

Le BIM dans la sixième dimension

Planification en 6D du pont de l'Unstrut avec Autodesk® Revit® et SOFiSTiK FEM

Temps et coûts ont depuis longtemps complété les modèles numériques 3D classiques avec une quatrième et une cinquième dimension. Grâce à l'exemple d'un pont ferroviaire (en treillis métallique), les ingénieurs d'Emch+Berger Weimar montrent comment le calcul statique et les plans d'armatures prolongent le modèle numérique. Le logiciel de modélisation Autodesk® Revit® et les programmes de calcul/dimensionnement SOFiSTiK FEM s'avèrent être de parfaits compléments pour un travail d'ingénierie intelligent et efficace.

La Deutsche Regional Bahn (service régional des chemins de fers allemands) souhaite remettre en service la ligne de la « Kyffhäuser-Bahn » en Thuringe, fermée depuis l'année 2006. Elle a chargé Emch+Berger Weimar de toutes les phases d'études et planification de la structure porteuse, y compris recalcul et inspection de l'ouvrage pour

sa remise en service. Le nouveau calcul a montré que la capacité porteuse du pont actuel ne pouvait pas être garantie à long terme. La variante privilégiée a été le remplacement du pont ferroviaire à trois travées enjambant l'Unstrut par une structure en acier mono-travée, conformément à la norme Ril 804.9010. À partir de 2023, des trains circuleront à nouveau entre Betleben et Sondershausen.

L'utilisation du BIM pour l'ouvrage d'art : une évidence pour Emch+Berger

Bien que la méthodologie BIM soit appliquée avec succès depuis des années dans le domaine du génie civil, elle ne s'est pas encore imposée pour les ponts et ouvrages d'art. Contrairement aux bâtiments, dont les éléments, souvent de sections « simples », s'appuient sur des grilles et niveaux, les ponts possèdent plusieurs aspects qui com-

plexifient leur modélisation : inclinaisons longitudinales et transversales, surélévations, conditions limites particulières et étapes de construction. A ceci s'ajoute le manque d'expérience de certains donneurs d'ordres, maîtres d'œuvre et constructeurs dans ce domaine. Ainsi, les sceptiques du BIM ont tendance à surestimer l'effort nécessaire à la modélisation et à sous-estimer la qualité des résultats.

Cependant, la charge de travail accrue dans les phases initiales est compensée si l'on tient compte du processus de planification dans son ensemble. En effet, les changements, inévitables au cours d'un projet, peuvent être mis en œuvre de manière beaucoup plus efficace dans le modèle BIM. De plus, la qualité globale de la planification s'améliore notamment grâce à :

- La reconnaissance de conflits spatiaux
- Une détermination plus exacte des quantités
- La représentation de phases de construction (4D)
- La liaison avec les coûts de construction (5D)
- Le modèle de calcul pour l'étude de la structure porteuse (6D)

En raison de la précision requise dans la planification, de la complexité des conditions limites existantes ainsi que de la technologie de construction prévue, Emch+Berger a décidé de réaliser le pont d'Unstrut en BIM avec Autodesk® Revit® et les programmes SOFiSTiK FEM.

État des lieux

Le pont ferroviaire sans ballast existant se compose de trois travées articulées (grille de poutres + treillis + grille de poutres). Les culées et piles massives reposent sur 8 fondations sur puits armés. La modélisation de la structure existante a été créée à partir des plans de l'existant et de l'état des lieux réalisé sur place (scan). Le degré de détail obtenu avec le modèle était nécessaire pour le recal-

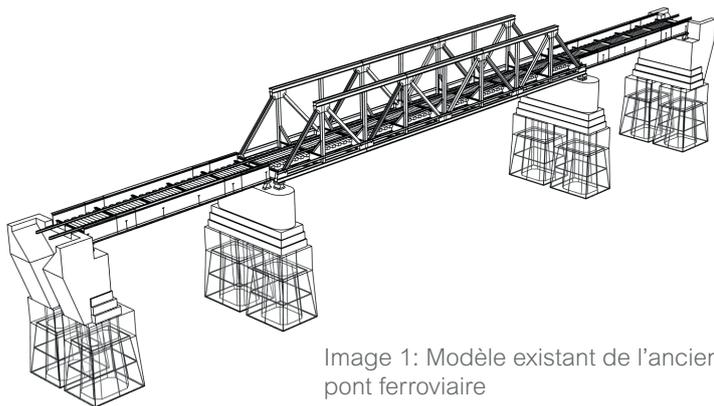


Image 1: Modèle existant de l'ancien pont ferroviaire

cul, la méthodologie de construction (tonnage des superstructures pour le démontage ou l'utilisation des grues) et la planification de la nouvelle fondation profonde, étant donné que quatre pieux forés sont construits au cœur de la fondation sur puits.

