du cabinet d'expertise technique Saretec. Bloc in Bloc



commercialise plusieurs modules pour le chantier fonctionnant sur tablette ou avec des lunettes. Typiquement, lors d'une visite de chantier, l'application permet de voir en virtuel les réseaux et gaines qui circulent dans le faux-plafond réel, de contrôler les éléments construits ou de vérifier les réservations avant coulage dans les banches. Un clic permet de valider ou pas le statut d'un élément vérifié avec une traçabilité. Les remarques émises sont positionnées par un tag dans l'espace, référencées et pourront venir enrichir le process BIM. Les usages de la RA sont aussi prometteurs pour la promotion des futurs bâtiments. L'idée est de déambuler sur le site avant travaux en testant avec la RA différents scénarios constructifs. Cette aide à la décision est utilisée par des clients de Bloc in Bloc comme Arep ou SNCF Gares & Connexions.

Cloud et formats ouverts

Les différents process mis en place par ces nouveaux acteurs présentent des similitudes. L'utilisateur transfère la maquette de son projet au format IFC ou natif Revit sur le serveur de l'éditeur. L'accès à la technologie est simplifié avec une offre commerciale qui inclue en général des services de stockage cloud et des plateformes SaaS (*software as a service*). Les clients téléchargent chez l'éditeur une application afin d'accéder à leurs données depuis leur équipement mobile. Du fait de l'absence fréquente de ▷▷▷

TROIS CHANTIERS TESTS POUR LE GROUPE GSE

Contractant global en immobilier d'entreprise, le groupe GSE basé à Avignon a investi en réalité augmentée dans la technologie de Bloc in Bloc pour exploiter la maquette numérique sur le chantier. « *Trois chantiers en cours servent de projets pilotes. Il s'agit du technicentre SNCF de Vénissieux qui sera livré fin 2019 et de deux projets qui vont être livrés début 2019 : le futur cinéma EuropaCorp de Marseille à la Joliette et un vaste entrepôt de deux étages de onze mètres de hauteur au port de Gennevilliers pour Vailog-Segro* », assure Franck Spieser, BIM manager du groupe GSE. La réalité augmentée sur tablette permet par exemple de contrôler un réseau de gaines en comparant le réel avec la référence virtuelle et de réaliser ainsi un rapport de conformité accompagné d'annotations et de photos. Les cas d'usages potentiels sont nombreux. Deux autres tests ont ainsi été réalisés pour le contrôle des réservations des dalles et murs béton et pour la vérification du traçage au sol des cloisons avant leur pose. ■

Photo © Groupe GSE

Le technicentre SNCF de Vénissieux qui sera livré fin 2019 a servi de site pilote pour l'application Bloc in Bloc. Ici un test de réalité augmentée sur tablette pour le contrôle d'un réseau de gaines.

1 Photo © GA Smart Building

DES BIJOUX TECHNOLOGIQUES

Les lunettes professionnelles de réalité mixte sont peu nombreuses à être commercialisées. Ces équipements concentrent de la technologie complexe et miniaturisée, non seulement les processeurs, le stockage et la batterie mais aussi les capteurs de suivi de mouvements, les caméras et projecteurs stéréoscopiques.

La centrale inertielle de *HoloLens* a repris les technologies de *Kinect*, avec un accéléromètre, un gyroscope et un magnétomètre. Les lunettes intègrent aussi plusieurs caméras dont des caméras vidéo classiques en haute résolution, mais aussi des capteurs de profondeur ou de lumière ambiante. Les performances demandées expliquent que les *HoloLens* de Microsoft ou *One* de Magic Leap sont vendues entre 2000 et 2500 euros en entrée de gamme. L'année 2019 devrait voir arriver la deuxième génération d'*HoloLens* plus abordable et plus performante avec un champ de vision élargi. De son côté, Daqri préfère proposer à ses clients ses lunettes en leasing sous forme d'un système complet opérationnel matériel et logiciel. «*Nos lunettes offrent plusieurs avantages. Elles sont certifiées chantier, légères – 280 grammes – car la batterie est déportée, ce qui donne aussi une autonomie accrue de plus de trois heures. Le champ de vision est plus large avec un écran de 44° en diagonale. Enfin, elles sont réellement mains libres étant donné que l'interaction se fait avec les déplacements de la tête : en effet, l'interface détecte lorsque l'utilisateur fixe plus d'une seconde un mot du menu*», met en avant Pierre Nowacki, EMEA Corporate sales specialist chez Daqri.

