



---

# DE LA SYNTHÈSE AUGMENTÉE PAR LE BIM... AU JUMENTAIRE NUMÉRIQUE : LE CAS DE L'EXTENSION DU MÉTRO LYONNAIS

Par Rémi Batisson et Nicolas Ferrara

*Egis, en partenariat avec Systra, AZC et l'Atelier Schall, accompagne le SYTRAL en réalisant la maîtrise d'œuvre de l'extension de la ligne B du métro de Lyon. Ce projet consiste à prolonger de 2,4km la ligne actuelle et à créer deux nouvelles stations jusqu'aux Hôpitaux Sud, ainsi qu'un puits de secours/ventilation, un parking relais<sup>1</sup> de 900 places, des voies de remisage et une machine à laver pour les rames.*

## LA DEMARCHE BIM D'EGIS

Comme tout projet de grandes infrastructures, la réussite de cette entreprise est conditionnée par la capacité des acteurs d'horizons très variés à se comprendre, et à combiner des contraintes très fortes dans chacun des corps d'état mobilisé sur ce projet : creusement au tunnelier, désenfumage et ventilation, courants faibles, assainissement et relevage des eaux, voie ferrée, ...

Un défi que le SYTRAL a accepté de relever en 2018, dans une période où l'on disposait encore peu ou pas d'enseignement sur les impacts du BIM en phase de construction.

Depuis lors, Egis assure ainsi la mission de BIM management pour le SYTRAL et entraîne l'ensemble des entreprises de travaux dans cette nouvelle démarche.

### LES PILIERS DE CETTE DEMARCHE ?

- La mise en œuvre par Egis d'une **plateforme de collaboration BIM** (Bimsync®, de Catenda), dès le début de la phase Travaux, pour que chaque acteur du projet puisse très concrètement **visualiser par lui-même** les maquettes du projet, **y contribuer** avec ses propres éléments, et **dialoguer** autour d'elles, sans logiciel.
- **Une organisation et une structuration** des informations, réfléchie de façon progressive et avec l'ensemble des participants, de sorte que les membres du projet puissent se repérer parmi les **quelques 250 modèles** qui composent la maquette numérique de l'extension du métro.
- Le partage et les échanges d'information **à l'appui des schémas d'échanges ouverts, IFC et BCF exclusivement**. Ces formats de données servent de langage commun, sorte d'« esperanto » de la construction, et permettent **à tous les intervenants de dialoguer autour d'un vocabulaire commun clair**. S'agissant d'une infrastructure publique, cette orientation a permis **de mettre tous les acteurs sur un pied d'égalité**, indépendamment des logiciels de conception utilisés dans leurs organisations (allplan, revit, ...), dans le respect des règles des marchés publics.
- Et enfin, la définition d'usages ciblés et partagés avec l'ensemble des participants. Parmi ces différents objectifs (voir plus bas), c'est d'abord l'amélioration de la **coordination technique et spatiale des intervenants (mission « synthèse »)** qui a été visée et qui a servi ensuite de levier à d'autres usages.

---

<sup>1</sup> La maîtrise d'œuvre du parc relais est assurée par un autre groupement, constitué de Babel et Prado, avec TPFi et Acceo

# RETOUR D'EXPERIENCE DE LA PHASE SYNTHESE

La synthèse est traditionnellement l'affaire d'une cellule spécialisée, qui a la charge d'identifier les conflits entre lots et proposer des traitements à la maîtrise d'œuvre et aux entreprises. Par rapport à la CAO classique, le BIM consiste à construire virtuellement les ouvrages, et permet d'identifier, avec la 3D, des problématiques de conception difficilement détectables en 2D.

Le BIM apporte par ailleurs son lot d'outils d'analyse de maquettes et de *clash detection*. Sur le projet métro B, c'est le logiciel Solibri Model Checker® qui a ainsi été utilisé. Nativement compatible avec l'IFC, il a nécessité un apprentissage du côté des équipes de synthèse.

” Quand on est familier de la détection de conflits, la prise en main de Solibri ne pose pas de problème particulier. Le fait que ce logiciel traite nativement les IFC m'a aidé à aller encore plus loin dans ma compréhension de la structure des IFC... et à proposer un « langage commun » à l'ensemble des représentants d'Entreprises associés au processus de Synthèse. Un petit investissement qui en vaut la peine ! “



Eric PERRAS, intégrateur/coordonateur BIM chez Egis

Pour éviter que la maquette numérique reste la « chasse gardée » de la cellule Synthèse, Egis a décidé d'exploiter la plateforme BIM pour exposer, au fil de l'eau, les maquettes numériques auprès des acteurs du projet.

