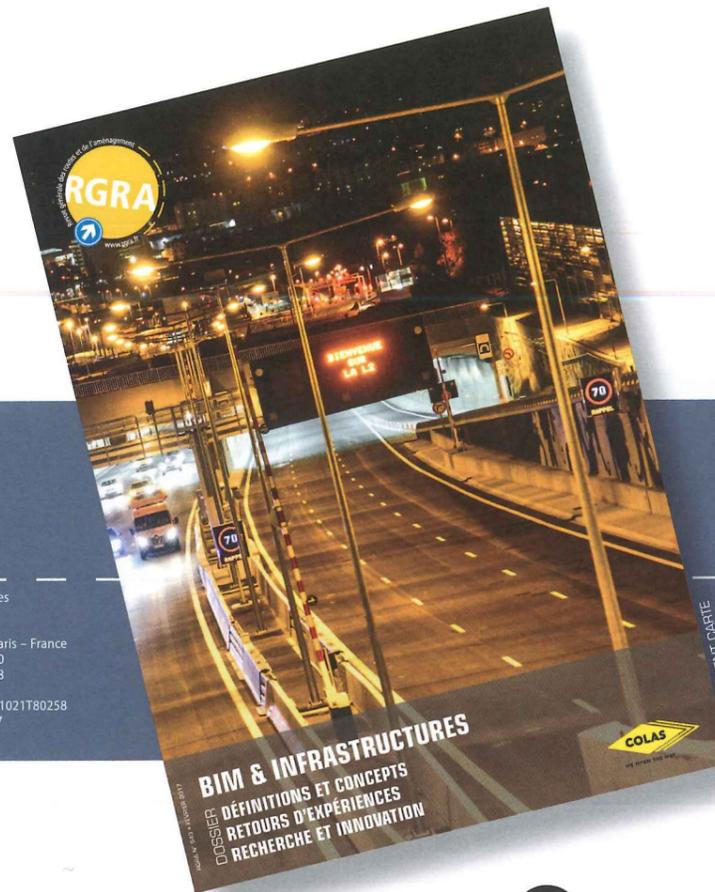


# BIM & INFRASTRUCTURES

DOSSIER DÉFINITIONS ET CONCEPTS  
RETOURS D'EXPÉRIENCES  
RECHERCHE ET INNOVATION



WE OPEN THE WAY



Revue générale des routes  
et de l'aménagement  
- RGRA - S.A.S.  
9, rue de Berri - 75008 Paris - France  
Tél. : +33 (0)1 40 73 80 00  
Fax : +33 (0)1 44 13 32 98  
Commission paritaire n° 1021780258  
Dépôt légal : février 2017  
ISSN 1290-256X

**BIM & INFRASTRUCTURES**  
DOSSIER DÉFINITIONS ET CONCEPTS  
RETOURS D'EXPÉRIENCES  
RECHERCHE ET INNOVATION

© SPILZ/LAURENT GARTE

Rocade L2 de Marseille.

# N° 943

FÉVRIER 2017

**Directeur de la publication, président**  
Bernard Héritier

**Directeur**  
Pierre de Thé

**Rédactrice en chef**  
Olga Dubost  
olga.dubost@editions-rgra.com

**Chef de rubriques**  
Françoise Marmier  
fmarmier@editions-rgra.com

**Secrétaire de rédaction**  
Odile Rouzin  
odile.rouzin@editions-rgra.com

**Comité de pilotage**  
Guy Beurier, Michel Boulet,  
Jean-Pierre Christory,  
Marc Courbot, Éric Layerle,  
Yann Lefeuvre, Jean-Marie Masson,  
Ludovic Périssé, Jean-Louis Perrot

**Publicité**  
Emmanuelle Hammaoui  
ehammaoui@editions-rgra.com  
Tél. : +33 (0)1 40 73 80 07

**Abonnements et ventes**  
secretariat@editions-rgra.com

Prix au numéro : 40 € TTC

Abonnement 1 an (9 numéros)  
France, Suisse, UE : 290 € TTC  
International : 300 € TTC

