infra suisse

Journée Infra 2018

Développement du BIM. Et les infrastructures ?

LA QUALITÉ SUISSE AUSSI DANS LA GAMME MACRO.
Les roches dures de FAMSA:
Les enrobés bitumineux d'une qualité exceptionnelle se caractérisent par une longue durée de vie grâce à l'excellente adhésion entre le bitume et nos granulats.
www.famsa.ch
FAMSA
FABRIQUE D'AGGLOMÉRÉS MONTHEY SA

LA NOBLESSE DE LA PIERRE ET LA QUALITÉ DU SERVICE.
A Votre service:
2 centrales d'enrobage
2 centrales à béton
4 carrières
5 décharges
1 centre de revalorisation.
Lachat SA est une entreprise de proximité dans tout l'arc Jurassien!
www.lachatsa.ch
Lachat SA
BÉTON · ENROBÉ · PIERRE · RECYCLAGE · DÉCHARGE

Table des matières

4 Urs Hany
La numérisation est sur toutes les lèvres

8 Blaise Clerc
Développement BIM. Et les infrastructures ?

12 Bernd Domer
Le BIM appliqué à la gestion du sous-sol :
De l'ouvrage au territoire

20 Pierre Benning
Perspectives et ambitions du BIM pour les infrastructures :
Le projet de la rocade L2 à Marseille

30 Jérôme Tognini
Alimenter une maquette BIM avec les infrastructures

34 Yvan Personnic
Comment faire le pas vers la méthode BIM pour une entreprise

38 Jean-François Klein
Ingénierie et construction :
Le défi des grands ouvrages avec le 3ème pont sur le Bosphore

51 **Les membres d'Infra Suisse**

Infra Suisse
Avenue de Savoie 10
Case postale 1376
1001 Lausanne

021 641 43 20
romandie@infra-suisse.ch
#JourneeInfra

La présente revue contient toutes les conférences et prises de position présentées lors de la Journée Infra du 6 février 2018, à l'EPFL.
Nous remercions les nombreux sponsors et annonceurs de leur soutien.

La numérisation est sur toutes les lèvres

Notre économie, dit-on, est sur le point de subir une révolution ou y est déjà confrontée. Des secteurs sont chamboulés, des technologies de rupture permettent, voire rendent nécessaires de nouveaux modèles commerciaux. En quoi cela nous concerne-t-il en tant que constructeurs d'infrastructures ? Et à quoi devons-nous nous attendre ?

Urs Hany
Président d'Infra Suisse

La popularité de la numérisation augmente de façon exponentielle. Tout particulièrement dans notre secteur. Vu cette évolution, il y a bien longtemps déjà que nos prestations ne sont plus analogues comme elles l'étaient par le passé. Connaissez-vous une entreprise de construction sans ordinateur ou un contremaître sans smartphone ? Mais désormais, tout doit devenir encore plus numérique. Par exemple avec le Building Information Modeling ou BIM en abrégé, grâce auquel on nous annonce un avenir radieux.

L'avenir et sa prédiction représentent pourtant un domaine très spécial. Mais comme on le dit si bien: « Les prévisions sont difficiles, surtout lorsqu'elles concernent l'avenir. » Qu'est-ce qui nous attend vraiment avec la numérisation, en tant que constructeurs d'infrastructures ? A quoi devons-nous nous préparer ? Je n'en sais rien. Bien des choses sont encore hypothétiques, certaines utopiques et d'autres déjà une réalité. Les entreprises de construction doivent-elles craindre cette évolution ? Pouvons-nous nous montrer indifférents ? Ou devrions-nous même nous en réjouir ? Aujourd'hui, je l'espère, nous aurons l'une ou l'autre réponse à ces questions.

Être entrepreneur, c'est aussi maîtriser les changements

Tout changement représente aussi une opportunité. En tant qu'entrepreneurs, nous le savons mieux que personne. Et ces opportunités, il faut les mettre à profit. A mon sens, cela vaut également pour la numérisation. Relevons ce défi. Soyons dynamiques !

La numérisation dans la construction arrive, peut-être plus vite que certains le souhaiteraient. Mais ce n'est pas un tsunami, ni une catastrophe naturelle. Nous pouvons intervenir et participer à la conception de l'avenir numérique dans la construction d'infrastructures.