Il a été également décidé de faire de cette plateforme le **point de centralisation des échanges techniques** et **l'outil de gestion / suivi des demandes d'adaptations**. En effet, la plateforme dispose d'un module de gestion des annotations (« sujets ») intégrées à la maquette, permettant de apposer des annotations géolocalisées et d'enregistrer - pour chacun d'entre elles - un fil de commentaires, des clichés/schémas, le nom des personnes ou entreprises en action, etc.

La plateforme a rapidement rencontré l'adhésion des équipes de synthèse, comme celles des responsables de marchés ou d'entreprises. **2'500 sujets ont ainsi été ouverts et sont suivis** depuis le début du projet, dont un certain nombre pour prendre en compte des adaptations suites au relevés "Tel Que Construit" ou "As Built" du Génie Civil (voir plus bas).

” C'est sur la plateforme BIM que l'Entreprise de travaux et moi, dialoguons, mettons aux point et gérons, depuis 2 ans, toutes les adaptations de chantier liées aux travaux dont je suis le garant. La 3D a un effet réellement vertueux sur le projet, tout le monde se projetant plus facilement dans la réalité du chantier et cherchant plus spontanément des solutions. J'ai apprécié que certaines phases provisoires particulièrement complexes, telle que la traversée du tunnelier en station, aient été modélisées dans la maquette : cela nous a permis de nous assurer de la compatibilité de l'avancement de la Station avec les structures provisoires permettant le ripage du tunnelier. De façon générale, pouvoir naviguer en autonomie dans la maquette numérique constamment à jour, y retrouver facilement les différents points ouverts techniques et les décisions prises, bien tracées de façon transparente dans la plateforme, nous a fait gagner en qualité de relation Entreprise/Maître d'œuvre. Bref : la plateforme BIM et la 3D sont devenues progressivement la nouvelle « normalité » dans la gestion quotidienne du chantier ! “



Mathieu RIVOALLAN, Responsable de marché Génie civil chez Egis

Les bénéfices sont nombreux : facilité d'accès (pas de logiciel à installer), traçabilité, pilotage plus rigoureux (grâce aux tris, aux assignations d'action, aux jalons) et un bon niveau de confiance des éléments trouvés dans la maquette.

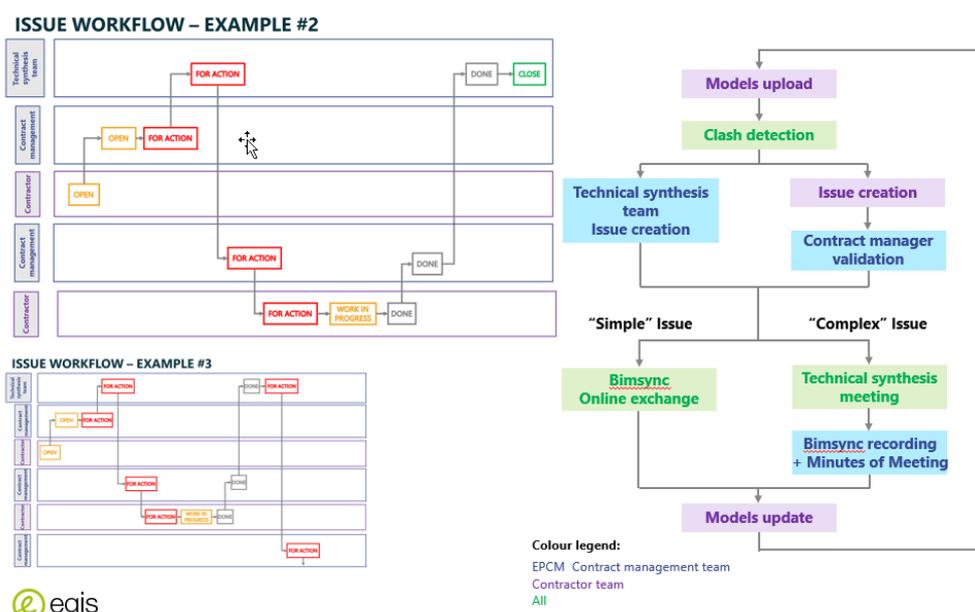
” La plateforme BIM nous a permis de mettre au point rapidement un workflow de pilotage des sujets techniques, et démarrer ainsi l'animation de la Synthèse. Grace à sa souplesse, nous avons pu adapter l'organisation au fur et à mesure de l'arrivée des nouveaux acteurs et des nouveaux besoins. Dialoguer directement dans la plateforme, autour des maquettes, nous a épargné la rédaction de comptes rendus dans lesquels la retranscription des échanges est souvent sujette à malentendu... Cela a également considérablement fluidifié les échanges techniques autour des adaptations à mener ! “