**Création graphique**  
Marc Degois  
**Mise en pages**  
Studio Pinkart  
**Imprimeur**  
Chirat  
744 rue de Sainte-Colombe  
42540 Saint-Just-la-Pendue

## EDITORIAL

**Le BIM, le numérique pour les infrastructures / 1**  
Bernard Héritier

## ACTUALITÉS / 4

Odile Rouzin



**Journées techniques Route 2017 / 9**  
Olga Dubost

**Rencontres de la mobilité intelligente 2017 / 14**  
Jean-Louis Perrot



# DOSSIER BIM ET INFRASTRUCTURES



P 16

**Définitions et concepts**

### Définitions et concepts

**Des premiers outils numériques au BIM / 16**  
Louis Demilecamps

**Les infrastructures : SIG, BIM et maquette numérique / 21**  
Hervé Halbout, Benjamin Blasco

**Maquette numérique et BIM dans les infrastructures linéaires / 26**  
Claude Foley



P 32

**Méthodologie**

### Méthodologie

**Objectifs et méthodologie de déploiement / 32**  
Michel Rives



### Retours d'expériences

**De la route du littoral aux projets du Moyen-Orient / 38**  
Christophe Castaing, Rémi Lannoy, Vincent Larue

**Le BIM au service des projets autoroutiers / 45**  
Marie-Cécile Demaison

**Aménagement de l'A36 à Sevenans / 48**  
Denis Leroux, Sylvain Fléty

P 38

**Retours d'expériences**

P 52

**Recherche et innovation**

### Recherche et innovation

**Projet MINnD : cycle de vie des chaussées / 52**  
Gaëlle Le Bars, Ziad Hajar

**L2 à Marseille : préparation à l'audit de sécurité / 57**  
Éric Locquet, Charles-Édouard Tolmer

## MATÉRIEL, PRODUITS ET PROCÉDÉS

Françoise Marmier

**Wirtgen Group au salon Conexpo de Las Vegas / 62**



**Index des annonceurs :** Colas, 1<sup>re</sup> couv. – Congrès ITS-Strasbourg, p. 61 – Eurovia, 2<sup>e</sup> de couv. – Finalcad, 4<sup>e</sup> de couv.

Les articles figurant au sommaire de la Revue générale des routes sont publiés sous l'entière responsabilité de leurs auteurs. Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, en France ou à l'étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (Copyright by RGRA). Ouvrage protégé : photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

# AMÉNAGEMENT DE L'A36 À SEVENANS

## LE BIM INFRASTRUCTURES, DES ÉTUDES À L'EXPLOITATION

Largement utilisé dans les projets de bâtiment, le BIM se développe rapidement dans le domaine des infrastructures. Le projet national MINnD a contribué à l'accélération des avancées dans ce secteur. APRR et Setec ont décidé de mettre le BIM à l'épreuve tout au long des études puis de la vie du projet de réaménagement de l'A36 à Sevenans.



Diffuseur trompette sur la RN 1019

© SETEC ALS

Né de la volonté partagée du groupe autoroutier APRR (maître d'ouvrage (MOA) sur l'opération) et de la société d'ingénierie Setec (maître d'œuvre (MOE)) de développer le BIM dans les infrastructures linéaires et d'être précurseurs dans ce domaine, le déploiement de cette démarche dans les phases d'études du réaménagement du nœud entre l'A36 et la RN 1019 à Sevenans s'est avéré un succès technique et humain. Le projet, d'un montant global estimé à 120 millions d'euros, est situé dans le territoire de Belfort, dans l'Est de la France. Il fait partie du plan de relance autoroutier<sup>1</sup> signé en 2015 et offre un champ exploratoire très large pour le BIM. Il consiste en la réalisation du réaménagement de la RN 1019 sur 3,6 km et la construction d'un diffuseur de type double-trompette avec un barreau de liaison entre l'A36 et la RN 1019. Sur ce projet relativement compact, 10 ouvrages d'art neufs ou allongés (1 530 m<sup>2</sup> au total) sont répartis sur les zones de section courante et dans les systèmes d'échanges. Il en résulte une complexité particulière pour laquelle le recours au BIM est un vrai plus.