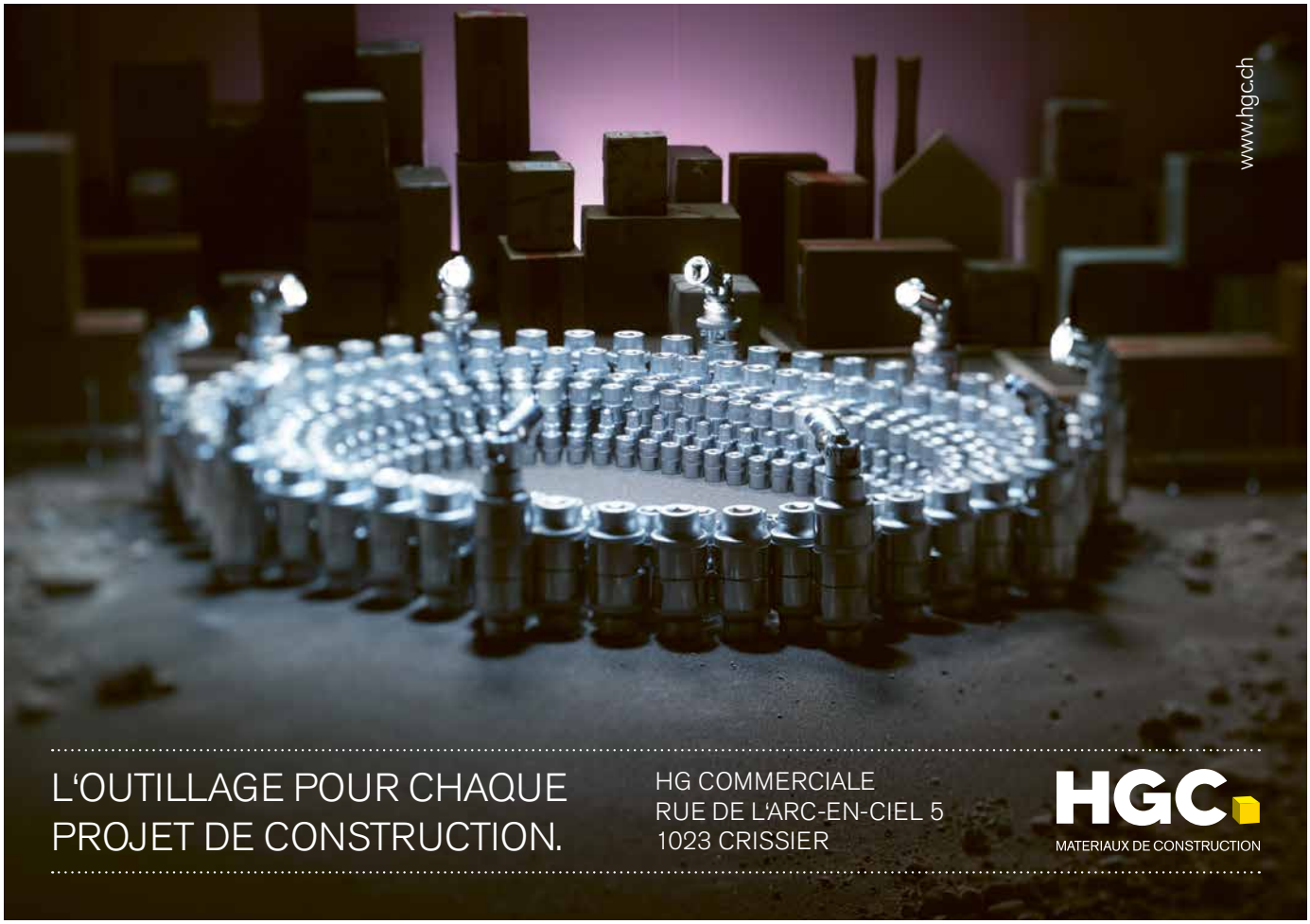
Gurtner Baumaschinen AG

... simplement meilleure!

HAMM COMPACTLINE UNIQUE AVEC OSCILLATION

- Poids opérationnel de 2525 – 4435 kg
- Largeur de travail max. de 1050 – 1450 mm
- Moteur diesel Kubota de 22.9 kW – 34.6 kW classe antipollution 3 A / Tier 4i
- Bille avant vibrante 67/52 Hz
- Bille arrière oscillante 39/30 Hz
- Articulation 3 points pour un confort de conduite maximal

Deisrütistrasse 17 I Postfach I CH-8472 Ohringen I Tel. +41(0)52 320 06 66 I Fax. +41(0)52 320 06 67
info@gurtner-baumaschinen.ch I www.gurtner-baumaschinen.ch I Contact pour la Suisse Romande, Pierre-Luc Rudin 079 / 215 49 74



En tant qu'entreprises de construction, nous avons le savoir-faire, l'expérience et les compétences pratiques pour cela. Nous ne devons pas laisser à d'autres – producteurs de logiciels et de matériaux ou bureaux d'architectes – pas plus qu'à d'autres pays le soin de décider comment concevoir, construire et entretenir les infrastructures en Suisse à l'avenir. Infra Suisse s'engage dans ce sens aujourd'hui déjà. Faites-le, vous aussi. Ou, comme l'avait dit un jour un informaticien américain: « La meilleure façon de prédire l'avenir, c'est de l'inventer. »

Participons à la conception de notre avenir. C'est possible et même nécessaire. C'est ce qui est de l'entreprenariat.