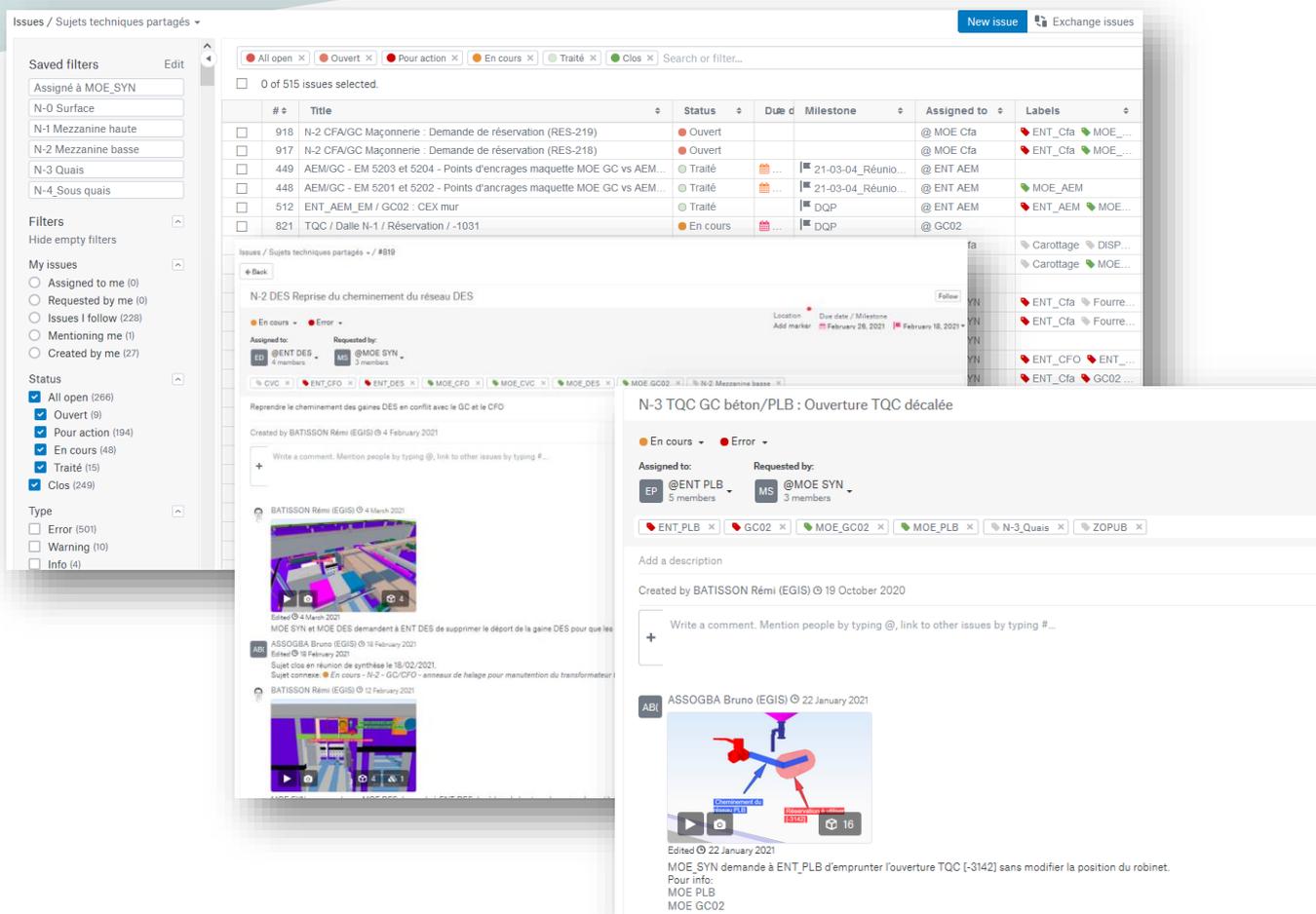
Rémi BATISSON, BIM Manager du projet Métro B chez Egis

Cette démarche n'aurait toutefois pas été possible sans la mise en place d'un certain nombre de principes de fonctionnement au sein de l'équipe :

