

[BLD466877]

Le BIM caténaire après deux ans d'implémentation chez SNCF Réseau

Jean-François VILETTE
SNCF RESEAU

Objectifs de la formation

- Identifier les nouveaux outils et repenser les façons de collaborer
- Fédérer une équipe projet grâce au digital
- Valoriser la donnée sur la durée d'exploitation de l'ouvrage
- Augmenter la sécurité des chantiers ferroviaires

Description

Découvrez comment Revit permet aujourd'hui à SNCF de capitaliser ses données d'infrastructures ferroviaires, tout en amorçant le futur jumeau numérique.

Intervenant(s)

Je m'appelle Jean-François VILETTE. Entré en 2001 chez SNCF en tant qu'agent d'étude énergie électrique, j'occupe aujourd'hui un poste de chargé d'études pour la spécialité caténaire au Pôle Ingénierie de Nantes Rennes. Ces dernières années, SNCF Réseau a mis en place un programme de formation de BIM Manager en partenariat avec l'Université Technique de Troyes (UTT), dont je suis sorti diplômé en 2017.

Depuis, j'accompagne les acteurs du management de projet dans la transformation de leurs pratiques, dans le but de valoriser la donnée.

Entre montées en compétences des collaborateurs, utilisation de nouveaux outils et contraintes de la production, Je suis maintenant en mesure de vous présenter dans cette classe un bilan de notre activité liée au ferroviaire.

Introduction

Pour SNCF RESEAU, la transformation numérique fait partie de l'un des trois axes de prioritaire de développement et est défini tel que :

Faire du numérique un outil d'évolution de nos pratiques et une culture au service de tous ceux qui l'utilisent.

Par cette phrase, l'entreprise positionne la donnée comme un véritable **asset** au même titre que son patrimoine physique. L'évolution de nos pratiques est donc indispensable et en rupture totale avec nos règles de production très orientées « papier ». Le travail à réaliser est considérable car il concerne toute notre chaîne de production, en passant par les contraintes matérielles et par nos procédures métiers.

Le BIM ne représente qu'une brique de cette digitalisation. SNCF RESEAU en donne sa propre définition.



BIM :
Méthode de travail basée sur des processus collaboratifs, autour d'une **maquette numérique**, construite avec des **objets** enrichis d'un ensemble d'informations.

L'entreprise décide une stratégie de déploiement viral de la démarche. Contrairement aux habitudes très ancrées de directives nationales descendantes, l'entreprise a décidé d'agir en étai :

Les travaux de fond sur le jumeau numérique et les définitions digitales de notre patrimoine sont portés par nos directions centrales, alors que les expérimentations et développements sont laissés à l'initiative des Pôles Ingénierie.

C'est dans ce contexte et après des formations généralistes autour de la donnée que le Pôle Ingénierie de Nantes et Rennes s'est lancé dans l'aventure en 2017.

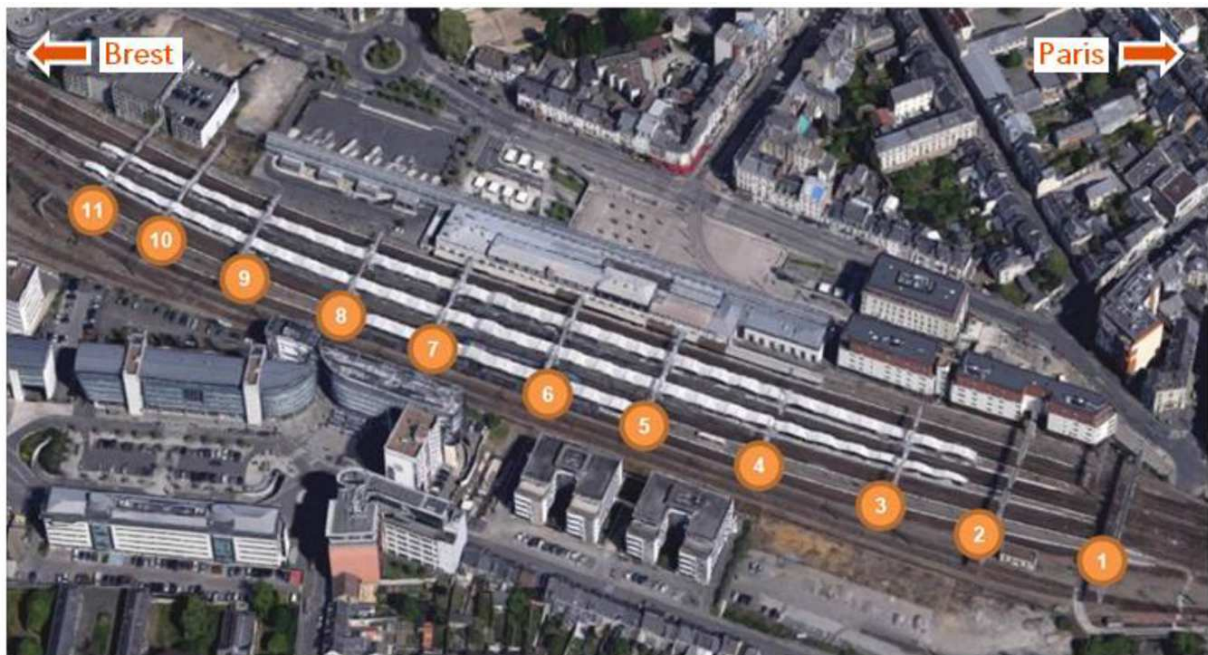
Les objectifs du Pôle sont clairs :

- Mieux étudier les projets complexes, les réaliser plus facilement et pour moins cher ;
- Concevoir en 3D-4D... pour voir et prévoir ce que sera l'ouvrage une fois terminé ;
- Permettre à tout le monde de travailler avec les mêmes données et développer l'Ingénierie concourante.

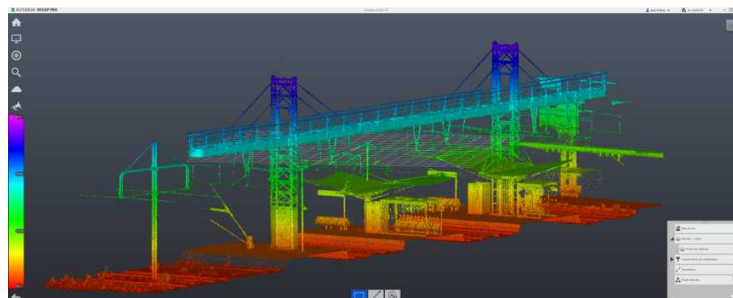
Cette présentation fait une synthèse des travaux réalisés autour de la caténaire dans le cadre du projet de remplacement des portiques du Mans. Le processus BIM est donc appliqué sur les phases études Avant-Projet et Projet. Le manque de maturité de la démarche auprès des autres acteurs (maintenance et exploitant) ne permet pas de pousser la démarche au-delà de la phase de réalisation des travaux.

Ce projet consiste à déposer les portiques caténares de grande ouverture et les remplacer par un nouveau piquetage sur site exploité. Le BIM apparaît très pertinent pour plusieurs raisons. Les cas d'usages identifiés sont les suivant :

- Interfaces fortes entre les différentes spécialités : Voie, caténares, signalisation, énergie électrique, télécommunication et ouvrages d'art ;
- Un phasage projet très complexe du fait du maintien de l'exploitation ;
- Des contraintes de grutage complexes dans un milieu urbain dense.



Gare du Mans



Portique caténaire à déconstruire

Identifier les nouveaux outils et repenser les façons de collaborer

Le Pôle a fait le choix d'utiliser principalement les produits Autodesk pour plusieurs raisons :

- L'investissement est maîtrisé par la direction de l'Ingénierie et les licences immédiatement disponibles ;
- Certains produits sont déjà maîtrisés par les acteurs du projet ;
- Les formations REVIT et Navisworks ont été anticipées ;
- La compatibilité des outils entre eux ;
- La possibilité de développer nos propres bibliothèques d'objets et scripts ;
- Toutes les spécialités de l'infra peuvent être portées.

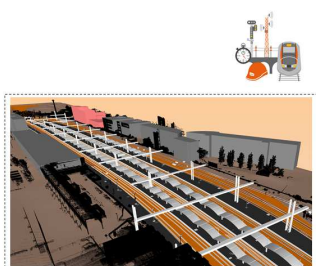
Afin d'assurer les échanges entre les acteurs, le projet a bénéficié d'une expérimentation de la plateforme collaborative Trimble Connect. Cette plateforme administrable et performante permet à une équipe projet ne travaillant pas sur le même environnement d'échanger les données, assembler les productions de façon efficace, rapide et cela sans formation particulière.

Cette expérimentation a été délaissée naturellement au profit de notre réseau interne. Ce choix s'est imposé par le fait que tous les acteurs du projet partageaient déjà le même environnement de travail offrant des performances en matière de débit plus importantes. La plateforme Trimble faisant alors doublon.

Les attentes n'ayant pas été fixées par la MOA, le plan de mise œuvre du BIM a été rédigé conjointement avec les groupes métiers, qui ont défini eux-mêmes leurs attentes ainsi que leurs nouveaux processus de production.