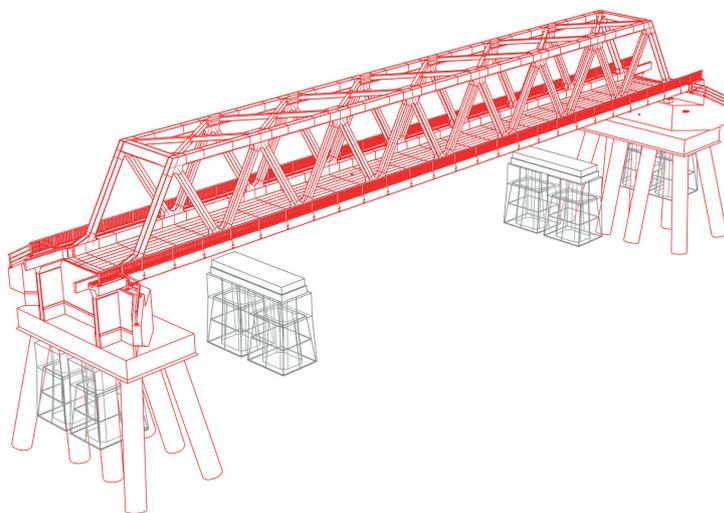


Image 2: Modèle Revit® du nouveau pont ferroviaire

Modélisation paramétrique de la structure en acier

Alors que la sous-structure, la fondation profonde et les autres installations ont été construites avec Revit, les ingénieurs de Emch+Berger ont utilisé, pour la modélisation de la structure en acier, un supplément de programmation graphique pour Revit® : Dynamo®.

L'utilisation de Dynamo® a présenté plusieurs avantages :

- La modélisation paramétrée de l'ouvrage basée sur des coordonnées
- La mise en œuvre rapide des changements dans la géométrie de l'ouvrage lors de la phase de conception
- L'adaptation rapide du modèle lors de la prise en compte de l'inclinaison longitudinale et de la surélévation

Le nouveau SOFiSTiK Bridge Modeler (SBM) pour Revit est actuellement également utilisé chez Emch+Berger en complément ou en alternative à Dynamo : SBM prend en charge la modélisation paramétrique des ouvrages d'infrastructure. Il permet désormais à tout utilisateur Revit® de créer des modèles paramétriques dans son environnement Revit habituel.

Quatrième dimension : le temps

Le BIM permet de simuler le déroulement d'une construction. Pour le pont traversant l'Unstrut, les phases principales (structure existante, construction et état final) ont été modélisées dans Revit®. Rien que cela a permis aux donneurs d'ordre, aux participants du projet et au public intéressé de comprendre plus facilement le projet et son déroulement.

Cependant, le plus important fut la possibilité de planifier ainsi avec exactitude la méthodologie de construction et de répondre à de nombreuses questions, par exemple : dans quelles conditions la nouvelle structure acier sera-t-elle montée à la sous-structure ? Quels tonnages doivent être pris en compte pour les superstructures lors du démontage ? Quelles sont les mesures de protection nécessaires lors de l'utilisation de la grue ? Quelles sont les restrictions applicables aux installations existantes pendant la période de construction ?

Cinquième dimension : les coûts

Le modèle numérique Revit® contient - selon les besoins - beaucoup plus d'informations que la simple géométrie. Il est possible de saisir et de

gérer des informations sur les matériaux, la qualité, les épaisseurs, le poids, le prix, etc. À chaque modification, le modèle met à jour les chiffres en temps réel. Suivant l'exhaustivité et l'exactitude des données saisies, il est donc possible à tout moment d'avoir un compte rendu fiable des coûts à prévoir.

Le modèle de structure porteuse en tant que sixième dimension

Pour que l'analyse statique joue réellement le rôle d'une « dimension » supplémentaire dans la planification, elle doit être reliée au modèle, tout comme les déroulements temporels et les coûts. Le pont de l'Unstrut montre comment cela fonctionne.

Emch+Berger utilise les programmes SOFiSTiK FEM pour ses calculs. Le défi était de taille en raison de la complexité de la structure en acier : en plus des nœuds, il fallait tenir compte du tablier avec raidisseurs longitudinaux et entretoises, des liaisons cinématiques ainsi que des profils géotechniques pour les pieux . À cela s'ajoutait également un grand nombre de cas de charges (LM71) et la nécessité de déterminer les justifications locales lors de la planification de l'exécution (voilements , soudures, etc.). La modélisation