- La tenue de réunions de synthèse hebdomadaires, avec l'utilisation exclusive de la plateforme et des « sujets » pour le reporting des décisions prises.
- Une fréquence de mise à jour par les entreprises Travaux de leurs maquettes - jusqu'à une fois par semaine en périodes « de pointes »,
- La possibilité pour chacun d'ouvrir des sujets, qu'il s'agisse de besoins d'adaptation, de modifications d'une réservation, d'une demande de précision ou d'une alerte
- La mise au point de circuits de validation, simples mais robustes, s'appuyant sur l'utilisation des statuts des sujets (ouvert, pour action, en cours, clos...) et des équipes assignées au traitement de chaque sujet. Grâce à ces métadonnées, il a été plus facile de bien faire savoir où en était chaque sujet technique, et bien délimiter les responsabilités entre Maîtrise d'œuvre (cellule Synthèse, responsables de marché...) et responsables coté Entreprises



**Illustration :** diagrammes représentant les processus de gestion des « sujets »



**Illustration :** tableau de bord des sujets techniques gérés dans Bimsync. Détail sur un « sujet ».

# UNE INTEGRATION CONTINUE DU « TEL QUE CONSTRUIT »

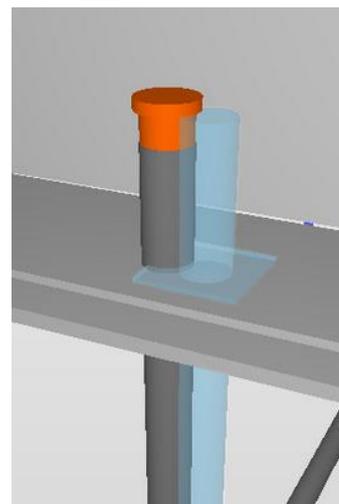
Une autre spécificité de la démarche BIM menée sur l'extension du métro B de Lyon : avoir réussi à faire intégrer, au fil de l'eau des travaux, les modèles numériques dits « tels que construit » dans la maquette numérique.

En effet, à l'issue de chaque opération élémentaire de construction, une attention particulière a été accordée au fait que la maquette numérique du projet soit actualisée et reflète ainsi directement (ou presque) le réellement construit.

Ces informations de niveau « tel que construit » (*As Built*), ainsi intégrées aux échanges des réunions de Synthèse, ont permis d'ajuster les études d'exécution avec les acteurs de la construction concernés, au plus tôt.

## LES BENEFICES CONSTATES DE CETTE MAQUETTE NUMERIQUE « LIVE » ?

1. Tout d'abord, moins de déconvenues sur le terrain pendant la phase de construction... et moins d'adaptations de dernière minute sur site (élargissement d'une réservation, adaptation d'une cunette, etc.), comme cela peut être le cas avec un processus de synthèse classique.
2. L'autre avantage de cette méthode est de préparer à moindre coût, et avec un meilleur niveau de fiabilité, le DOE numérique (DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés), et livrer ainsi une première version de « jumeau numérique » (voir plus bas) satisfaisant les futurs besoins des exploitants et mainteneurs après la mise en service.



En effet, l'actualisation au fil de l'eau de la maquette numérique concourt à ce qu'elle soit plus fiable et conforme à la réalité. Elle permet un contrôle qualité continu des maquettes numériques, qui entraîne les acteurs de la construction à s'améliorer constamment dans la génération des maquettes numériques. D'autre part, comme la maquette numérique du projet est utilisée par l'ensemble des acteurs, ces derniers sont en premier poste pour identifier les éventuelles anomalies dans les maquettes... et remonter des propositions des corrections !

3. Enfin, la démarche d'actualisation continue de la maquette épargne à la Maîtrise d'ouvrage un travail frustratoire et possiblement couteux d'analyse et d'audit de la maquette numérique rendue disponible en fin de projet BIM... au moment même où les équipes commencent à être démobilisées et qu'il est difficile de consolider les informations.



” *La Direction Technique de COLAS RAIL a travaillé avec les éditeurs de logiciels pour aboutir à des outils métiers pertinent pour les méthodes d'installation. En plus des parcours de formations dédiés aux équipes d'exécution, nous les accompagnons aussi bien sur le déploiement du plan d'exécution du BIM du projet que sur la montée en compétence pour les nouveaux profils, comme Projeteur Voie ferrée/BIM et Coordinateur BIM.* “

Erik GARDON, Responsable BIM/CIM chez COLAS RAIL

” *Les logiciels de conception BIM ont permis à notre équipe d'exécution de construire numériquement le projet d'extension de la ligne B du métro Lyonnais dès la phase Études. Cette technique nous permet de détecter et traiter des conflits qui étaient auparavant détectés en phase d'exécution de travaux. Les efforts et coûts associés à une modification de projet sont donc drastiquement diminués.*