Développement BIM. Et les infrastructures ?

Pensant avoir trouvé LE sujet phare pour 2018, jamais nous aurions pensé voir cette thématique aussi souvent présentée, traitée et médiatisée tout au long de l'année 2017. C'est dire si le sujet est non seulement d'actualité, mais combien il intéresse, il interroge les professionnels autant que les non-professionnels. Les infrastructures sont-elles compatibles, sont-elles adaptables avec cette méthode ? C'est ce que la Journée Infra tentera d'apporter, entre autre comme réponse.

Blaise Clerc
Vice-directeur de la SSE,
Secrétaire romand d'Infra Suisse

BIM, trois lettres maintes et maintes fois lues et relues ces derniers mois. Trois lettres dont on se pose tout de suite la question : «Ça veut dire quoi ?» Building Information Modelling, autrement dit dans la langue de Molière, Modélisation des Informations d'Ouvrage. D'ouvrage parce que ce concept ne s'arrête, et de loin pas, aux seules constructions de bâtiments, même si c'est par ce biais qu'il a fait son entrée ces dernières années dans le secteur de la construction et qu'on lui doit un certain succès.

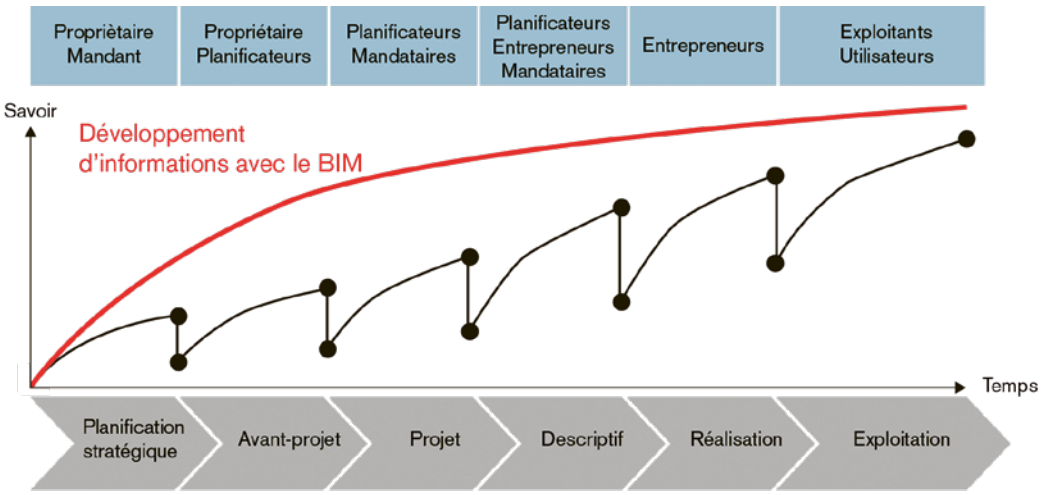
Ce concept est par ailleurs l'application et la mise en œuvre d'une série de processus bien connus dans nos métiers de constructeurs ; processus qui sont réunis par une méthode regroupant les diverses dimensions BIM d'un ouvrage :

– La conceptualisation et la modélisation en 3D (3 variables géométriques)
– La planification du temps (4ème variable)
– La planification des coûts (5ème variable)
– Les informations pour l'entreprise (6ème variable)

Cette succession d'éléments dimensionnels nous amène directement à la notion finale de digitalisation globale, une vision en 7D. Une vision qui reprendrait les différentes variables et auxquelles on rajouterait encore les critères d'environnement, de sécurité et d'économie d'entreprise.

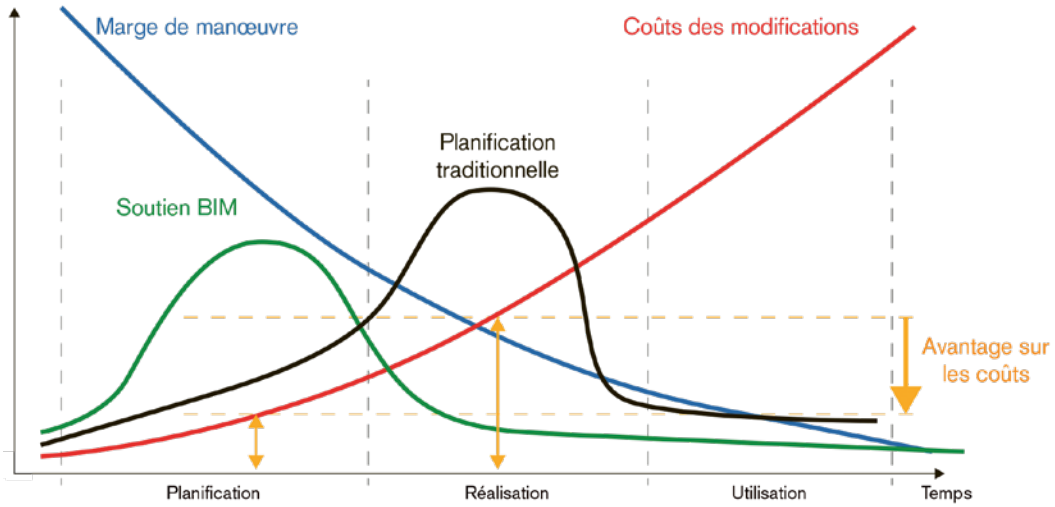
On le voit, ce concept dépasse et de loin le simple fait de croire à une modélisation améliorée d'un projet en 3D. Ceux qui pensent que c'est ça le BIM se trompent et se trompent d'autant plus qu'ils n'abordent pas ce concept avec le recul et une vision globale.