CONVENTION BIM REMPLACEMENT DES PORTIQUES DU MANS

VERSION N°1
EDITION DU 28/01/2020

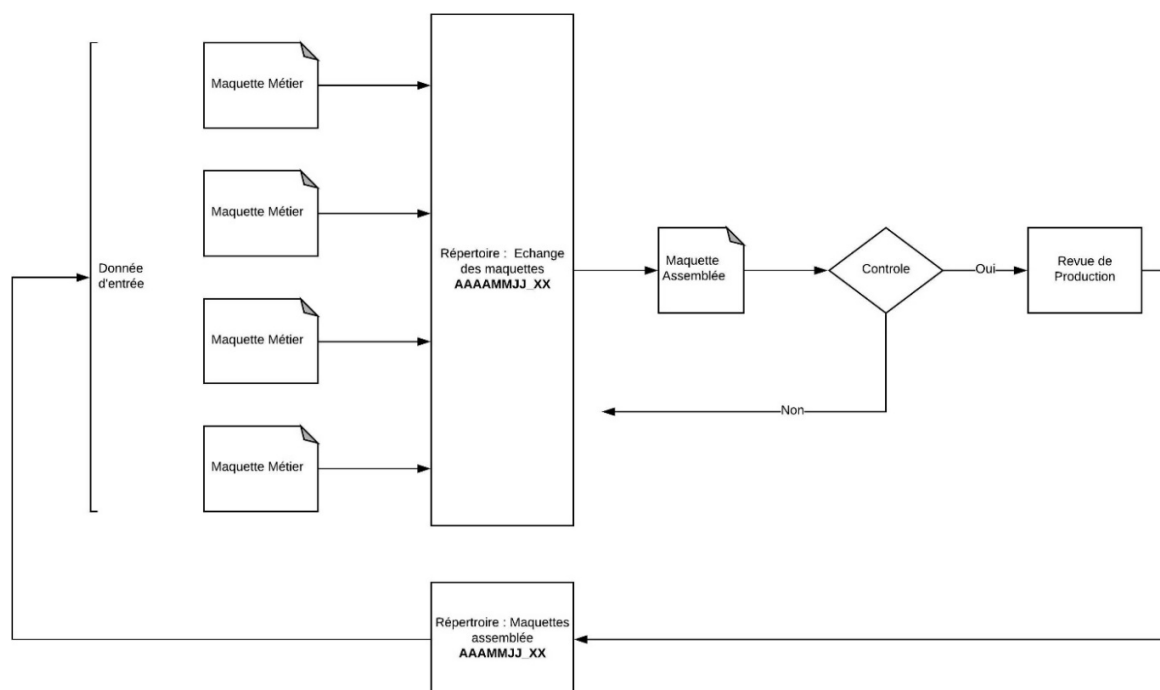


1. INTRODUCTION
2. ORGANISATION DU PROJET
2.1. DESCRIPTION DU PROJET
2.2. INTERVENANTS
2.3. CALENDRIER
3. ORGANISATION DES MAQUETTES
3.1. LA MAQUETTE ASSEMBLEE
3.2. CONSTITUTION DES MAQUETTES NUMERIQUES
3.3. LISTE DES MAQUETTES
3.4. INTERFACES ATTENDUES
4. ORGANISATION DES DONNEES
4.1. ARBORESCENCE DES DOSSIERS
4.2. CONVENTION DE NOMENCLATURE DES DOSSIERS ET FICHIERS BIM
5. COLLABORATION
5.1. COLLABORATION
5.2. REVUE DE PROJET
5.3. COORDINATION

Plan de management du BIM (Convention)

Le modèle de maquette retenu est un niveau 2, chaque métier étant responsable de sa propre maquette.

La synthèse des maquettes est alors réalisée avec Navisworks à chaque revue d'avancement. L'exercice se porte sur la 3D ainsi que sur la 4D. Le logigramme suivant indique les échanges de maquettes réalisées pour préparer les revues d'avancement.

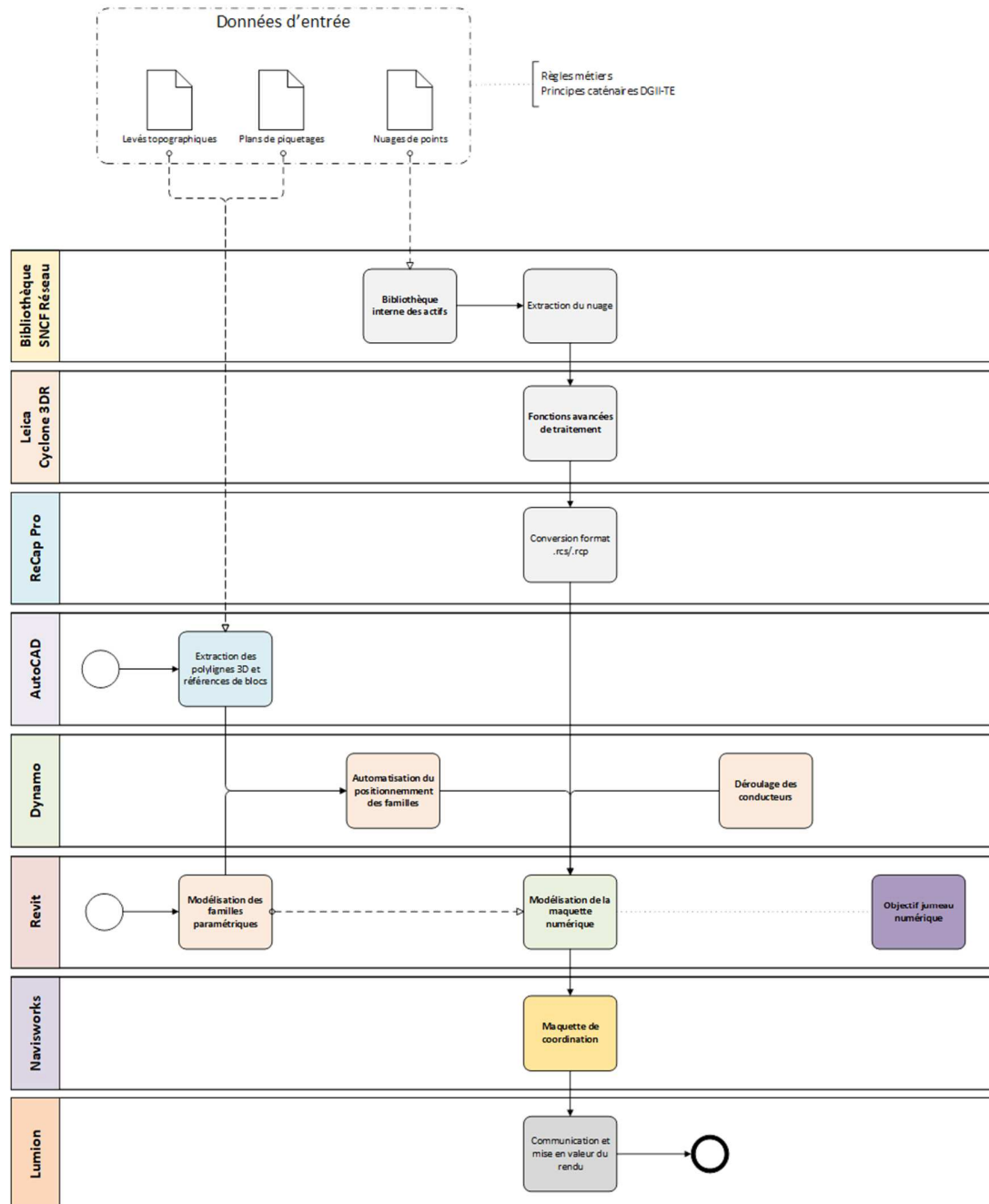


Logigramme de production des maquettes

Le caractère itératif permet de faire évoluer la maquette et provoque l'interaction entre les différents métiers. Cette revue de projet n'est pas une nouveauté dans nos processus. Son contenu a en revanche évolué avec le BIM. La maquette enrichit les échanges très tôt dans l'avancé des études. L'anticipation des problèmes et leurs résolutions augmentent de façon considérable la qualité des études.

La multiplicité des outils change nos façons de produire. Les agents d'études ne peuvent plus se contenter d'être des spécialistes dans leur domaine. Ils doivent également développer leurs compétences sur les outils du digital, puissants mais complexes.

Afin d'appréhender cette multiplicité d'outils, le groupe Traction Electrique a établi le diagramme BPMN suivant :