### MOTIVATIONS D'APRR ET DE SETEC

La société APRR, qui exploite 2 200 km d'autoroutes dans le Centre et l'Est de la France, souhaite explorer les nouveaux usages que le BIM peut lui apporter comme MOA, mais également comme exploitant. Sylvain Fléty, conducteur d'opération du projet, en

témoigne : « Nous avons voulu initier les nouvelles méthodes d'échange et de modélisation du projet avec notre MOE dans les différentes phases d'études. APRR vise également à utiliser le BIM pour réaliser la concertation avec les élus, services de l'État et riverains. Ces nouveaux mécanismes sont poursuivis, en vue de l'élaboration des plans de récolement, pour ouvrir ainsi des perspectives dans l'utilisation future des données par les équipes d'exploitation de l'infrastructure. »

De son côté, Setec ALS, qui joue un rôle moteur au sein du groupe Setec pour le déploiement du BIM dans les infrastructures linéaires, veut proposer à ses clients son expertise en matière de BIM Infrastructures. Parmi les éléments déclencheurs chez Setec se trouve également la volonté d'utiliser de nouveaux moyens de communication autour de la maquette du projet et la sécurisation des interfaces en phases d'études, comme l'entreprise a déjà pu le constater lors d'une démarche BIM autoroutière précédente qui a débuté en 2015.

L'introduction du BIM dans les études impose un changement dans la façon de les mener, d'un point de vue technique et organisationnel. Sur le projet de l'A36 à Sevenans, comme dans toutes ses opérations d'investissement, APRR veille à ce que les délais d'études, de travaux et de mise en service soient strictement respectés. Le BIM ne doit pas mettre en péril la livraison des dossiers PRO (études de projet) et DCE (dossier de consultation des entreprises). De plus, APRR et Setec ne souhaitent pas disposer d'une simple maquette de présentation, déconnectée des études du fait de mises à jour réalisées à des intervalles trop espacés.

Il est par conséquent impératif d'intégrer rapidement dans la maquette BIM les objets modélisés par les différents domaines techniques, ainsi que leurs évolutions progressives.

Un recensement des usages de la maquette BIM a été réalisé pour orienter et dimensionner les moyens ainsi que pour définir les méthodes à mettre en place. Les usages retenus sont : la communication (interne à Setec, dans les échanges avec APRR et avec un public non averti), le suivi de l'avancement de la production, la gestion des interfaces et la sécurisation des études. La maquette assemblée doit permettre de réaliser un rendu 3D de qualité, tout en contenant les dernières données techniques du projet et en s'adaptant rapidement aux variations liées à son optimisation.

Le projet de l'A36 à Sevenans fait intervenir de nombreux domaines techniques : tracé, géotechnique, terrassements, chaussées, assainissement, ouvrages d'art, équipements, signalisation, paysage, environnement... Ce grand laboratoire du BIM Infrastructures a semblé vaste pour les premières implémentations. Il a donc été décidé de se focaliser dans un premier temps sur les domaines dont l'impact est le plus important sur les cas d'usage identifiés plus tôt : les terrassements (y compris dépôts et bassins de traitement des eaux de la plate-forme), les ouvrages d'art et les aménagements paysagers (modélisés et plantations). Le défi a consisté à modéliser le projet en 3D, en utilisant les outils les mieux adaptés aux phases d'études, alliant souplesse et réactivité.

Pour plus de clarté, dans la suite de cet article, les éléments du projet (plate-forme autoroutière, ouvrage d'art, bassin de rétention, dépôt...) seront appelés de façon indifférenciée « ouvrages ». La maquette BIM est ainsi constituée d'un ensemble d'ouvrages.

### ADAPTATION DES OUTILS AUX BESOINS DE COLLABORATION

Dans la démarche BIM, l'équipe de Setec en charge des études du projet a cherché les outils les mieux adaptés aux besoins des phases allant du DDP (dossier de demande de principe) au DCE. Une grande souplesse de modélisation devait permettre aux équipes de modéliser rapidement différentes variantes des ouvrages du projet.