Pour commencer la méthode BIM apporte un développement d'informations continu, sans pertes, par rapport à un schéma classique.



Source : Référence à Bernstein, Yale University

Par ailleurs, cette vision s'inscrit naturellement dans un concept de cycle de vie de l'objet projeté. Ces deux éléments (développement de l'information et cycle de vie) permettent d'obtenir rapidement un maximum de caractéristiques et d'informations sur l'ouvrage en phase de planification. Ce qui a pour résultat de proposer un avantage intéressant sur de potentielles diminutions des coûts sur l'ensemble du cycle de vie du l'ouvrage projeté.



Source : Référence à Patrick Mac Leamy

Avec ces séduisantes propositions, qu'attendons-nous pour nous lancer dans ce concept ? Que faut-il mettre en œuvre dans le domaine des travaux publics, en particuliers pour les infrastructures ? Les questions centrales sont les suivantes :

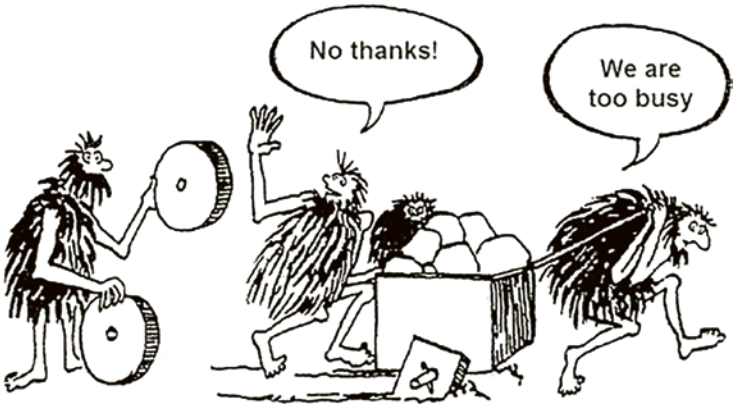
- Dans le futur, comment obtiendrons-nous les contrats ?
- Dans le futur, comment aborderons-nous le travail sur les chantiers ?
- Dans le futur, comment nous procurerons-nous le personnel et le matériel ?

– Dans le futur, comment nous organiserons-nous ?
– Dans le futur, comment façonnerons-nous le développement ?

Il devient pressant de trouver des réponses. Le futur dont il est question, c'est celui de demain matin.

Les conférenciers du jour interviendront sur les divers aspects de ce qui semble être la panacée du XXIème siècle en matière de gestion et de management. Sauront-ils vous convaincre ? A tout le moins, gageons qu'ils déclencheront des réflexions sur un nouveau paradigme, qui a déjà fait son entrée dans le domaine du gros œuvre et du bâtiment.

C'est l'avenir des travaux publics et de nos infrastructures qu'il va falloir renouveler, ou plutôt digitaliser !



Le BIM appliqué à la gestion du sous-sol : De l'ouvrage au territoire

Le battement des ailes d'un papillon se répercutant en tempête – image issue de la théorie du chaos décrit une situation dans laquelle une petite action génère des effets énormes.

Bernd Domer
Professeur et responsable de l'institut inPACT à l'hepia, membre du conseil d'administration de Bâtir digital Suisse

Un tel battement d'ailes a eu lieu le 17 mars 2011. Ce jour-là, la Conseillère nationale Madame Kathy Riklin a formulé le postulat 11.3229 suivant :

« Je charge le Conseil fédéral de présenter dans un rapport :

1. Comment l'exploitation du sous-sol est réglée juridiquement sur les plans national et cantonal ;
2. Quels moyens et quelles stratégies permettraient d'améliorer l'exploitation durable du sous-sol en Suisse. »

Tout à coup, une zone peu présente dans l'esprit des citoyens a été mise en avant : le sous-sol. Pourquoi cet intérêt soudain autour d'un espace dont le rôle principal jusqu'à présent se limitait à la dissimulation de tout ce qui faisait mauvaise figure en surface : les déchets, les conduites, etc. ?