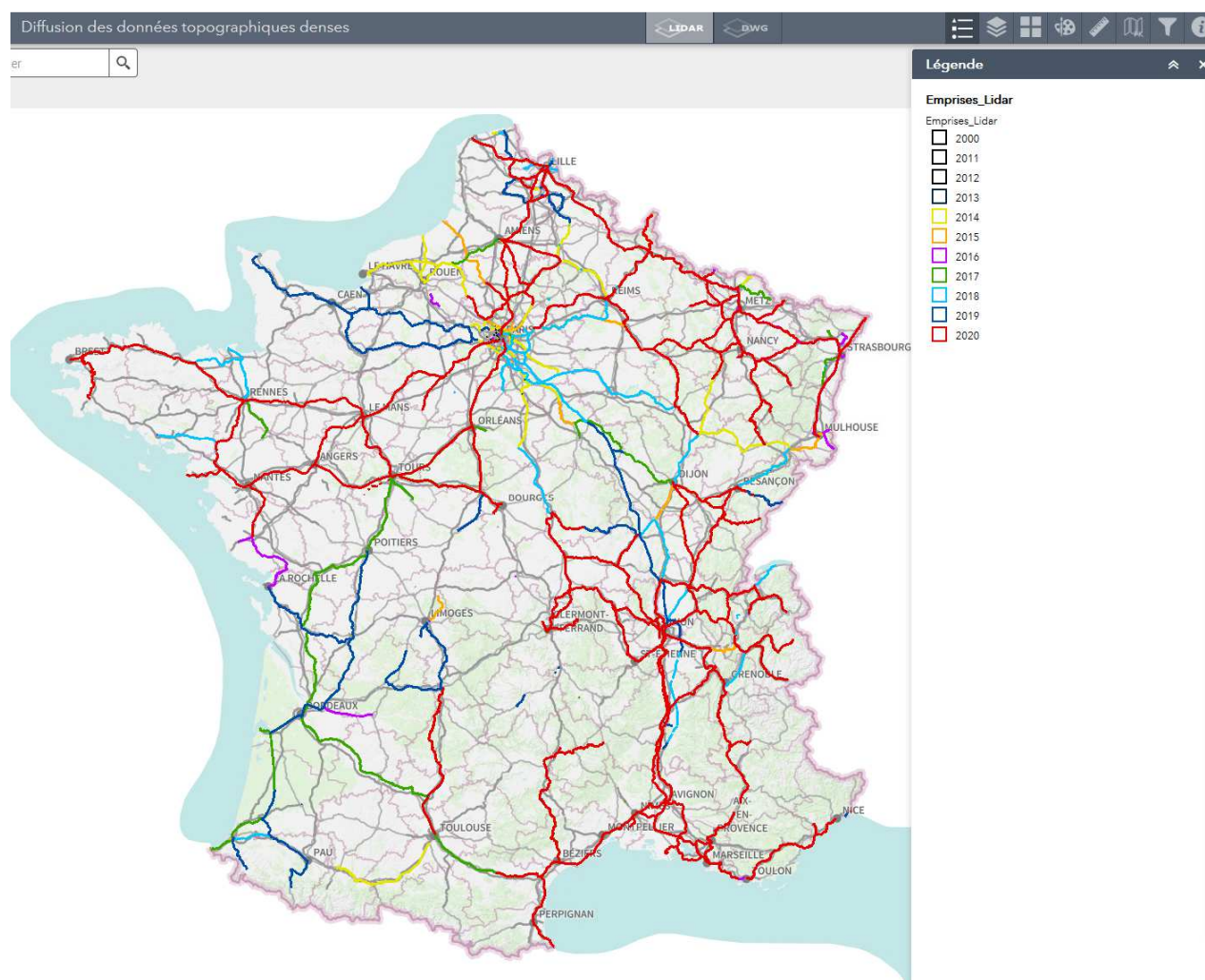


BPMN Traction Electrique

Quand une étude classique nécessite 2 ou 3 logiciels, la production BIM caténaire utilise 8 produits différents. Certains de ces produits doivent avoir un haut niveau d'appropriation par l'agent.

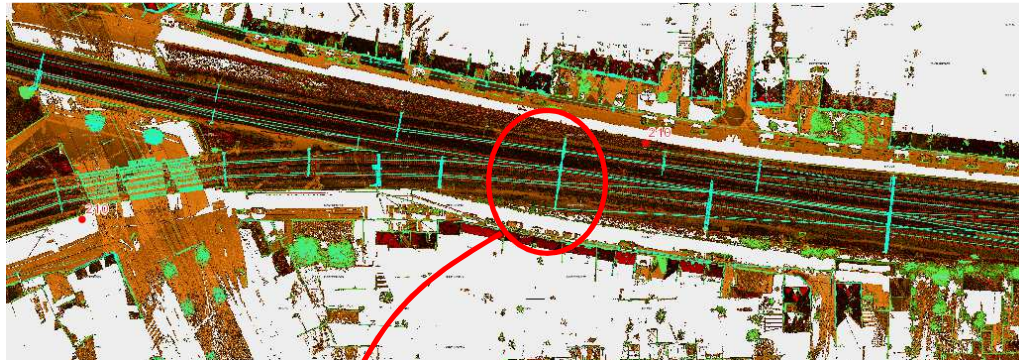
Bibliothèque de nuage de points

SNCF RESEAU numérise l'ensemble de son patrimoine par lasergrammétrie. Les nuages de points datés sont ainsi stockés sur serveurs et remis à disposition par le biais d'un Système d'Information Général à tous les agents de l'infrastructure.

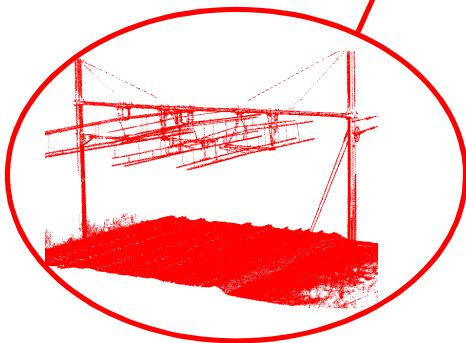
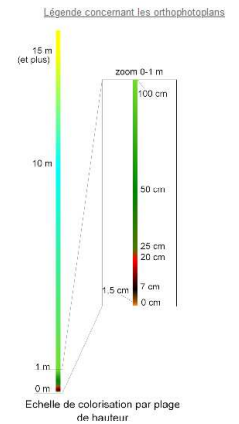


SIG interne de nuage de points SNCF RESEAU

Des algorithmes ont été développés pour réaliser à partir des nuages de points, des ortho-images exploitables. La colorisation de ces ortho-images dépend de l'altimétrie des points. L'échelle de couleurs est parfaitement adaptée au ferroviaire.



Ortho-image



Extraction du nuage de points

La récupération de la donnée au format LAS se fait par requête sur AutoCAD.

ReCap Pro

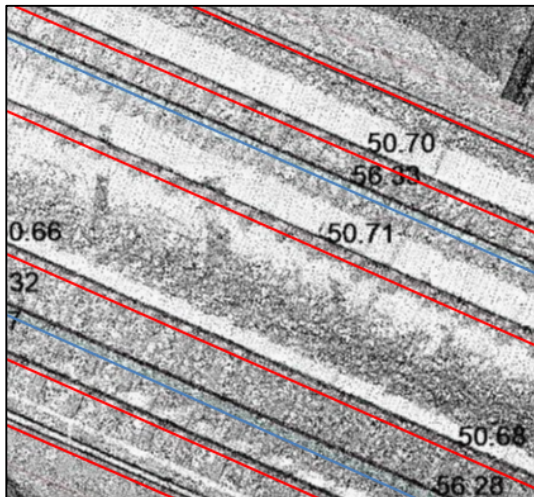
Cas d'usage n°1 :

Les données lasergrammétriques sont récupérées dans le système de géoréférencement Lambert93 RGF93. Ce système de coordonnées convient aux levés courant de grandes distances. Les projets réalisés sont souvent sur une emprise géographique plus réduite. RECAP PRO est donc utilisé pour transformer les coordonnées dans un système de géoréférencement plus adapté (conique confirme). Le recalage par le biais d'un point projet s'avère parfois fois nécessaire.

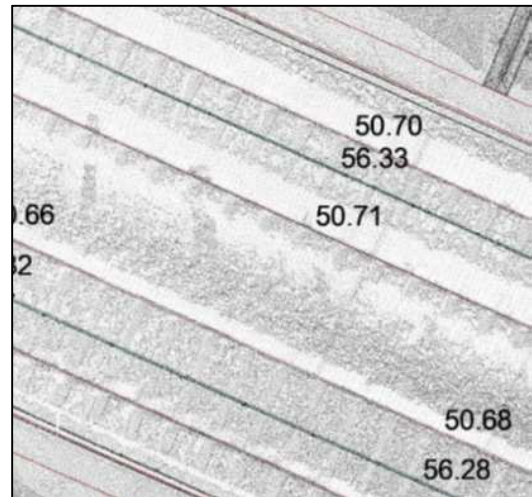
Cas d'usage n°2 :

Pour différentes raisons, il arrive que les levés topographiques ne coïncident pas avec les nuages de points. Une des raisons est le traitement des systèmes de coordonnées par REVIT.

Problématique : le nuage de point peut ne plus être aligné avec le modèle Revit. Ce problème peut apparaître ou disparaître. Ce défaut est aléatoire.

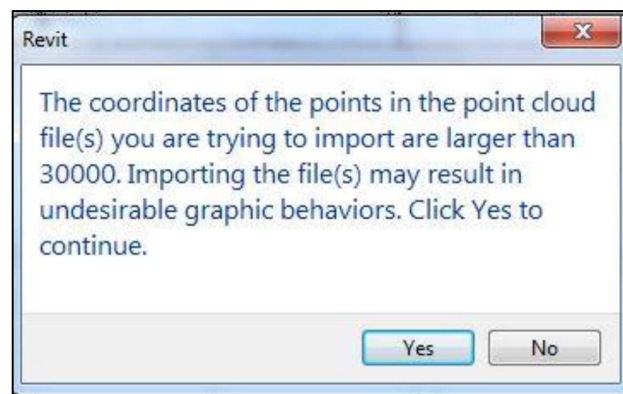


DECALAGE ENTRE REVIT ET NUAGE DE POINT



REVIT ET NUAGE DE POINT BIEN ALIGNES

Raison : les coordonnées du nuage de point sont géolocalisées et peuvent présenter des anomalies dans Revit.