### MODÉLISATION DES OUVRAGES D'ART, TERRASSEMENTS ET CHAUSSÉES

Débutée fin 2015, la modélisation des ouvrages d'art est l'une des clés de la réussite de l'expérimentation BIM de l'A36 à Sevenans. La modélisation sous Rhinocéros (logiciel de conception assistée par ordinateur) a été effectuée.

### À noter

Le BIM, d'une manière générale, ne se résume pas à la simple utilisation d'un logiciel spécifique, qui transforme les plans 2D en 3D avec quantité de données. Il implique la mise en place d'échanges dans un environnement collaboratif dont le centre est la maquette de synthèse, qui donne tout son intérêt au BIM.

Les métiers des infrastructures sont multiples. Chaque domaine technique utilise des outils métier spécifiques pour produire ses ouvrages et autres données sous forme de tableaux ou de rapports. Il en résulte une multiplicité de formats d'échange entre les intervenants. L'implémentation des IFC et autres formats OpenBIM dans les logiciels de conception est aujourd'hui loin d'être totalement opérationnelle. Ces mêmes formats sont eux aussi en défaut, car ils ne prennent que partiellement en charge les objets définis dans les projets d'infrastructure. L'interopérabilité des données à synthétiser dans la maquette n'est pas encore stabilisée.

Pour franchir ce cap, Setec apporte sa pierre à l'édifice du BIM Infrastructures à travers son implication dans le projet de recherche national MINnD, qui vise à définir et normaliser ces échanges. Outre les formats d'échange, d'autres freins à l'utilisation du BIM en infrastructure existent encore : la taille spatiale des maquettes, leur intégration dans un environnement géoréférencé et les altérations linéaires qui en résultent font partie des défis à relever.

Sur le projet de l'A36 à Sevenans, c'est bien une démarche exploratoire qui a été mise en place en respectant le plus possible les principes du BIM. La réalisation d'un projet tel que celui-ci en « full BIM » sera bientôt possible du fait du gain rapide de maturité du BIM Infrastructures. Dès à présent, les premiers résultats sont très encourageants.

-Photo 1-  
Vue de la RN 1019 et de la collectrice.



© SETEC ALS

S'il s'agit avant tout d'un outil de modélisation 3D dans lequel les objets modélisés ne sont pas totalement des objets au sens « BIM » du terme, ce logiciel offre l'avantage de pouvoir être couplé au plug-in Grasshopper. Grâce aux outils développés en interne, les ingénieurs et projeteurs génèrent le modèle de l'ouvrage en quelques minutes en s'appuyant sur les données de chaussées et d'axes 3D fournies par les équipes de tracé.

Paradoxalement, les domaines des terrassements et des chaussées, qui semblent de prime abord être moins précis, utilisent depuis de nombreuses années la modélisation 3D.

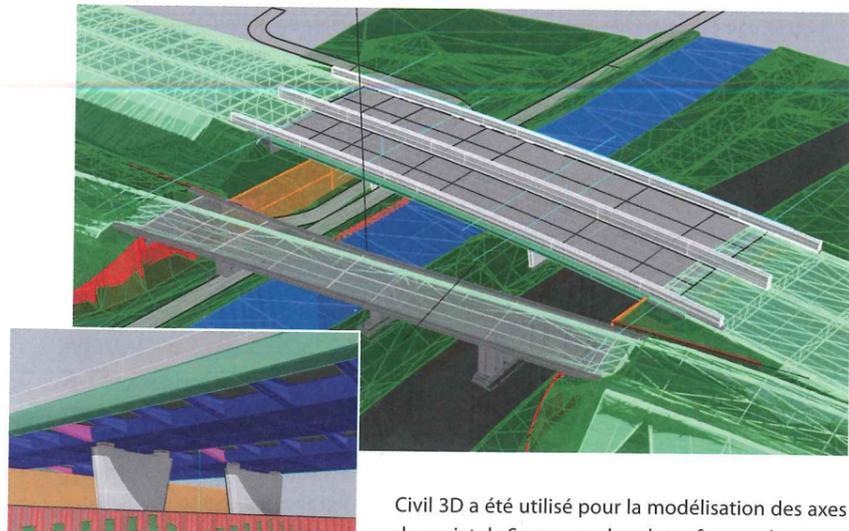
Le besoin de définir des géométries complexes pour des axes en plan (contenant des clothoïdes) et des profils en long (composés de paraboles et de lignes), le tout couplé à des variations de dévers et autres particularités géométriques, conduit à l'emploi de logiciels parmi lesquels on peut citer Civil 3D, Mensura, Covadis et Macao.