Avec la pénurie des terrains à construire et la densification des villes, le souterrain offre des perspectives intéressantes. A titre d'exemples, les énergies renouvelables nécessiteraient des installations décentralisées pour la gestion et l'implantation des smartgrids ; la géothermie a besoin de placer des sondes à des profondeurs importantes ; les infrastructures de transport occupent de plus en plus de place dans le sous-sol. Nous sommes uniquement au début de la réappropriation d'un espace important pour le développement de nos centres urbains.

La réponse à la première question de la Conseillère nationale révèle que la profondeur autorisée pour laquelle l'espace souterrain est exploitable par le propriétaire d'une parcelle n'est pas clairement définie : il peut utiliser son terrain jusqu'à la profondeur qui lui est utile, excepté pour l'exploitation des matières premières, qui sont soumises à autorisation.

2007

ILLUMINER L'OBSCURITÉ

WILD

DEPUIS 40 ANS

Voirie en 110 couleurs robuste, montage facile, durable

Depuis 2007, Wild Regel+Klärtechnik offre une large gamme de produits de voirie qui est conforme à toutes les exigences normatives et s'adapte aux préférences de couleur et besoins individuels. Qualité et fonctionnalité innovante sont prépondérantes.

Les avantages en 6 points:
Adaptable: voirie Color, 110 couleurs RAL
Sécurité: charges testées jusqu'à la classe F 900
Fonctionnalité: cadres réglables en hauteur selon besoin
Ergonomie: 65% des tampons et grilles sont articulés
Flexibilité: verrouillage possible même après pose
Variabilité: possibilité d'échange même après pose

Wild Regel+Klärtechnik AG · Buechstrasse 31 · 8645 Jona-Rapperswil
Tél. 055 224 04 00 · info@wildarmaturen.ch · www.wildarmaturen.ch

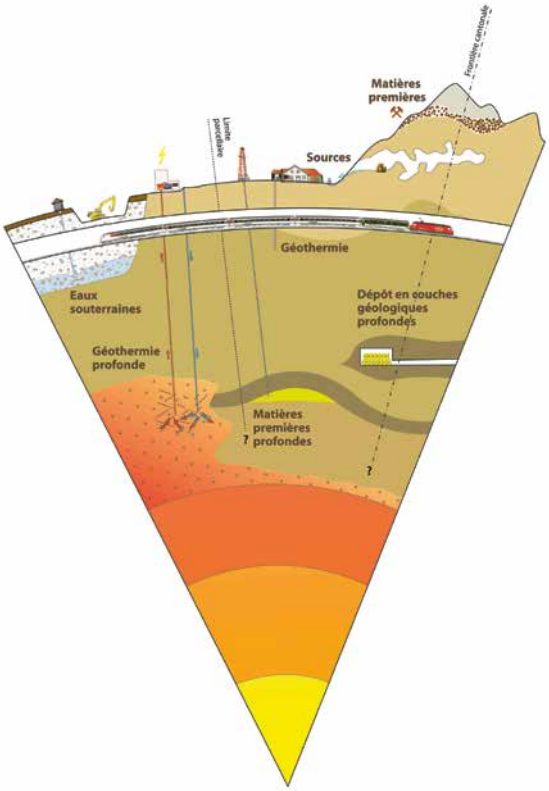


Figure 1 : L'exploitation du sous-sol, vision GEO CH (CHGEO – Association suisse des géologues, 2012)

La réponse à la deuxième question nécessite des réflexions plus vastes et « approfondies ». Le développement des stratégies d'exploitation durable du sous-sol impose une connaissance précise de la configuration actuelle de cet espace. Ce savoir passe à travers la structuration et la mutualisation des multiples bases de données ayant des formats et qualités diverses. Sont à considérer : les conduites pour les diverses alimentations en énergie, la géologie, les aquifères, les sondes géothermiques déjà mentionnées, les racines d'arbres, les passages souterrains, les galeries techniques, les tunnels, etc. La précision de la localisation de ces objets est faible. D'ailleurs, l'intégralité de l'information n'est pas garantie, même en générant une synthèse de toutes les données disponibles. Il est toujours possible de tomber sur des objets non répertoriés, des conditions de sol inattendues, etc.

Et comme si le sujet n'était pas encore assez complexe, la construction des bâtiments se trouve en constante interaction avec les objets souterrains. Les bâtiments utilisent cet espace pour des fondations, des parkings, des zones de stockage. Il faut les raccorder à des conduites existantes, comme les eaux claires et les eaux usées. Les bâtiments autosuffisants sur le plan énergétique doivent pouvoir mettre leur surplus à disposition d'autres consommateurs, via un réseau également enterré.