Photo © Daqri
Le système de réalité augmentée *Smart Glasses* de Daqri est disponible en leasing à partir de 499 euros par mois pour l'ensemble équipement et applications logicielles.

connexion Internet sur les chantiers, la maquette doit être transférée sur l'équipement nomade (tablette ou lunettes) avant la visite sur le chantier. Les formats standards et ouverts privilégiés pour les données sont les IFC (Industry foundation classes) pour la maquette numérique et le BCF (BIM collaboration format) pour les annotations. Un intérêt du BCF est d'associer avec une annotation émise le point de vue de l'observateur. Par la suite, lorsque la maquette est visionnée sur le poste de travail, l'interface est capable de directement zoomer dans la scène virtuelle à l'endroit du clash ou de la réservation qui a été associée à l'annotation émise pendant la visite.

Au choix tablettes ou lunettes

On peut choisir de s'équiper de tablettes ou bien de lunettes. Les lunettes libèrent les mains et le degré de précision du calage virtuel sur réel est meilleur qu'avec la tablette, mais elles sont plus fragiles et coûteuses, avec un prix qui démarre à 2 000 euros et va jusqu'à 4 000 ou 5 000 euros. De plus leur interface est limitée à la reconnaissance vocale et à une gestuelle sommaire des doigts (pour *HoloLens*) ou de la tête (pour les *Smart Glasses*). Les lunettes doivent être fixées au casque de manière à respecter les règles de protection de la tête conformément aux normes européennes (EN 397 en particulier). « *L'idée est de travailler en sécurité. Nous avons testé deux prototypes de casque équipés de lunettes* HoloLens *: un prototype que nous a proposé Trimble et un casque développé en interne. Nous avons fabriqué en impression 3D les accessoires de maintien de* HoloLens. *Ces tests ont été réalisés sur site par demi-journées, avec des chefs de chantier et d'équipe et des conducteurs de travaux, qui ont été placés dans des situations potentielles comme l'autocontrôle sur chantier* », confie Rémi Visière chez GA Smart Building. Ce premier retour d'expérience est prometteur. L'espoir est que d'ici deux ans, des solutions plus matures ayant davantage de performances et de fluidité d'expérience pourront être déployées.

◀

1 Prototype de casque *Trimble* équipé de lunettes *HoloLens*.

▲

2 Avec la solution de Bloc in Bloc, le calage entre le virtuel et le réel s'effectue avec des cubes comme cibles.

Un seul environnement interactif

Pendant la visite, la qualité de l'immersion et la précision du travail de vérification dépendent d'un calage précis du virtuel sur le réel. Pour cela, une initialisation est nécessaire dans chaque zone de la visite. Elle se fait par reconnaissance visuelle de points caractéristiques de la scène comme des poteaux ou un coin de pièce ou en positionnant des cibles. Ces marqueurs physiques peuvent être des QR Code imprimés pour chaque équipement dans le cas de FunBIM ou des cubes pour Bloc In Bloc. « *Malgré une mise à jour de l'iOS d'Apple il y a quelques mois qui a amélioré les performances de la RA sur les iPads, la précision demeure moindre qu'avec les lunettes et le recalage de la scène est plus fréquent. En revanche, l'autonomie des lunettes* HoloLens *n'est que de deux heures environ* », constate Franck Spieser, BIM manager du groupe GSE.

L'application de suivi de chantier permet de valider ou pas l'ouvrage vérifié, d'annoter la maquette et d'enregistrer l'information avec une photo. Ces données stockées sur l'équipement mobile seront transférées sur le serveur cloud de retour au bureau. Pour rédiger les annotations et commentaires, la plupart ▷▷▷