*La conception BIM d'un projet permet également de réaliser des métrés précis rapidement. Les nomenclatures extraites du projet numériques permettent de valider rapidement et de manière fiable des métrés obtenus par les techniques plus « classiques » en mettant en avant des éventuelles erreurs de calcul.* “

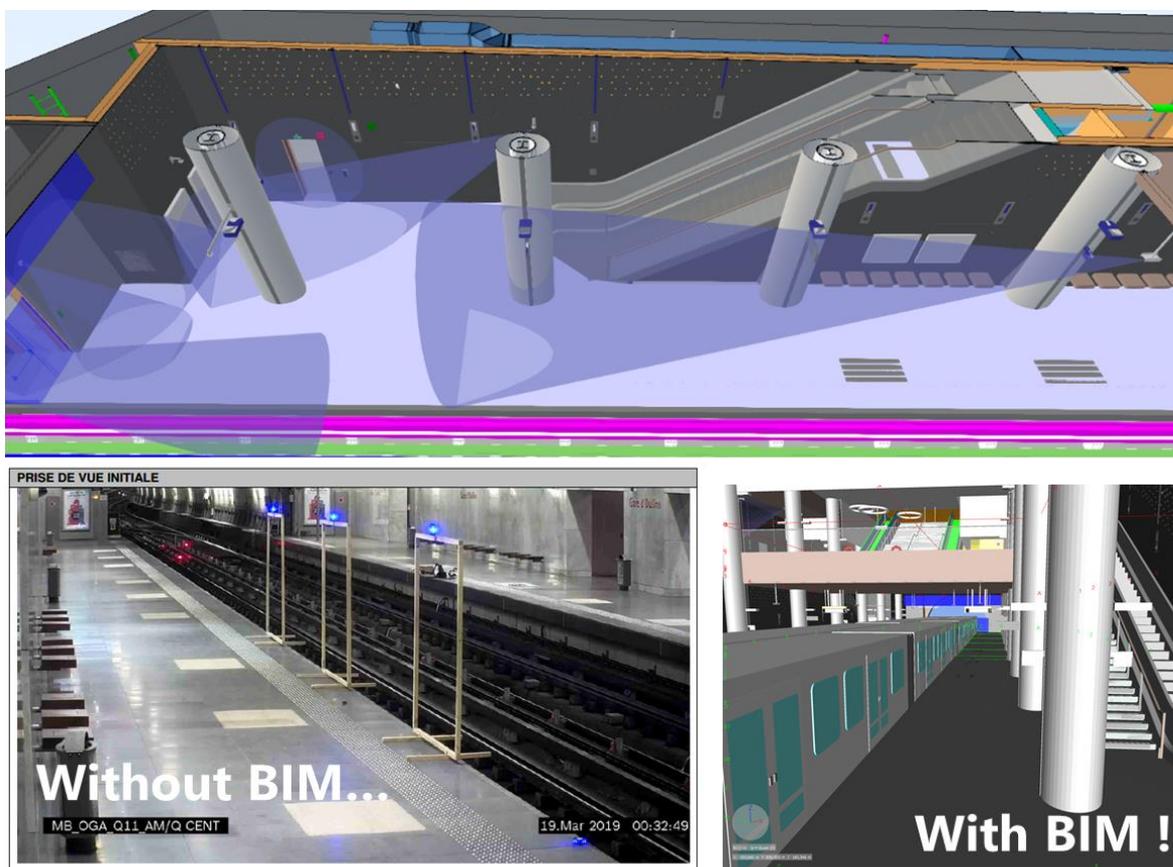


Alexis GIBET, BIM Coordinateur Infra chez COLAS RAIL

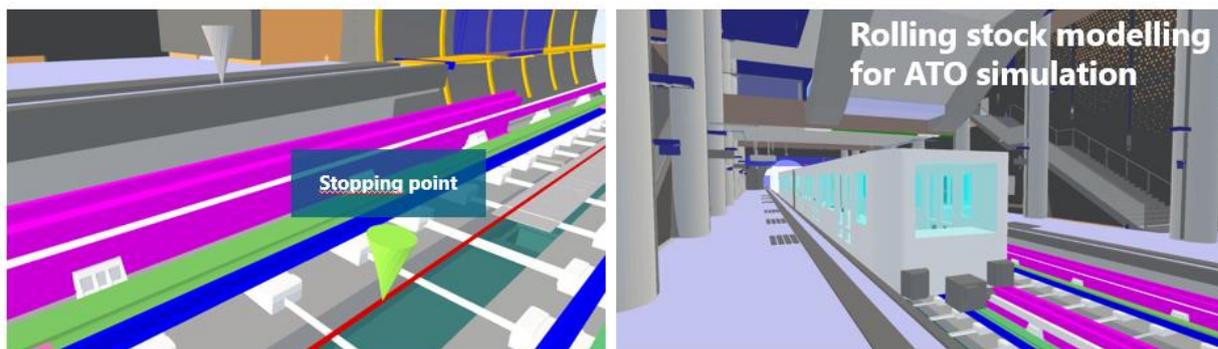
# AUTRES USAGES INDUITS PAR LA DEMARCHE BIM