De nos jours, de plus en plus de bâtiments sont planifiés en utilisant la méthodologie de la maquette numérique. Il s'agit de l'expression française du terme building information modelling « BIM ». La force de cette méthode est qu'elle intègre toutes les données nécessaires pour la planification, la simulation, la construction et la maintenance d'ouvrages dans un seul modèle digital. Ce modèle peut être exploité par l'ensemble des acteurs utilisant divers logiciels spécialisés, le format d'échange interopérable, « IFC [1] » le permet.

Malgré le fait que le mot anglais « building » puisse se traduire non seulement par « bâtiment » mais également par « ouvrage », le format « IFC » ne modélise pour l'instant que la partie « bâtiment ». La prochaine version des IFC, les IFC 5, va élargir le champ d'application aux ouvrages, c'est-à-dire aux tunnels et très probablement aux ponts. Manque encore l'intégration des objets souterrains et des données territoriales.

La limitation des IFC's aux ouvrages se comprend, car d'autres standards pour la modélisation de notre environnement existent. Le format CityGML est beaucoup utilisé dans les systèmes d'in-

[1] IFC : Industry Foundation Classes

LAURENT
MEMBREZ
SA
VOIE FERRÉE
GÉNIE CIVIL
BÂTIMENT
«La sécurité
et le charme
d'abord!»
021 869 01 69
1123 Aclens
www.membrez.ch

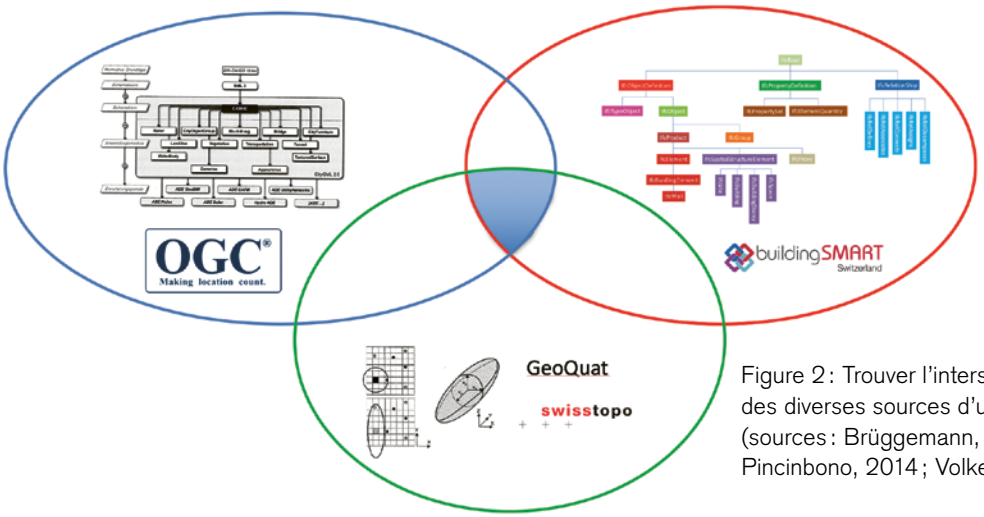


Figure 2 : Trouver l'intersection des données des diverses sources d'une qualité variable (sources : Brüggemann, 2015 ; Pincinbono, 2014 ; Volken, 2016)

formations géographiques (GIS en anglais). Nous avons donc deux mondes, d'une part les bâtiments (ou les ouvrages) avec une précision et une granularité élevée. D'autres part les installations souterraines, avec une moindre précision et une grande incertitude par rapport à l'intégralité de l'information.

L'exemple d'implantation d'un nouvel ouvrage dans l'environnement montre qu'une interaction entre les systèmes « BIM » et « GIS » s'impose. La situation actuelle est comparable à l'image d'un sous-marin (la partie basse ou sous bassement du bâtiment) qui doit naviguer dans une espace peu explorée (le souterrain). Le capitaine (le responsable du projet), qui ne peut pas regarder à l'extérieur, utilise pour sa navigation des cartes marines qui datent d'un siècle et trouve son chemin à l'aide d'une canne blanche (le sonar). Ceci est l'enjeu pour des projets d'envergure, nécessitant souvent des grands travaux souterrains : imaginons que la traversée du lac à Genève se fasse un jour, ou que l'extension de la gare Cornavin se construise sous terre. Même avec l'excellent système d'information territorial disponible à Genève (les SITG), il s'agit d'un défi de taille que de correctement évaluer et chiffrer tous les risques potentiels.

Pour une exploitation du sous-sol bien gérée, un modèle de données interopérable, intégrant « BIM » et « SIG » serait un grand pas en avant. La thématique est plus qu'actuelle et on peut trouver des informations en mettant le mot « Geo BIM » dans les moteurs de recherche. L'institut inPACT [2] est actif dans ce domaine. Nos premiers résultats laissent penser que l'expression GeoBIM ne va pas assez loin dans la vision d'un outil permettant de mieux gérer l'espace urbain. Nous aimerions ajouter l'expression « InfraBIM » au nombre croissant des mots-clés de la construction digitale.