des utilisateurs trouvent plus facile de pianoter un texte sur une tablette ou sur un smartphone que d'utiliser la reconnaissance vocale des lunettes. Avec la RA, la génération des rapports d'avancement ou de réservation ou des fiches d'annotations pour la levée de réserve est aussi automatisée. « *Ainsi avec la solution Bloc in Bloc testée, nous pouvons sélectionner les composants de la maquette que nous souhaitons voir apparaître en RA, par exemple uniquement les gaines pour vérifier leur pose, mesurer les écarts entre le réel et le virtuel, annoter puis établir un rapport* », explique Franck Spieser. La solution de RA de Bloc in Bloc a aussi été utilisée par l'entreprise Léon Grosse pour le suivi de l'avancement des travaux de l'Institut de l'audition à Paris. Elle est actuellement déployée sur plusieurs chantiers comme la Gare SNCF de Nîmes, le siège de l'Urssaf à Paris avec Spie Batignolles ainsi que sur diverses opérations pour le groupe GSE comme le cinéma EuropaCorp à la Joliette à Marseille. D'autres applications de la RA sont envisagées par l'éditeur comme la traçabilité des matériaux ou la maintenance, l'objectif étant de mieux préparer les interventions et de réduire leur nombre.

Une précision limitée à la phase gros œuvre

De l'ordre d'un à plusieurs centimètres, la précision obtenue n'est pas suffisante pour les corps d'état secondaires où une précision au millimètre est demandée. « *Et même pour le gros œuvre, les clients demandent une précision au centimètre qui n'est pas évidente à obtenir en RA avec les technologies existantes. En revanche, un premier contrôle très rapide avec la RA va permettre de détecter une réservation absente ou décalée de plusieurs centimètres. Une vérification plus précise est ensuite réalisée de manière classique* », complète Maxime Veyrines, président de IARA. L'éditeur a expérimenté avec succès sa solution *Horus BIM* en suivi de chantier en phase gros œuvre, typiquement pour de l'autocontrôle avant et après coulage ou pour contrôler en RA la position des réseaux et des terminaux. Les chefs de chantier peuvent aussi montrer à leurs sous-traitants les cheminements des réseaux, leurs interactions et les points sensibles. Un autre cas testé sur chantier est le récolement sur base 3D. Enfin, l'éditeur travaille pour Socotec en contrôle technique. Une application un peu différente a aussi été testée avec Colas en travaux publics pour visualiser les réseaux enterrés avant travaux. Sur le long terme, des cas d'usage sont développés pour l'exploitation et la maintenance avec des liens avec les données dynamiques (GTB, GMAO…).

Un métier à inventer

Lors de sa création fin 2017 à Nîmes, FunBIM a développé un outil de visualisation BIM pour la phase amont des travaux. Son fondateur et président Laurent Biancardini explique : « *En 2018, avec une subvention de la région Occitanie, nous avons développé une application de réalité mixte pour les lunettes* HoloLens *avec une reconnaissance par QR Code. Équipés de ces lunettes, les opérationnels sur chantier peuvent vérifier la conformité de l'ouvrage avec l'aide de la maquette numérique et contrôler le positionnement de différents équipements et des terminaux* ». L'outil permet de lever des réserves, de repérer les points bloquants ou les dysfonctionnements, complété par différentes observations et commentaires faites vocalement. Les réseaux peuvent être compilés pour faire une mini-synthèse opérationnelle sur le terrain en présence des chefs de chantier et s'assurer ainsi que les équipements vont correctement s'intégrer dans le réalisé. « *Un premier prototype a été expérimenté en positionnant un QR Code dans un local technique. Les lunettes reconnaissent automatiquement le QR Code et des observations peuvent être positionnées sur la maquette avec la voix. L'application a démarré en test à plus grande échelle sur le chantier des tours Duo à La Défense avec l'entreprise Saga Tertiaire, rattachée à Vinci Energies* », précise Laurent Biancardini. La localisation avec la RA d'un équipement ou d'un réseau fluides permet d'accéder directement aux

3 Test de *Horus BIM* avec Colas en travaux publics pour visualiser les réseaux enterrés avant travaux et anticiper les détériorations d'une canalisation enterrée.

4 Avec FunBIM, le calage virtuel sur réel se fait à partir d'un QR Code imprimé et fixé sur l'équipement.

5 Chantier de la tour Trinity : relevés en réalité mixte par BIM My Project avec un casque équipé de lunettes *HoloLens* et interaction par gestuelle de la main.