### AUTEURS

**Denis Le Roux**  
Ingénieur d'études  
Projets/BIM  
Setec ALS

**Sylvain Fléty**  
Conducteur d'opérations Grands Projets  
Direction de l'Innovation,  
de la Construction et du Développement  
Groupe APRR - AREA

-Photos 2-  
PI et PI14 bis, modèles 3D.



Civil 3D a été utilisé pour la modélisation des axes du projet de Sevenans, des plates-formes de terrassements et structures de chaussées. Dans un espace de travail proche du BIM, à l'intérieur duquel chaque élément/ouvrage est accessible, les terrassements et chaussées ont été modélisés avec une pleine connaissance des ouvrages adjacents. Dans un environnement constamment changeant, le plus souvent au milieu des diffuseurs, les bassins de rétention et modelés paysagers sont une composante importante du projet. L'agilité de Mensura pour dimensionner et calculer ces ouvrages a été utilisée, avec comme données d'entrée les MNT (modèles numériques de terrain) de l'état initial et des ouvrages du projet.

**INTÉGRATION PAYSAGÈRE**

Pour Setec, un autre intérêt du BIM réside dans l'intégration paysagère dans l'environnement naturel, point le plus complexe à incorporer dans une démarche BIM car très peu de données sont produites en 3D. Les représentations des végétaux sont assurées à l'aide d'images fournies par le département des études de paysage.

**Témoignage de Ghislaine Baillemont\* (APRR) :  
« L'innovation au service du projet »**

APRR a la volonté de mettre en œuvre les moyens innovants les mieux adaptés pour que les projets d'aménagement et de mobilité que nous portons soient réalisés dans les délais, avec un niveau technique optimum, et en respectant l'environnement, les usagers et les riverains. La démarche BIM engagée sur le projet de l'A36 à Sevenans est en adéquation avec les valeurs que nous souhaitons promouvoir, en développant l'usage du BIM dans toutes nos opérations de grand investissement des années à venir. Les revues de projets avec Setec ont été facilitées grâce à l'utilisation du modèle BIM, qui nous a permis d'avoir une meilleure compréhension des enjeux et des contraintes représentés dans un environnement 3D. La nécessité d'une communication adaptée avec les collectivités et leurs élus n'est plus à démontrer. La lecture de plans 2D trop techniques a été remplacée par une navigation dans un environnement 3D afin de mieux appréhender l'intégration du projet dans son site naturel. Les échanges sont ainsi facilités et garantissent un réel partage des enjeux du projet.

\*Directrice de l'innovation, de la construction et du développement (DiCODEV).

Le travail du BIM Manager consiste en la compilation des données de plantation pour réaliser une base de données de végétation qui s'intègre dans le projet.

Cette démarche a rendu possible la vérification de l'intégration paysagère du projet à différents horizons temporels.

**MAQUETTE DE SYNTHÈSE**

La mise en place d'une démarche BIM pour la modélisation des ouvrages de la maquette ne nécessite pas toujours l'utilisation d'outils spécifiques. Le concepteur peut la commencer avec des outils du commerce.

L'étape suivante consiste à entamer une démarche collaborative autour d'une ou plusieurs maquettes de synthèse en respectant les procédures qualité. Sur le projet de l'A36 de Sevenans, une seule maquette de synthèse a été réalisée avec le logiciel VDC. En s'appuyant sur la codification mise en place lors de la conception des ouvrages, ceux-ci y ont été assemblés.