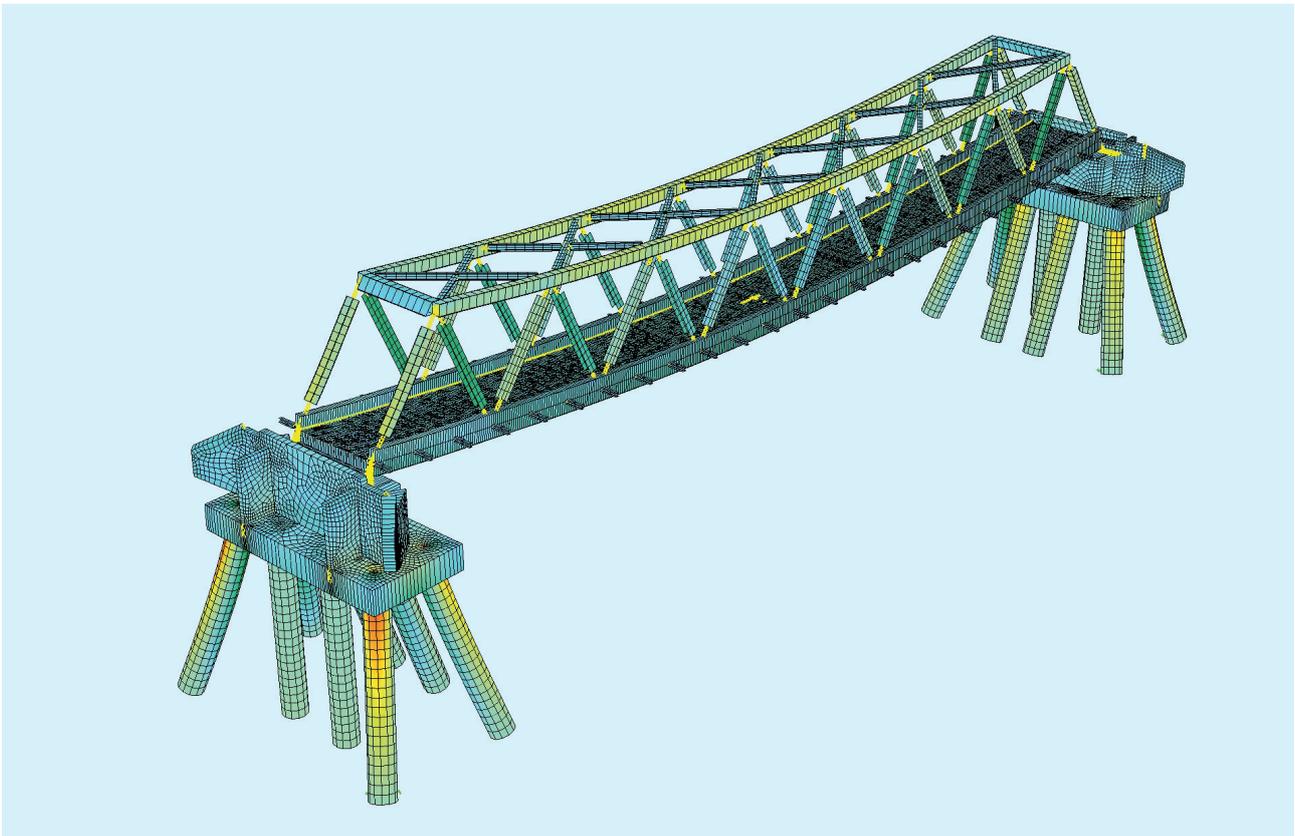


Image 3: Modèle Éléments Finis SOFiSTiK dérivé de Revit (déformation exagérée)

avec Autodesk® Revit® crée déjà le modèle analytique de calcul qui peut être lu directement dans le SOFiSTiK Structural Desktop (SSD) via l'interface SOFiSTiK – Revit. Il est possible d'ajouter ici des informations spécifiques au pont ; le logiciel réalise ensuite les différents calculs et vérifications en s'appuyant sur les tâches SSD continues et paramétriques.

En route vers le chantier !

Que ce soit en 3D, 4D, 5D ou 6D - à un moment donné, les informations concernant la construction doivent parvenir au chantier. Pour cette étape, des

plans d'exécution restent le livrable attendu. Ceux-ci peuvent eux aussi être générés à l'aide des modèles BIM, et SOFiSTiK étend les possibilités de base d'Autodesk Revit dans le cas des plans de ferrailage. Emch+Berger utilise SOFiSTiK Reinforcement Detailing pour créer les plans de ferrailage des soubassements massifs.

Pour Gustavo Cosenza, chef de projet génie constructif chez Emch+Berger, SOFiSTiK est aujourd'hui un partenaire indispensable et peut bien plus que fournir un excellent logiciel. « Le BIM ne s'est pas encore vraiment imposé dans la construction de ponts, alors que la méthode fournit une meilleure qualité à tous les niveaux » affirme-t-il.

Emch+Berger est un groupe d'ingénieurs de taille moyenne, dirigé par ses collaborateurs. Il compte environ 280 salariés en Allemagne et en France. Depuis 1990, Emch+Berger Ingenieure und Planer Weimar GmbH propose des services de planification et de supervision de la construction dans les domaines du génie constructif, de la circulation, de l'environnement et du paysage.



Gustavo Cosenza, chef de projet génie constructif chez Emch+Berger Weimar GmbH :

« SOFiSTiK est pour nous avant tout un partenaire fiable pour l'implémentation du BIM. »



Une vue d'ensemble
Emch+Berger Gruppe Deutschland
www.emchundberger.de



SOFiSTiK AG · Bruckmannring 38 · 85764 Oberschleißheim · Allemagne
info@sofistik.fr · www.sofistik.fr