6 Vérification des réservations avant coulage du béton sur le chantier de l'ENS de Saclay, par BIM My Project.

3 Photo © IARA

4 Photo © FunBIM

"Pour le gros œuvre, les clients demandent une précision au centimètre qui n'est pas évidente à obtenir en RA avec les technologies existantes. En revanche, un premier contrôle très rapide avec la RA va permettre de détecter une réservation absente ou décalée de plusieurs centimètres"

Photo © BIM My Project 5

Photo © BIM My Project 6

fiches techniques associées venant de la maquette BIM. Les commentaires émis lors de la visite sont stockés sur la plateforme cloud collaborative de Fun-BIM pour être importés dans la maquette numérique du projet. Dans un second temps, l'éditeur envisage pour 2019 d'ajouter à la RA des fonctionnalités portant sur l'avancement des travaux afin d'automatiser la visite de chantier.

L'itinéraire est un peu similaire pour la société BIM My Project qui assurait des prestations de modélisation BIM à sa création en 2015, avant de se lancer dans la réalité mixte en septembre 2017. « *L'enjeu avec cette technologie est d'améliorer la qualité de la production sur chantier. Nous avons développé* BMPconnect, *une application de réalité mixte sur* HoloLens, *commercialisée en mode SaaS* », explique Roland Costeceque, cofondateur et CEO (chief executive officer) de BIM My Project. Sur le chantier de la tour Trinity à La Défense (Vinci Construction France), la solution a été mise en pratique pour contrôler les réservations avant coulage du béton. « *Nous commercialisons une application avec un casque équipé de lunettes afin que les clients soient autonomes. Mais actuellement il faut les former, les accompagner sur chantier et les aider à faire du BIM collaboratif. Aussi nous assurons des prestations de formation et d'accompagnement sur chantier* », confie Roland Costeceque. Pour l'instant les prestations demandées à BIM My Project portent essentiellement en contrôle de réservations gros œuvre ainsi qu'en vérification d'installations et d'équipements en CVC, désenfumage, plomberie, etc. Parmi leurs références figure le chantier de la nouvelle ENS de Saclay (91) : au printemps 2018, une mission d'accompagnement a été réalisée avant coulage sur le contrôle des réservations, avec édition d'un rapport et de la liste des tâches à effectuer. L'équipe est aussi ▷▷▷

7 Photo © BIM My Project

8 Photo © IARA

7 **Suivi des lots CET en réalité mixte par BIM My Project sur le chantier du nouveau siège du journal *Le Monde*.**

8 **Solution *Horus BIM* de l'éditeur IARA.**

missionnée par Nexity sur des résidences à Rueil Malmaison (92), par Bouygues sur un chantier pilote pour de l'habitat résidentiel à Paris et par Cicad pour le futur siège du journal *Le Monde* à Paris Austerlitz.

En contrôle technique, une nouvelle brique du BIM

Le process BIM est actuellement pris en compte chez Socotec au sens large suivant trois axes : l'intégration du BIM dans les métiers existants, le déploiement des missions d'accompagnements portées par leur partenaire BIM in Motion, le développement d'outils comme la plateforme collaborative *BIMdata* et l'usage de la blockchain dans le processus BIM. Leur philosophie est celle de l'OpenBIM. « *En phase EXE, l'usage du BIM sur chantier est poussé avec la RA où nous utilisons la solution* Horus BIM *développée par IARA. Lors de la visite, une levée des avis est effectuée et des annotations sont émises et stockées sur la tablette. Après visite, ces données au format BCF sont transférées sur la plateforme collaborative et exportées dans notre logiciel métier* Rapsotec *pour l'édition de rapports de visite et pour l'avis final* », confie Alexandre Bompard, directeur délégué en charge du BIM chez Socotec. La RA évite la discontinuité entre le bureau et le chantier. « *Cette technologie permet de faire de la vérification dimensionnelle, de la vérification PMR ou de sécurité incendie. Par exemple pour le cloisonnement en zones U10, l'usage de la RA permet de visualiser les limites d'une zone avec les métrés, de vérifier les clapets et les coupe-feu. Les avis émis sont localisés sur la maquette ce qui évite de se tromper de portes ou d'équipements. Nous utilisons aussi la RA pour localiser l'amiante* », confie Anthony Bazille.