[2] inPACT : Institut du paysage, de la construction et du territoire

Pour l'instant, il y a beaucoup à faire dans le domaine de l'« InfraBIM ». Nous ne sommes qu'au début de la convergence des systèmes « BIM » et « GIS ». Des travaux importants seront à investir pour améliorer la précision des modèles territoriaux actuels. Actuellement, l'accent doit être mis sur les éléments suivants :

– Identification et définition des champs d'applications, à quelle fin est-ce que nous aimerions utiliser un intégrateur BIM-GIS ? Il faut définir les cas d'application.

– Définition des informations nécessaires pour simuler les cas d'application identifiés. Quelles sont les relations entre les divers objets ? Comment réunir des données avec des granularités différentes ? Qui sont les acteurs ?

– Mise en œuvre d'un outil de diagnostic intelligent permettant l'analyse des interactions entre surface et sous-sol (BIM-SIG). Comment peut-on exploiter un tel système avec des analyses intelligentes ?

Les questions sont posées et l'association infra est félicitée pour avoir pris l'initiative de lancer la discussion autour de cette thématique pour sa journée.

BAUKADER SCHWEIZ
CADRES DE LA CONSTRUCTION SUISSE
QUADRI DELL' EDILIZIA SVIZZERA
CADERS DA CONSTRUCZIUN SVIZRA

Atelier 2018
«Signalisation correcte des chantiers»
Norme VSS/SN 640 886

Ce workshop étant très apprécié de toutes parts et suivi par de nombreux participants, nous avons décidé de l'organiser dans 5 cantons: VS, VD, NE, GE, FR.

Nos participants sont non seulement des conducteurs de travaux, chefs de chantier et contremaîtres, mais également des jardiniers, policiers, responsables des routes ou des centres d'entretien communaux et cantonaux. Tous ces domaines d'activités sont concernés par ce cours et peuvent en tirer de nombreux profits.

CAR
- le personnel du chantier est bien protégé et les conditions de travail sont optimisées
- les accidents sont évités
- un chantier correctement signalisé est une carte de visite de l'entreprise de construction!

FRAIS DE COURS
Fr. 410.– membre
Fr. 560.– non membre

ORGANISATION, RENSEIGNEMENTS ET INSCRIPTIONS
Cadres de la Construction Suisse
Rötzmattweg 87, 4600 Olten
Tél. 062 205 55 05, www.baukader.ch
annabritt.luescher@baukader.ch

DATES

Lundi	20.11.2017	Colombier NE
Lundi	22.01.2018	Posieux, FR
Mercredi	31.01.2018	Genève, GE
Lundi	26.02.2018	Bussigny, VD
Vendredi	09.03.2018	Martigny, VS

Nous proposons également ce workshop comme cours d'entreprise d'une journée.

Reconnu par Parifonds Bau!

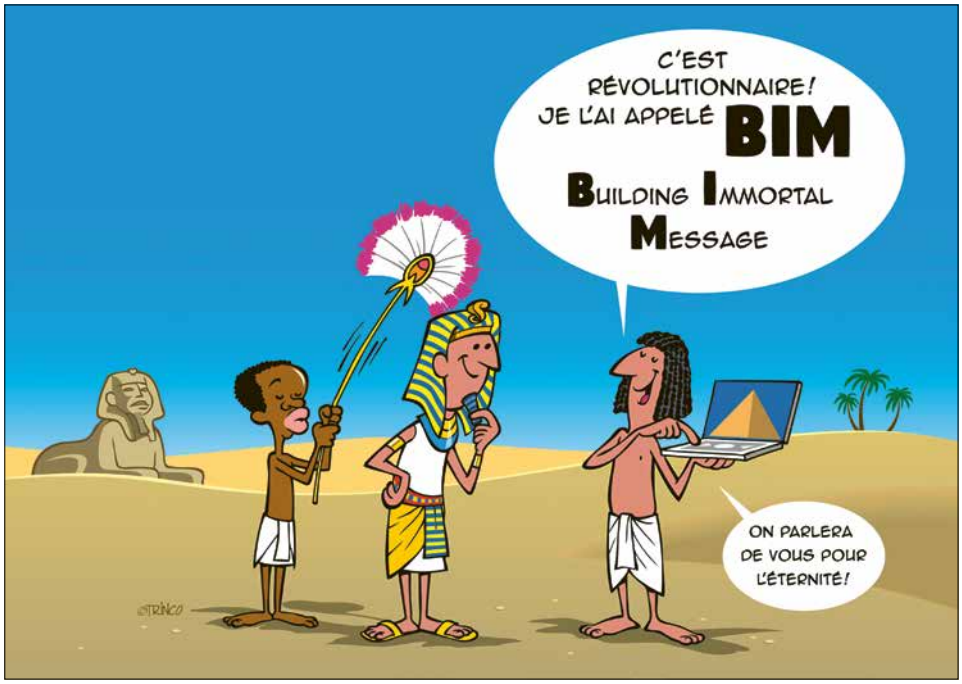
Bibliographie

Brüggemann, T. B. (2015). 3D-Stadtmodellierung: CityGML. Dans A. K. Borrmann, *Building Information Modelling – Technologische Grundlagen und industrielle Praxis (pp. 177–192). Wiesbaden: Springer.*