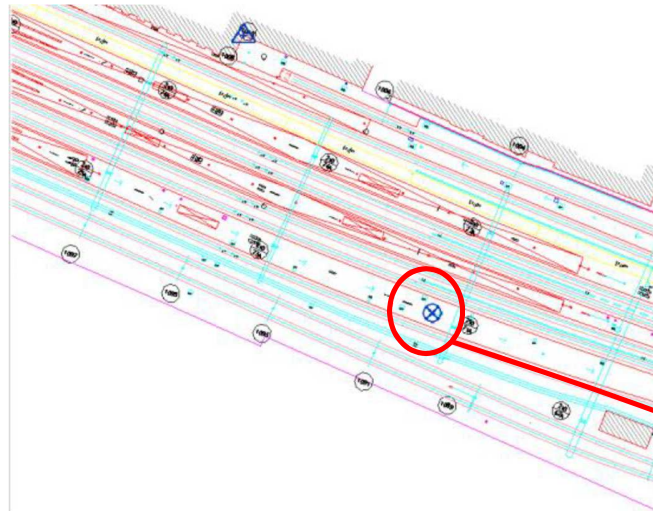


L'origine interne représente le point de départ pour le système de coordonnées internes qui constitue une base pour le positionnement de tous les éléments dans le modèle. L'emplacement de l'origine interne ne se déplace jamais.

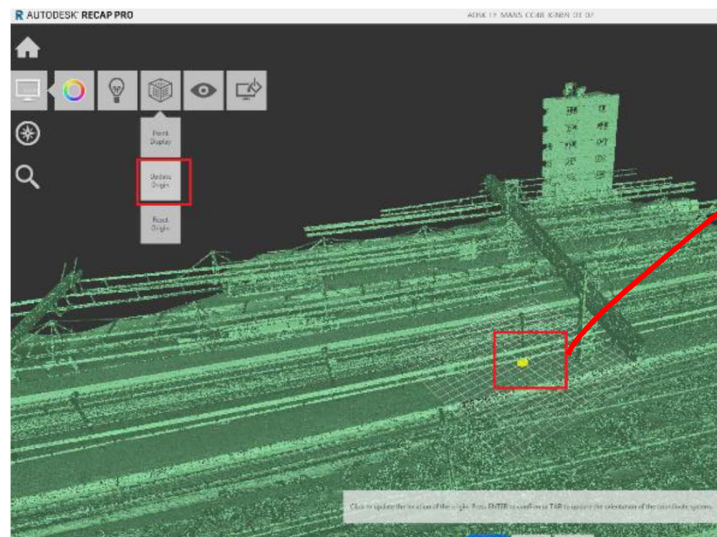
La géométrie du modèle doit être positionnée dans un rayon de 32 kilomètres (20 miles) de l'origine interne. Si la limite de distance est dépassée, la fiabilité ne peut pas être garantie et un comportement graphique indésirable peut survenir.

Solution de contournement :

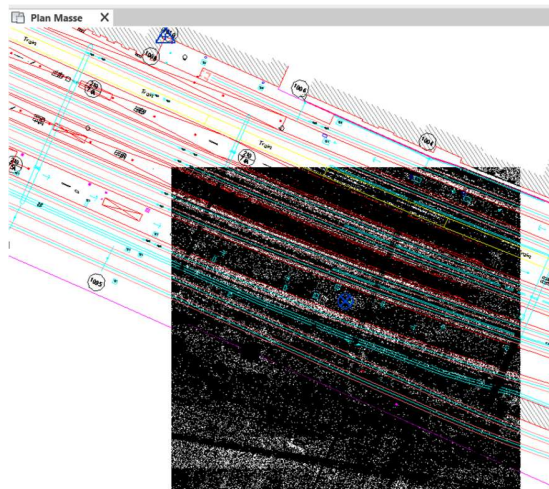
- Création du modèle A avec acquisition des coordonnées partagées sur la base d'un DWG Civil 3D ou manuellement si pas de DWG géoréférencé.



- Dans ReCap, aligner l'emplacement de l'origine du nuage de point par rapport au point de base projet dans Revit. Une orientation manuelle par rapport l'axe Z est à considérer si le Nord Projet n'est pas aligné au Nord géographique



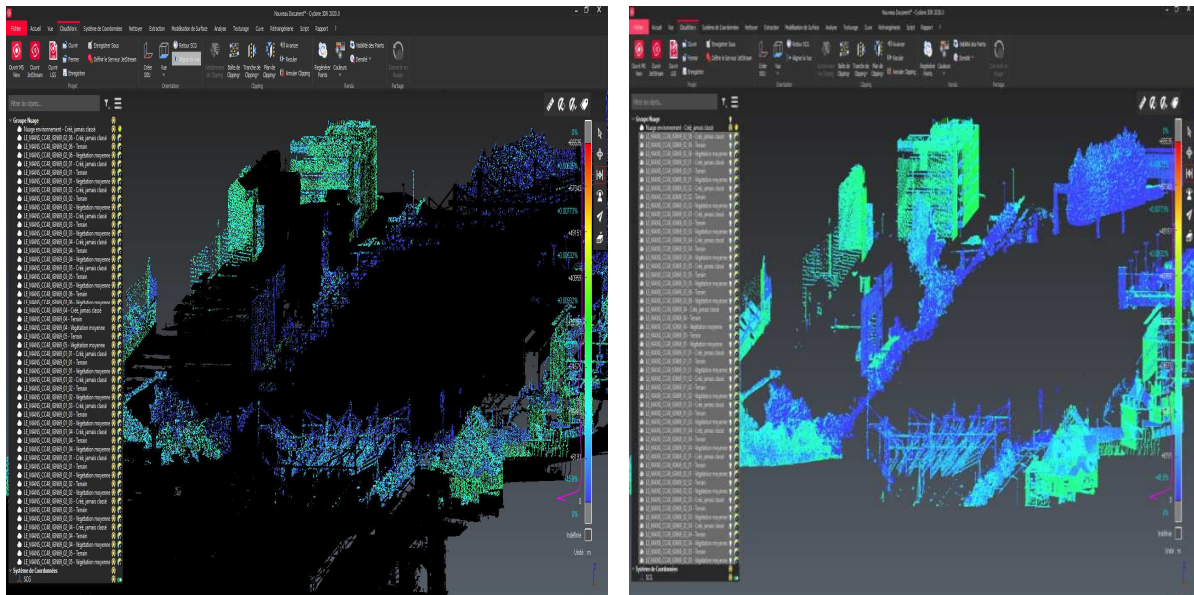
- Lier le nuage de point dans le modèle Revit A, de « origine à origine »



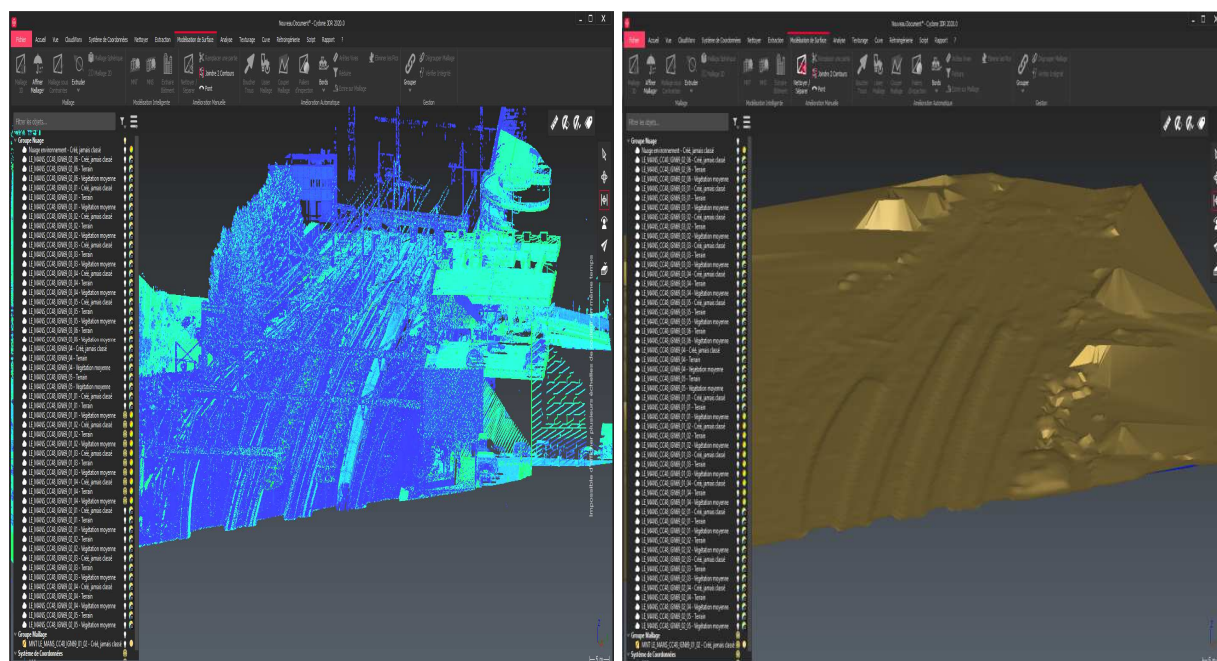
- Lier le modèle Revit A dans modèle B par coordonnées partagées.

LEICA Cyclone 3DR

Le nettoyage des nuages de points est réalisé par Cyclone 3DR. Cet outil permet simplement de réduire les nuages, supprimer les éléments gênants, réaliser de la détection de surface ou le traçage d'éléments linéaires par détection (conducteurs, rails).



LEICA CYCLONE 3DR – EXEMPLE DE NETTOYAGE DE NUAGE



LEICA CYCLONE 3DR – EXEMPLE DE GENERATION DE MNT

AutoCAD

SNCF RESEAU réalise ses études au moyen des logiciels basés sur le dessin vectoriel. Elle a développé ses propres outils métiers. EPURE est l'add-on d'AutoCAD comportant les règles métiers, que ce soit pour le tracé de voies, la réalisation des piquetages caténaires, des plans signalisations, etc.

A ce jour, EPURE reste l'outil indispensable à la réalisation des études de l'infrastructure. Cet outil n'a pas été pensé pour réaliser des processus BIM.