Une phase d'expérimentation

« *Nous utilisons également la RA lors de nos audits sur site pour la réalisation des certifications BIM développées par Socotec Certification et ainsi vérifier que la maquette numérique est bien le jumeau numérique du bâtiment construit* », explique Alexandre Bompard. Actuellement la RA est testée sur les chantiers où le process BIM est prévu jusqu'à la phase EXE, comme les CHU d'Ajaccio et de Nantes, l'Université de Caen, trois chantiers de Tours à La Défense ou du résidentiel. Le champ des cas d'usage demeure ouvert. Socotec a ainsi développé des diagnostics immobiliers avec RA avec l'ITGA (Institut technique des gaz et de l'air) et avec Foncia. D'autres cas d'usage sont explorés en exploitation et maintenance ainsi que pour la vérification réglementaire, par exemple la vérification électrique, afin de comparer le réalisé à la conception. « *Notre réflexion est de construire un process cohérent avec le BIM, et de préparer notre métier de demain qui sera entièrement digitalisé. Pour cela, nous avons besoin d'une plateforme collaborative, de la réalité augmentée et d'un chaînage (blockchain) des avis* », résume Alexandre Bompard.

Photo © GA Smart Building 1

1 Sur le site d'Amazon avec les lunettes *Hololens*. Un sujet prometteur est le partage par plusieurs personnes de la même expérience immersive sur différents supports.

2 La réalité augmentée permet de confronter la position des futurs réseaux fluides au gros œuvre.

3 Chantier de l'entrepôt logistique d'Amazon à Brétigny-sur-Orge (91) qui compte 60 000 m² de process au sol. GA Smart Building est l'entreprise générale sauf pour la partie process.

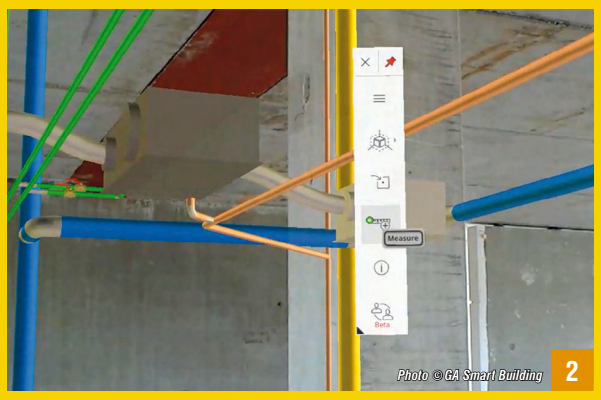


Photo © GA Smart Building 2

Photo © GA Smart Building 3

GA SMART BUILDING EN TEST SUR LE MÉGA CHANTIER D'AMAZON

GA Smart Building figure parmi les entreprises expérimentant la réalité augmentée (RA) sur le terrain. Plusieurs pilotes ont été menés pour différents acteurs dont deux expérimentations importantes qui se sont déroulées grandeur nature sur plusieurs mois en 2017. « *Un des chantiers est celui de l'entrepôt logistique d'Amazon à Brétigny-sur-Orge (91) où nous avons testé en réalité mixte sur lunettes* HoloLens *l'utilisation de la maquette numérique* », introduit Rémi Visière, directeur Recherche-développement & innovation chez GA Smart Building. Deux cas d'usage ont été testés : le contrôle de positions de réservations par rapport à la conception et la vérification du réalisé comme la position d'ancrages ou de terminaux. « *Nous avons pu mener en 2018 un test de réception d'une partie de l'ouvrage qui était prête à recevoir le process. La RA sur site nous a permis de faire une synthèse des corps d'état séparés en superposant les différents modèles, bâtiment et process. Le test portait sur la vérification de la position d'ergonomie des postes de travail et des points d'accroche des convoyeurs* », ajoute Rémi Visière. Pour que l'affichage temps réel demeure fluide, la modélisation a dû être allégée et simplifiée avant d'être chargée dans les lunettes. « *Le chantier d'Amazon a aidé à débugger une technologie qui manque encore de maturité. En effet, les moteurs d'affichage sont instables et la manipulation en temps réel des modèles géométriques pourrait gagner en fluidité. Les éditeurs travaillent à développer des moteurs graphiques plus puissants et mieux optimisés* », espère Rémi Visière. D'autres cas d'usage sont envisagés comme l'assistance à l'exploitation et l'aide à la préfabrication en atelier (pour le ferraillage par exemple).