Avec le succès de la démarche collaborative et une confiance sans cesse croissante dans les informations contenues dans les maquettes, les acteurs du projet ont progressivement développé d'autres utilisations des maquettes pour leurs métiers (« usages BIM », dans le vocabulaire des BIM Managers). Citons par exemple :

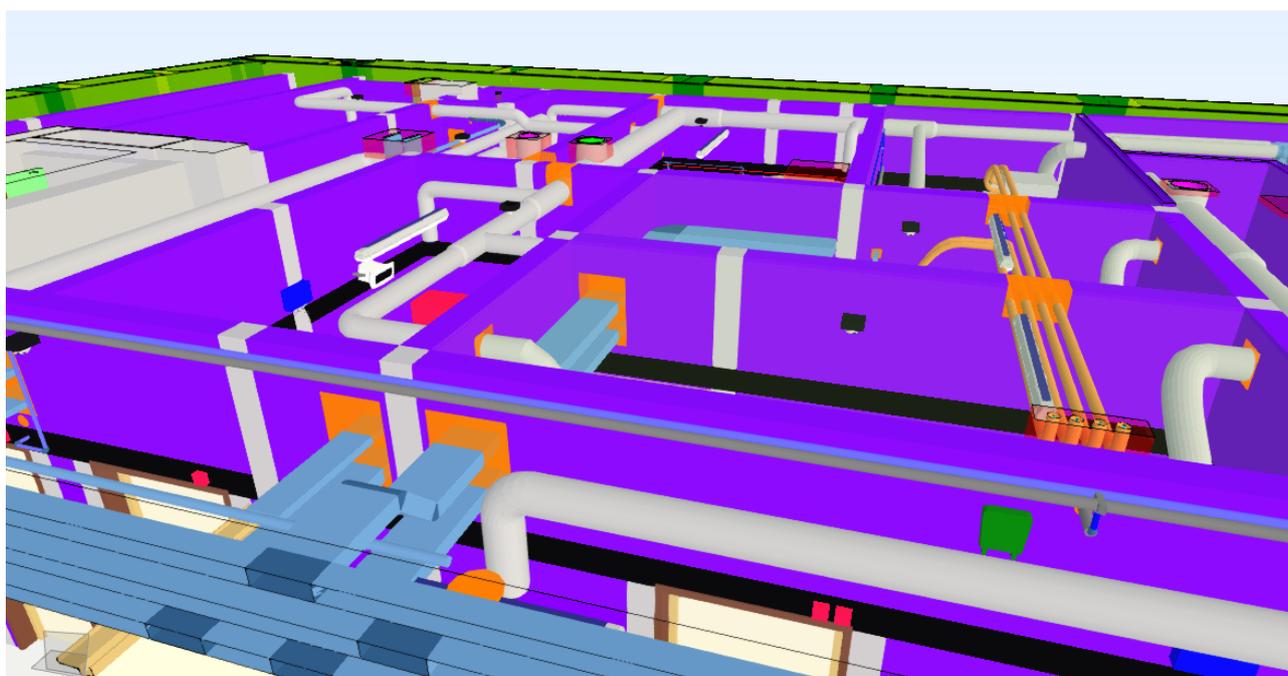
- **La simulation des zones de couvertures des caméras de vidéo-protection** : la modélisation de cônes de visibilité des caméras et la possibilité de prévisualiser, dans les maquettes 3D, les champs de vision offerts par chaque caméra ont épargné de fastidieuses campagnes de tests et ont limité les réglages de dernière minute voire les relocations de caméras.