Le processus étude est donc contraint de transformer le livrable EPURE pour le rendre compatible avec les outils BIM.

Pour des raisons évidentes de protection du savoir-faire, EPURE ne sera pas détaillé dans cette présentation.

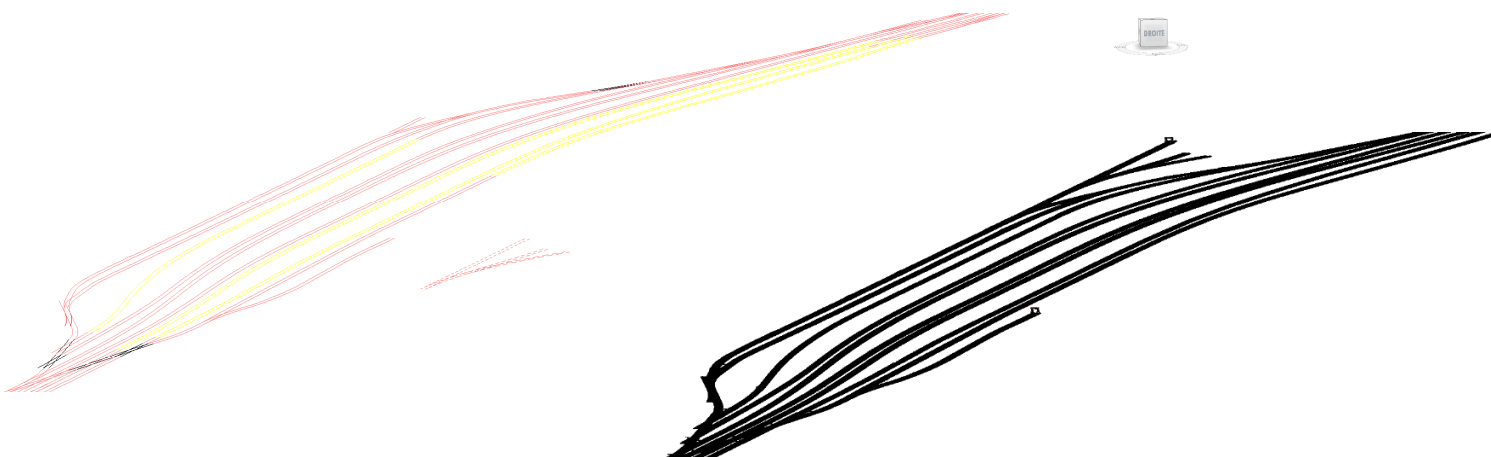
REVIT

REVIT est le logiciel retenu au PRI Nantes Rennes pour réaliser la modélisation des objets ainsi que des projets. Ce logiciel est orienté bâtiment avec un raisonnement de construction niveau par niveau.



Logique de construction par niveaux – REVIT – PRI Nantes Rennes

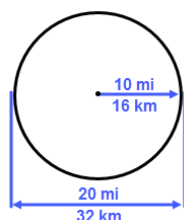
Cette logique de construction est adaptée à la production de la spécialité des Ouvrages d'Art (OA) mais beaucoup moins aux spécialités « linéaire ». La Traction Electrique (TE) ainsi que la Voie (EG) ne peuvent se référencer par rapport à des niveaux horizontaux. Leurs règles de positionnement répondent à des logiques mathématiques plus complexes. Ces deux spécialités ont donc fait le choix de réaliser leurs études en faisant abstraction des niveaux. La traction électrique se référence par rapport à la voie et le tracé de voies reste étudié sous AutoCAD en générant des polygones 3D pour chaque file de rail.



Modélisation de la voie sous REVIT à partir de polygone 3D AutoCAD

Remarque :

Autodesk préconise une limite géographique sur REVIT. Elle se définit de la façon suivante :



Dans les faits, cette limite peut être réduite en fonction du contenu des maquettes. Les différents essais effectués dans le cadre de projets ferroviaire montrent que la maquette devient difficile à exploiter au-delà de 3km.

DYNAMO

Ce problème de compatibilité EPURE nécessite la transformation de données vectorielles en volumes géométriques devant contenir de la donnée. DYNAMO offre la possibilité de manipuler et transformer de grands volumes de données. Cette programmation est visuelle et est donc accessible sans connaissance particulière donnant la possibilité aux agents d'études d'inventer leurs propres scripts.

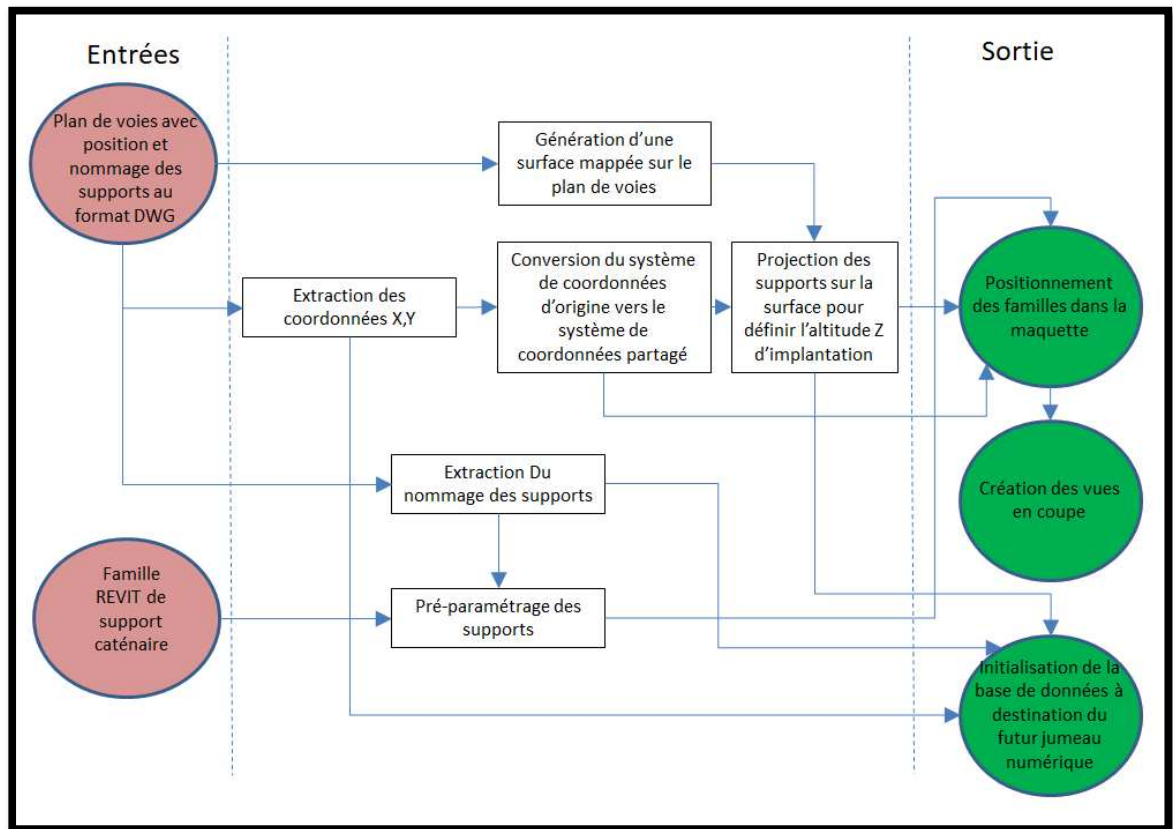
Le groupe Traction Electrique du PRI Nantes Rennes ont réalisés plusieurs scripts afin d'automatiser la modélisation de la maquette caténaire :

Positionnement automatique des supports dans la maquette

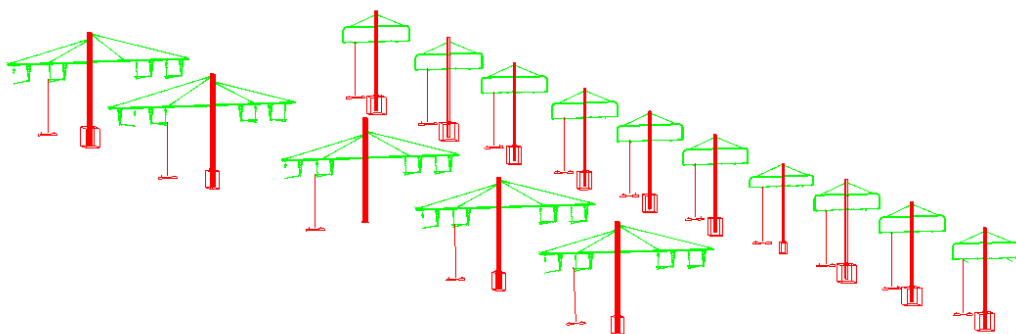
La mise en place des supports dans une maquette est une opération répétitive. Dès lors qu'un piquetage caténaire est réalisé sur AutoCAD, il peut être intéressant de récupérer ce dernier pour positionner automatiquement les supports dans la maquette et paramétrer les coupes. A cette étape de la production, la base de données peut être initialisée automatiquement à partir des données captées dans le piquetage AutoCAD (coordonnées X, Y, Altimétrie Z, Nommage des supports, orientation par rapport au nord géographique). Ces éléments pourront être reversés dans le futur jumeau numérique.

IDENTIFIANT	PK	ORDRE	COORDONNEES	ALTITUDE	ORIENTATION
-------------	----	-------	-------------	----------	-------------

Un autre paramètre est créé, l'identifiant. Ce dernier sera unique durant la vie du support. Les autres traitements automatiques, que ce soit dans la maquette ou dans les bases de données devront se référer à cet identifiant unique pour éliminer tout risque d'erreur.