Afin de structurer au mieux les données des fichiers au format DWG et de limiter les erreurs de codage des ouvrages, les ingénieurs de Setec ont écrit des algorithmes de prétraitement des fichiers source pour « industrialiser » l'intégration dans la maquette de synthèse.

Pour rappel, la rapidité et la simplicité d'intégration des ouvrages dans la maquette faisaient partie des objectifs de Setec pour assurer une cohérence entre la maquette et les productions des études. L'objectif a été atteint grâce aux outils développés.

**SUIVI DES MODIFICATIONS**

La maquette BIM est « vivante » : les ouvrages évoluent en maturité et leur niveau de détail augmente ; des problèmes de coordination sont découverts et des solutions techniques adaptées sont apportées. Tout ce processus fait partie intégrante du BIM et doit être tracé.



-Photo 3-  
Renaturation de la Douce (affluent de la rivière la Savoureuse).

Le premier niveau de traçage s'appuie sur le plan d'assurance qualité du projet qui régit la codification des noms des fichiers des ouvrages. Il est ainsi possible de s'assurer que la maquette intègre bien la dernière version d'un ouvrage.

Le suivi des modifications et la résolution des conflits s'avèrent plus ardu. Une gestion BIM de ce type d'échange passe généralement par le format BCF, qui enregistre la localisation des changements ou des conflits, les domaines incriminés... En 2015, l'utilisation de ce format d'échange n'était pas généralisée. L'équipe de Setec a donc suivi la résolution des conflits au travers d'une plate-forme SharePoint, sur laquelle les échanges de fichiers et les prises de décision sont tracés, tout en permettant le suivi de la production à travers l'avancement des modèles des ouvrages par rapport au planning des études.

**CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

La démarche BIM initiée par APRR et Setec va se prolonger durant les phases travaux. Dans le DCE, il était demandé aux entreprises de proposer une démarche BIM afin de rendre un DOE (dossier des ouvrages exécutés) numérique intégrant une composante BIM.

Cet élément de sélection de l'attributaire du marché a volontairement été rédigé de manière ouverte. Le MOA et le MOE ne sont prescripteurs ni sur le contenu, ni sur les procédures mises en place autour des maquettes BIM EXE et DOE. Libre à l'entreprise de proposer des solutions techniques et organisationnelles réalistes et réalisables.

Elles doivent toutefois garantir le suivi de la cohérence entre les modèles 3D des ouvrages et les plans 2D qui en seront issus, les documents graphiques contractuels restant, aujourd'hui encore, les documents 2D.

À la fin du chantier, grâce à un environnement de gestion documentaire qui sera mis en place par l'entreprise attributaire, tous les éléments du projet seront répertoriés et indexés. L'extraction des éléments documentaires et leur rattachement à ceux de la maquette, composante importante du BIM, contribueront à produire des DOE BIM. Dans ce contexte en évolution rapide, APRR a engagé une réflexion sur l'intégration des modèles des ouvrages ainsi exécutés dans l'organisation de son exploitation. À l'heure du tout numérique, les DOE numériques, et plus particulièrement les DOE BIM, constituent une mine de données qui offre plus de souplesse dans la recherche d'information. L'amendement du modèle au gré des évolutions de l'infrastructure sera également facilité, tout en permettant de retracer l'historique d'un ouvrage.

Pour une intégration dans un processus BIM Infrastructures orienté gestion du patrimoine, il convient de faire évoluer toutes les chaînes d'accès aux données ainsi que les chaînes de remontée des informations du terrain. ■

**RÉFÉRENCES**

1. J.-C. Dupin, « Opérations prévues sur les réseaux du groupe APRR », RGRA n° 933, janvier 2016, p. 22.

**« Les revues de maquette hebdomadaires nous ont très rapidement donné une vision d'ensemble du projet en 3D. Nous avons ainsi pu étudier et imaginer les solutions techniques les mieux adaptées dans les zones d'enjeux majeurs. »**

(Jean-Yves Sablon, directeur de projet, Setec ALS)