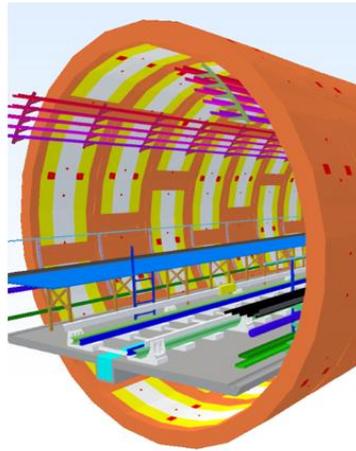
- **La matérialisation, dans les maquettes numériques, des rames arrêtées en station.** Ces dernières, souvent absentes dans les maquettes numériques « techniques » de stations ou de gares, ont permis aux spécialistes en Pilotage Automatique de se projeter dans le contexte complet des stations. Ils ont pu contrôler le positionnement des points d'arrêt des rames et de proposer des recalages avant la phase d'installation qu'il aurait été délicat de voir sur un simple schéma en deux dimensions.



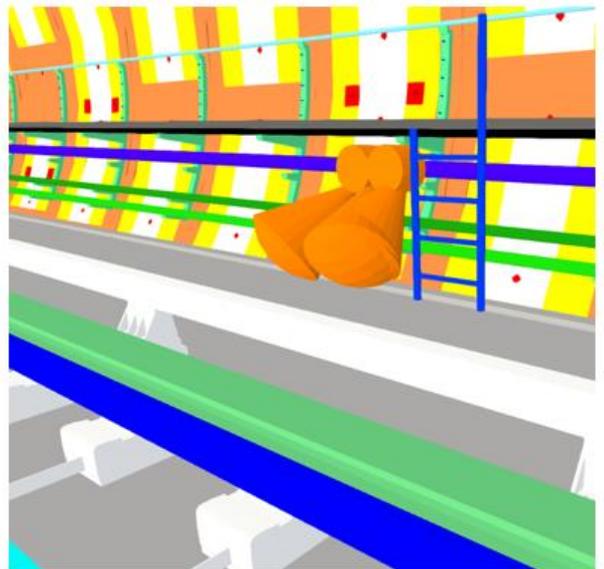
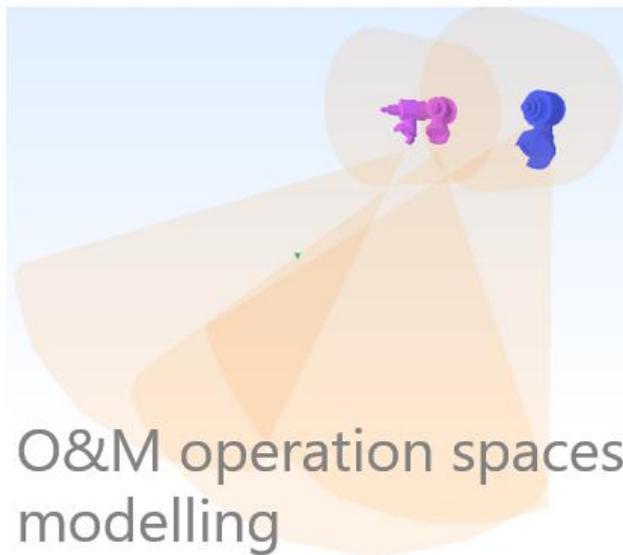
- L'aide à la réalisation du Visa des plans d'exécution par les équipes de maîtrise d'œuvre.** Les marchés Travaux imposaient la production des plans d'exécution depuis les maquettes numériques, avec mise à jour de façon cadencée sur la plateforme BIM. Cela a permis d'utiliser les maquettes à jour lors du contrôle des plans 2D et ainsi faciliter et fiabiliser notre visa, notamment concernant le contrôle de la bonne prise en compte des différentes réservations demandées par les lots tiers via la plateforme BIM. \*



- L'identification et la qualification des zones de perçage dans les voussoirs de tunnels.** La modélisation des voussoirs par les Entreprises de Génie civil ont permis de communiquer plus clairement les **contraintes relatives aux possibilités de perçage** et de mettre au point plus rapidement les **interfaces** entre les **installateurs d'équipements** en tunnels et le **génie-civiliste**, responsable du creusement du tunnel au tunnelier.