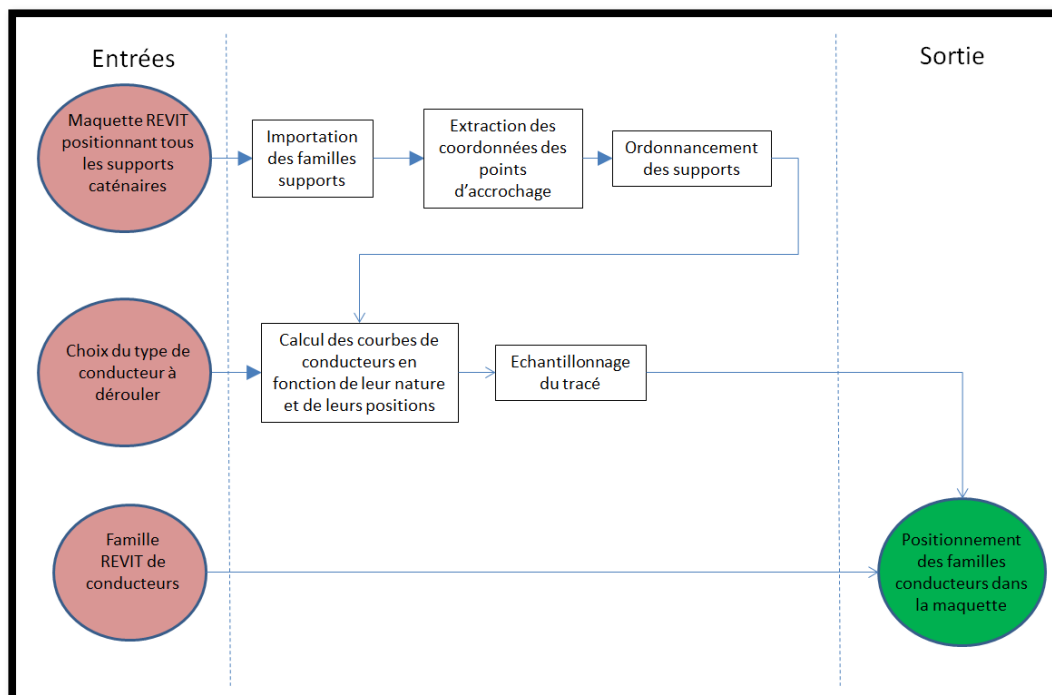
BPMN - POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DES SUPPORTS DANS LA MAQUETTE



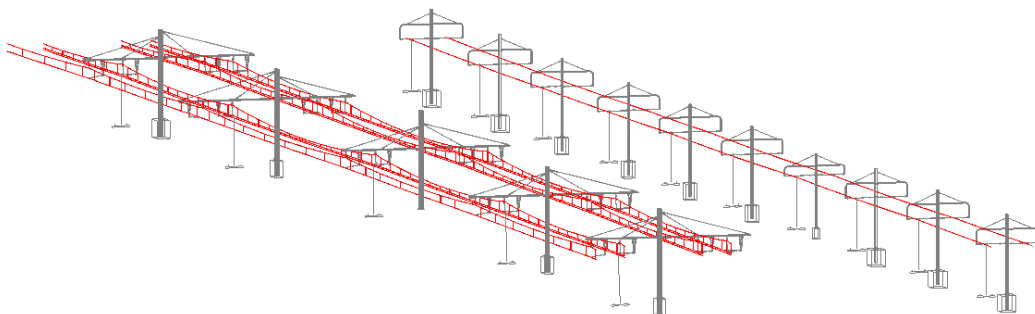
RESULTAT DU SCRIPT POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DES SUPPORTS DANS LA MAQUETTE

Déroulage automatique des conducteurs

Les conducteurs caténaires (fils de contact, porteurs, feeder et CdPA) sont des conducteurs électriques supportés par des ensembles à géométrie réglable, les armements eux-mêmes supportés par les poteaux. La continuité des conducteurs doit se retrouver dans la modélisation. Les conducteurs doivent donc être continus et positionnés selon les principes de la caténaire utilisée. Dans le cas présent, les principes utilisés sont ceux de la caténaire V200STI et peuvent être utilisés dans des études de niveau AVP.



BPMN POSITIONNEMENT AUTOMATIQUE DES CONDUCTEURS

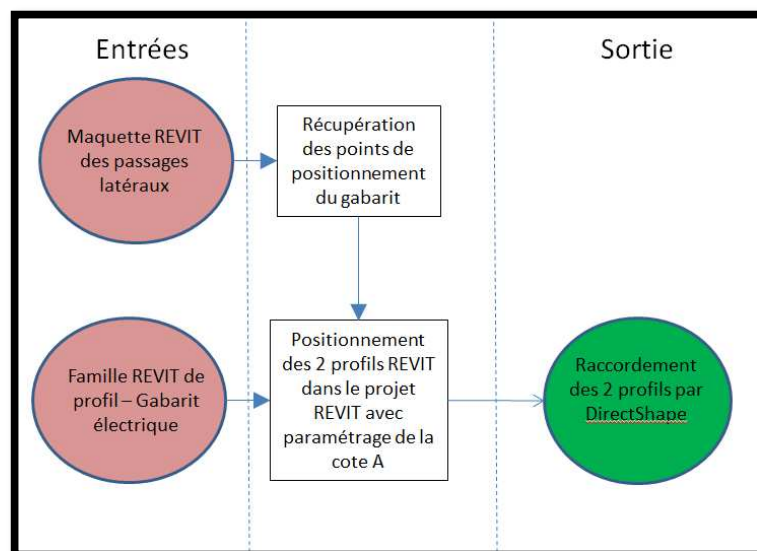
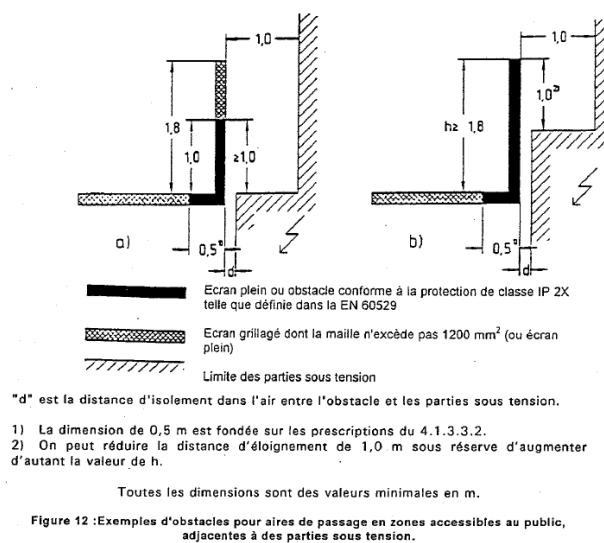


RESUSLTAT DU SCRIPT DE POSITIONNEMENT DES CONDUCTEURS

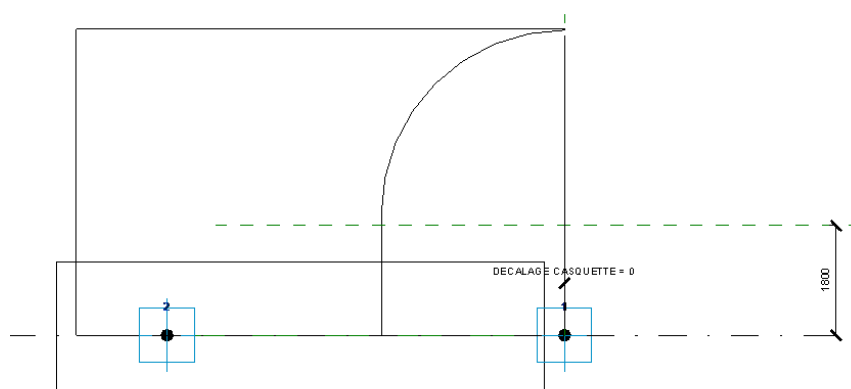


Gabarit électrique

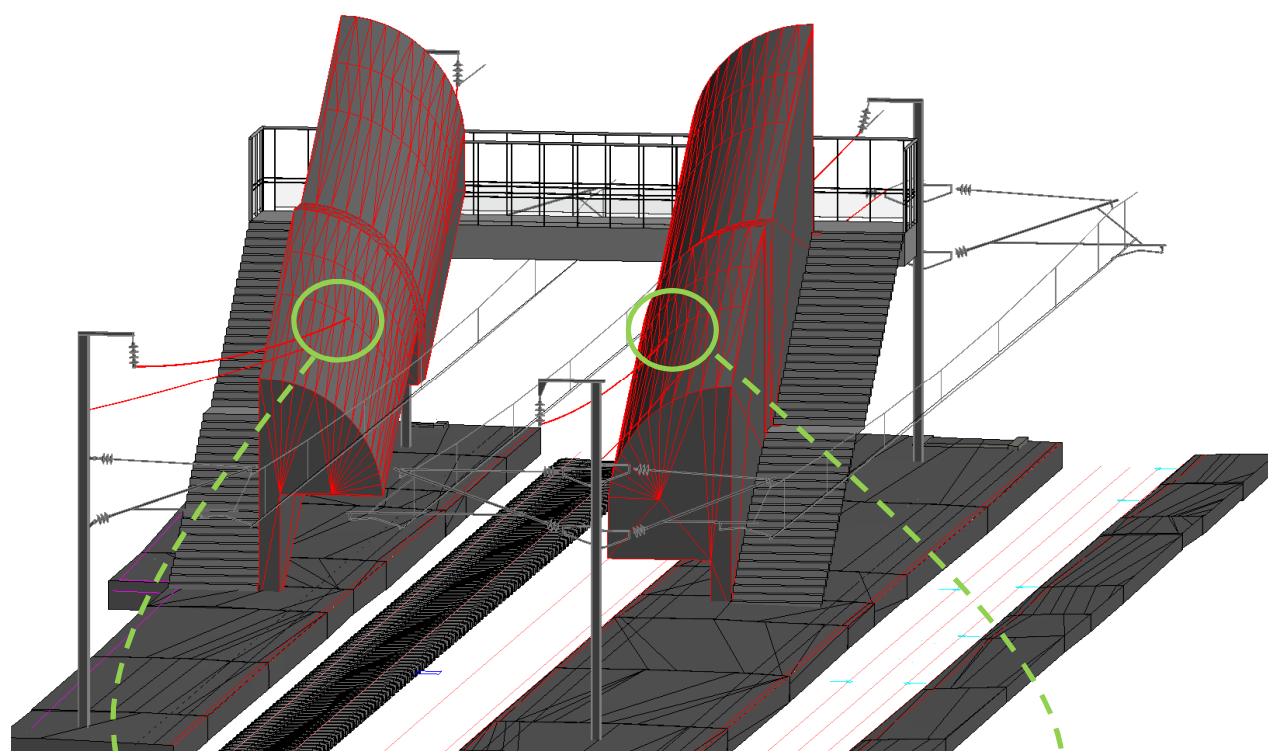
Les gabarits électriques sont réglementés par la NF EN 50122-1. Leur modélisation est complexe et doit s'adapter à l'ouvrage à protéger.



BPMN MODELISATION AUTOMATIQUE DES GABARITS ELECTRIQUES LATERAUX



FAMILLE REVIT – PROFIL DE GABARIT ELECTRIQUE LATERAL



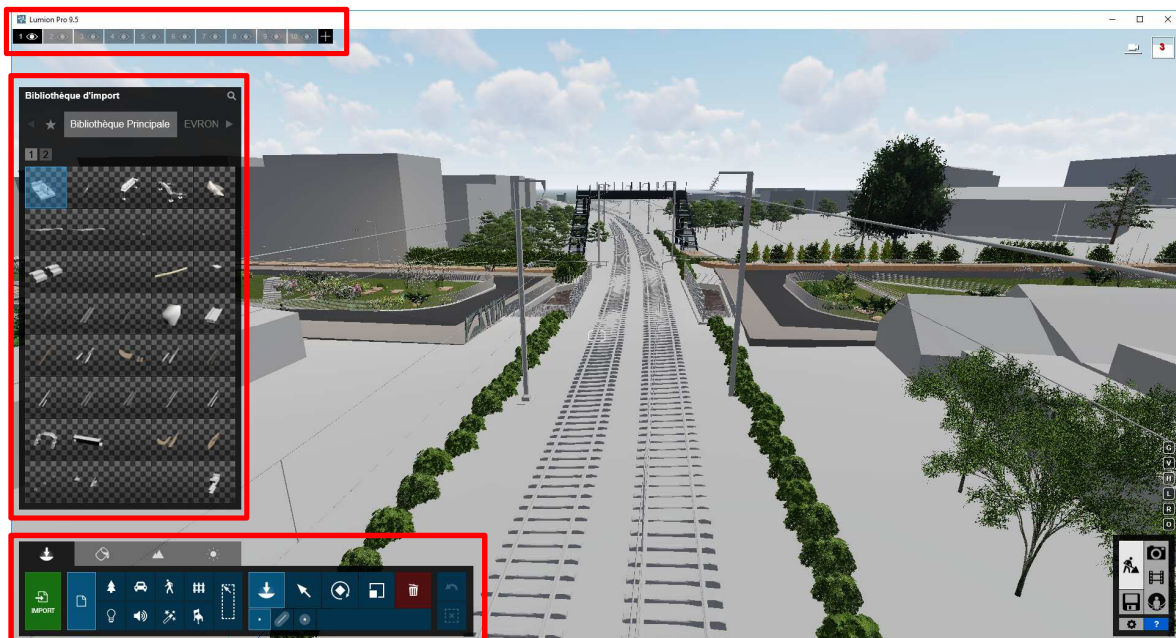
RESULTAT DE LA MODELISATION DES GABARITS ELECTRIQUES LATERAUX

Mise en évidence des distances
d'isolement non respectées

Lumion

La mise en valeur des études devient possible grâce à la maquette projet. L'étape de modélisation étant déjà réalisée, il ne reste que la partie animation de la vidéo. Lumion permet d'animer les différentes maquettes donnant ainsi la possibilité de montrer un phasage allégé. L'outil permet également le texturage des objets. REVIT dispose d'un plugin LUMION permettant de synchroniser la maquette. Afin de rajouter des éléments de contexte autour de la maquette, ce logiciel permet d'insérer les bâtiments et infrastructures routières d'OpenStreetMap, la végétation, la reprise du terrain...

Gestion de calques



Interface de positionnement

Dans la pratique la maquette projet est rarement suffisante. Il faudra souvent repasser par une phase rapide de modélisation façon « décor de cinéma ».

Ajout des
effets
spéciaux



Découpage des séquences

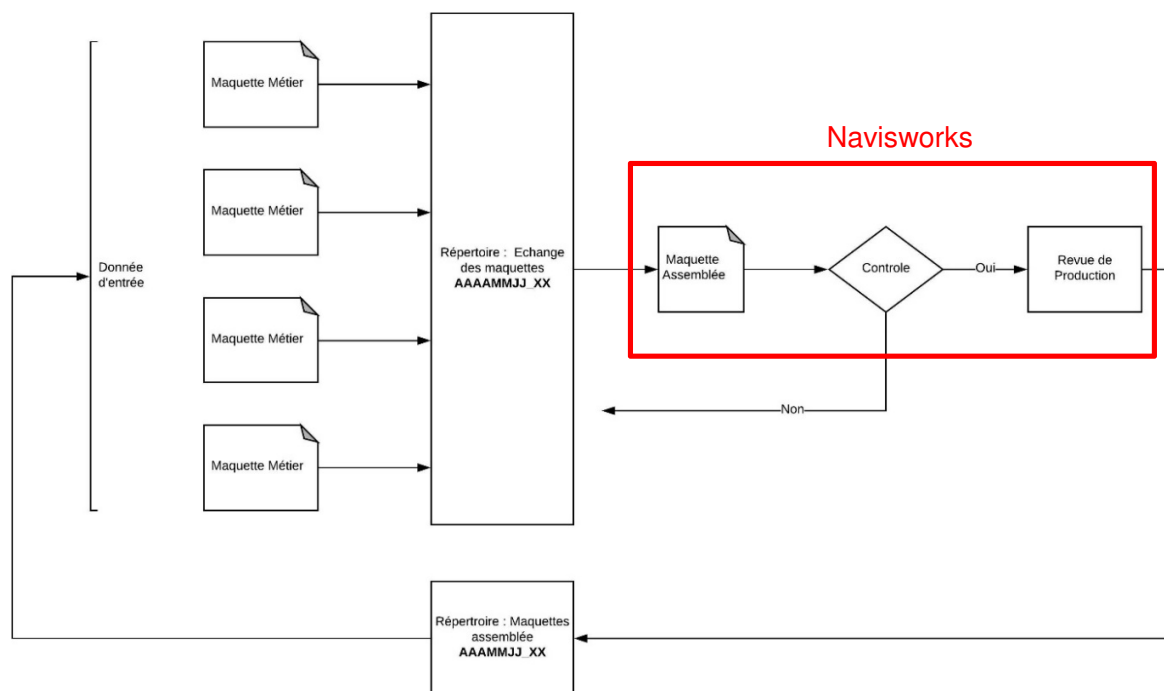
Exemple de vidéo pédagogique à destination des riverains du projet de suppression du passage à niveau 193 dans la ville de Rennes :

Lien direct : <https://youtu.be/U7wCEHiWlcY>

Cette mise en valeur a également été testée lors d'études préliminaires. La vidéo s'adressait aux élus locaux ainsi qu'aux financeurs. La compréhension du public est immédiate. L'adhésion se fait naturellement. Il convient néanmoins de préciser les limites de l'exercice. La vidéo fixe les idées parfois à tort. En études préliminaire, beaucoup d'hypothèses sont réalisées, le projet évolue au fil des phases.