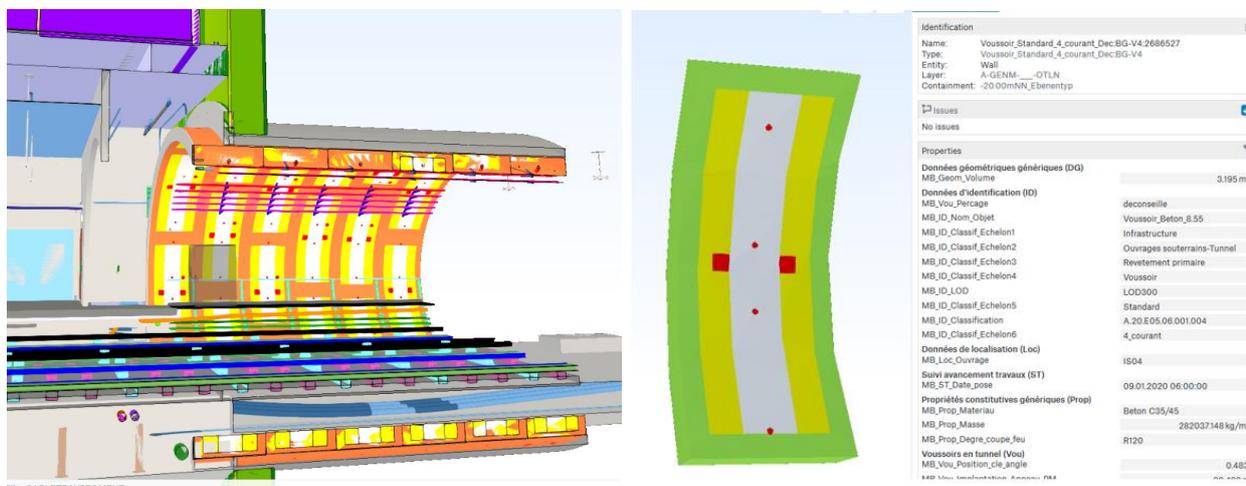
- Enfin, la vérification de la **faisabilité d'accès par les services de secours à certains équipements sensibles** (prises pompiers), ainsi que des **conditions d'acheminement équipements volumineux pour leur installation** ou leur remplacement. La matérialisation de volumes « vides » dans les maquettes numériques a contribué à ce que les acteurs de la construction gardent à l'esprit et « visualisent à l'écran » l'existence de ces contraintes, pendant tout le processus de construction. Ces exigences ainsi cristallisées dans les maquettes permettent de limiter les risques de pertes d'informations, à l'occasion du départ d'un spécialiste, ce qui n'est pas rare sur un projet d'une telle ampleur !



## PRET.E.S POUR LE JUMENT NUMERIQUE !

Pour que la maquette numérique qui sera livrée à la mise en service de l'extension Hôpitaux Sud du métro B de Lyon soit un bon embryon de « jumeau numérique »... il n'y a qu'un pas !

Grâce à l'organisation mise en œuvre pendant la phase de construction, la maquette numérique pourrait être ce reflet « haute-fidélité » du terrain, cette représentation virtuelle faite d'objets modélisés en 3D et informés qu'on appelle « jumeau numérique » et qui bénéficiera aux gestionnaires de patrimoine et aux mainteneurs d'infrastructures publiques.



**Illustration :** voussoirs modélisés avec leur numéro de suivi qualité qui permet leur traçabilité depuis l'usine de préfabrication.

Mais bien que numérique, ce jumeau n'en est pas moins un **nouvel actif** à part entière.

Si l'on souhaite qu'il demeure exploitable et qu'il livre durablement toute sa valeur aux exploitants/mainteneurs, aux gestionnaires de patrimoine mais aussi aux responsables des projets de construction de demain (extensions, modernisations...), il faudra l'actualiser et le gérer – comme l'infrastructure de transport « physique » - pendant toute sa durée de vie.

“ De la même façon qu'on a besoin d'équipes de BIM Management pour accompagner la mise en place et orchestrer la construction des maquettes BIM en phase de construction, il faudra probablement des équipes dédiées au Twin Management (gestion de jumeaux) pour installer les pratiques des jumeaux numériques en phase exploitation/maintenance, et veilleurs à leur maintien. Et ce n'est pas qu'une affaire de technologies, de capteurs ou d'informaticiens... Il faudra aussi mobiliser des hommes et des femmes à la croisée des chemins entre l'ingénierie de la construction, de l'exploitation/maintenance et du BIM/data management. ”



Nicolas FERRARA, Responsable Jumeau Numérique pour l'activité Rail d'Egis

La tâche peut paraître ambitieuse... Mais l'expérience du projet de métro lyonnais - qui préfigure finalement assez bien ce que pourrait être une « expérience jumeau numérique » en phase exploitation / maintenance - laisse à penser qu'après une phase d'adaptation, l'utilisation d'un jumeau pourrait devenir, bien plus rapidement qu'on ne le pense, un nouveau réflexe.

-FIN-

---

**Suivez egis sur:**



EGIS  
170 avenue Thiers  
69006 LYON

**Auteurs :** Par Rémi Batisson et Nicolas Ferrara