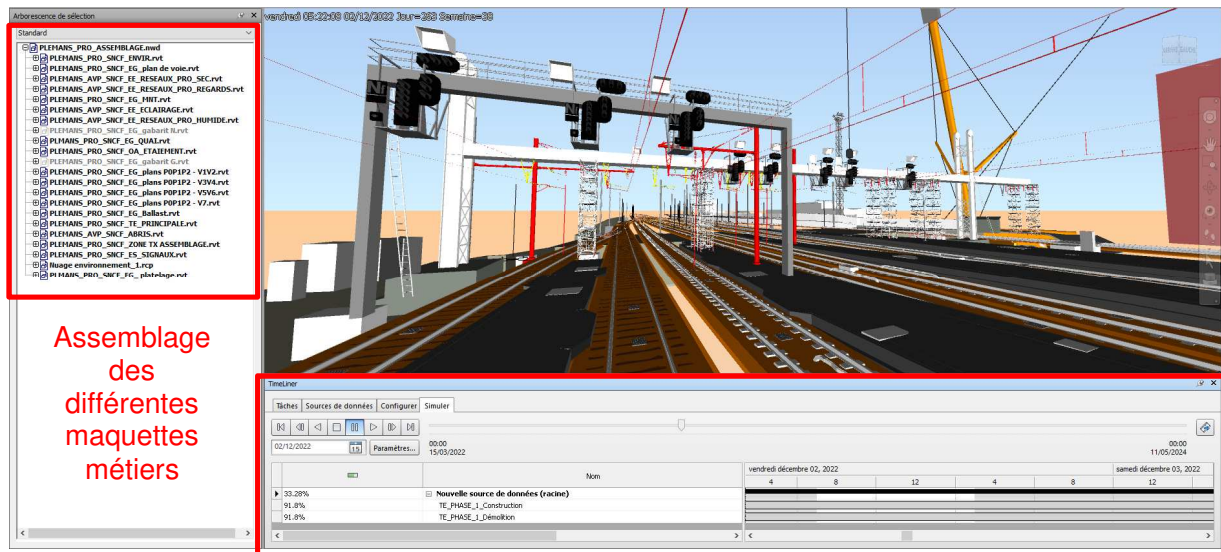
Navisworks

Le choix de l'outil d'assemblage est lié aux choix des outils de modélisation afin de limiter les incompatibilités. Cet outil est principalement à destination des BIM Managers pour garantir la cohérence de la maquette. Il s'insère dans le processus de suivi des études.

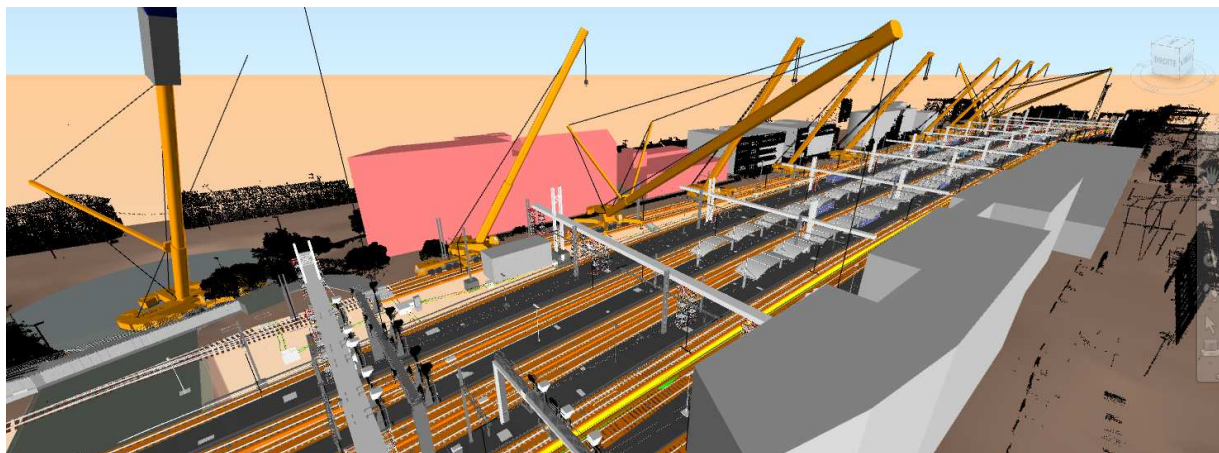


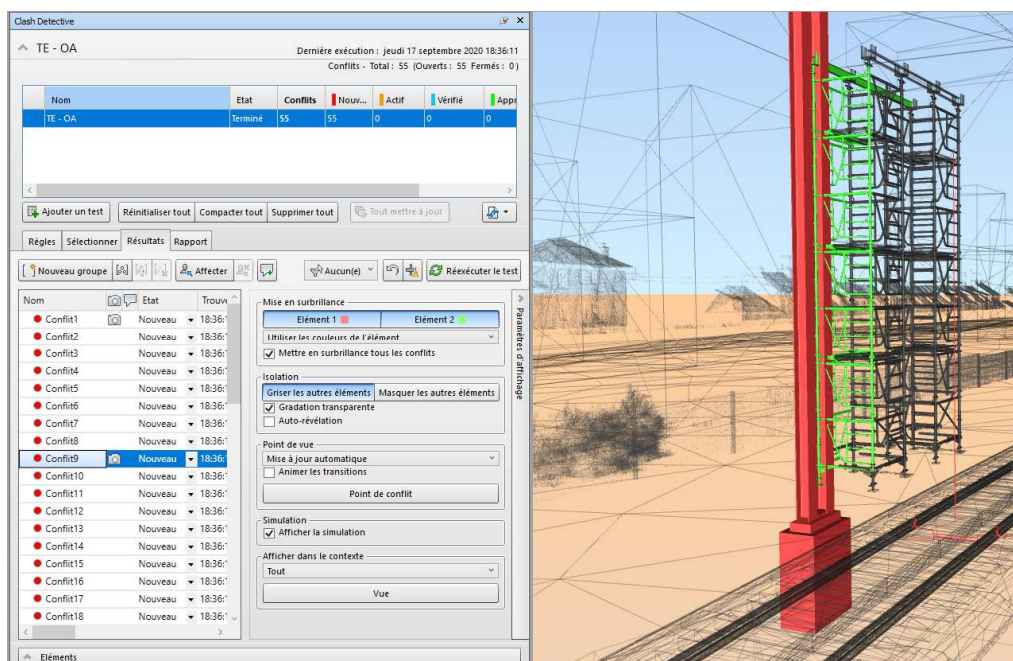
A ce stade de maturité de notre démarche, cet exercice représente le principal intérêt du processus BIM. Cette étape permet de réaliser la synthèse des différentes études que ce soit d'un point de vue spatial mais également temporel. Les travaux sur les infrastructures ferroviaires sont souvent réalisés sur site exploité, les phasages sont donc très complexes. Navisworks offre la possibilité d'associer les objets du projet aux différentes phases mettant en évidence les erreurs.

La périodicité de ces phases d'analyse sont programmées à l'avance. Elles mettent en évidence les problèmes dès qu'ils apparaissent limitant l'impact financier et la garantie des délais.

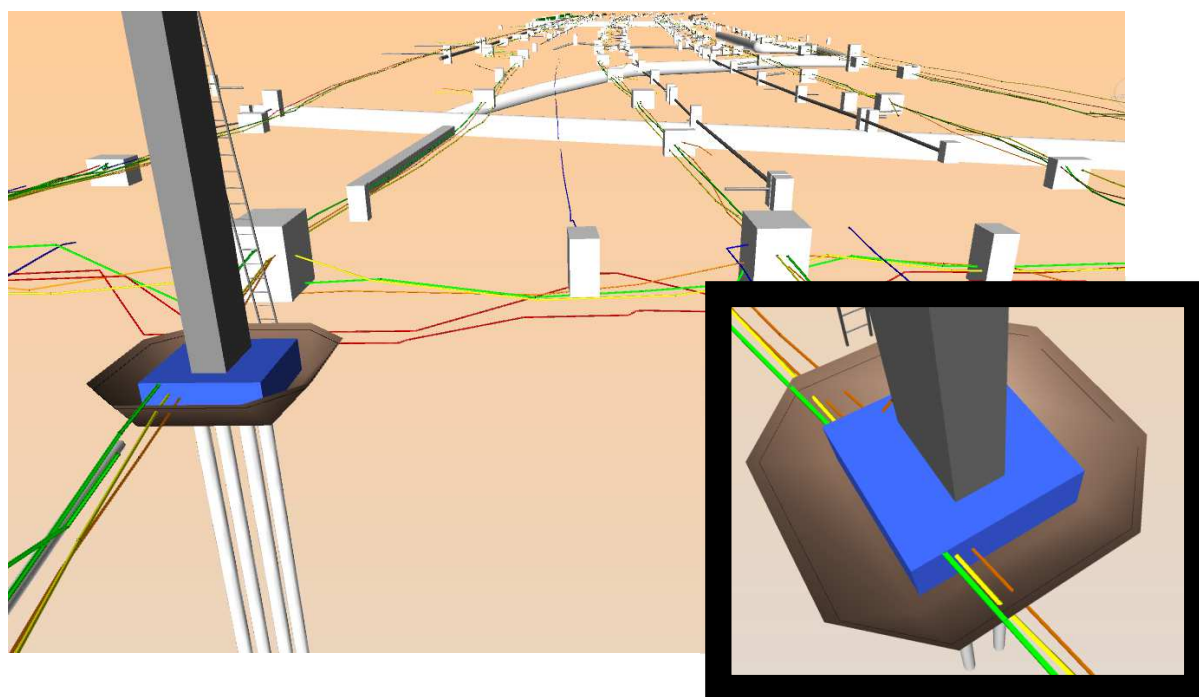


SYNTHESE NAVISWORKS DU PROJET DE REMPLACEMENT DES PORTIQUES DU MANS





SYNTHESE NAVISWORKS – DETECTION D'INTERFACE ENTRE LE SUPPORT CATENAIRE ET LA TOUR D'ETAIEMENT



SYNTHESE NAVISWORKS – DETECTION D'INTERFACES RESEAUX

Conclusion

Aujourd'hui un travail important doit être réalisé pour mettre en qualité l'ensemble de la filaire de donnée de l'infrastructure ferroviaire à l'instar des métiers du BTP. Tant que ce travail n'est pas abouti nous ne pourrons pas tirer le plein potentiel de la démarche BIM.

Malgré un manque de maturité qui persistera encore plusieurs années, les premiers bénéfices lors des phases études et travaux sont évidents.

Les gains sur les missions de synthèses 3D et 4D représentent à elles seules une raison suffisante pour changer dès à présent nos usages et faire de ces nouveaux outils le carburant de notre collaboration.