CHGEO – Association suisse des géologues. (2012). *L'utilisation du sous-sol géologique en Suisse: Recommandations de l'Association suisse des géologues CHGEOL en vue d'harmoniser le pouvoir de disposition, la détention des biens et les prescriptions d'utilisation.*

Pincinbono, G. (2014). Le modèle IFC. Dans O. L. Celnik, *BIM & Maquette numérique (pp. 431–443). Paris: Eyrolles.*

Volken, S. P. (2016). GeoQuat: Developing a system for the sustainable management, 3D modelling and application of Quaternary deposit data. *Swiss Bulletin for Applied Geology.*



Perspectives et ambitions du BIM pour les infrastructures : Le projet de la rocade L2 à Marseille

La rocade L2 de Marseille est un des tous premiers projets d'infrastructure en France qui a mobilisé une équipe de BIM Management. La modélisation 3D de l'ensemble des ouvrages sur les 11 km du parcours urbain a autorisé son utilisation en revues de maquette (synthèse) mais aussi en revues de conception (projet).

Pierre Benning
Directeur Informatique Technique
chez Bouygues Travaux Publics

Le BIM est devenu, entre autres choses, un outil de support de décisions incontournable, mettant chaque intervenant devant ses responsabilités. Aujourd'hui, à l'aube de la livraison du projet et de son ouverture complète à la circulation, il reste, malgré tout, des freins à l'utilisation du BIM par l'ensemble des acteurs. Mais les progrès accomplis sont vraiment significatifs et les résultats représentatifs des immenses possibilités de ce nouvel environnement de travail collaboratif.

De nos jours encore, la décision de mettre en œuvre une démarche BIM sur un grand projet d'infrastructure est un pari décisif. Dans le cas du projet de l'autoroute urbaine A507 à Marseille, appelée Rocade L2, la volonté de la Direction de Projet a été exprimée avec beaucoup de conviction, dès la signature de l'ordre service de travaux en 2014.

Le projet

L'autoroute A507 à Marseille, appelée Rocade L2, est une infrastructure urbaine gratuite commencée dès les années 90, mais non aboutie. Afin de finaliser ce projet d'infrastructure important pour désengorger le centre-ville de Marseille, l'état a signé un partenariat public-privé avec le groupement « GIE L2 » piloté par Bouygues Construction. Ce groupement est composé, côté constructeurs, des sociétés Bouygues Travaux Publics, COLAS, SPIE Batignolles, et, côté ingénieries, des sociétés du groupe EGIS et de nombreux bureaux d'étude. Ce groupement a en charge la réalisation et la mise aux nouvelles normes, ainsi que la maintenance et l'exploitation de l'autoroute pendant 30 ans.

De près de 11 kilomètres, elle reliera l'A7 au Nord et l'A50 à l'Est. La complexité géométrique du tracé est avant tout liée au contexte du projet :

RITTERKREATIV, Bern

Aeschlimann

NOUS REMUONS
CIEL ET TERRE…
POUR VOUS
GARANTIR
UN PARFAIT
REVÊTEMENT!

AESCHLIMANN SA WTCL • Avenue Gratta-Paille 2 • CH-1018 Lausanne • www.aeschlimann.ch • 021 943 53 77

Figure 1 : Tracé de la rocade L2 à Marseille

– La portion Est : des travaux commencés dans les années 90 et inachevés, contraignent fortement le tracé ; l'évolution des réglementations entrainent certaines modifications de la conception.

– La portion Nord : les travaux seront réalisés entièrement dans un corridor réservé à cet effet, dans un environnement urbain particulièrement dense où la circulation est déjà difficile.

Les objectifs et les enjeux du BIM

A la suite de quelques expérimentations convaincantes sur des projets linéaires moins sensibles, la Direction de Projet de la Rocade L2 a pris la décision ambitieuse de mobiliser une équipe de BIM Management, alors que ce n'était en aucun cas une obligation contractuelle, afin de définir quelques objectifs à atteindre à l'aide des technologies numériques ; à savoir :

– Valider la géométrie complexe due à l'environnement et aux levés de réserve de l'état ;

– Assurer la cohérence des données livrées par les nombreux bureaux d'étude impliqués ;

– Garantir le bon déroulé de la réalisation des travaux en simulant virtuellement certains phasages de construction, réalisés sous circulation ;

– Utiliser la maquette numérique pendant les revues de conception, comme système d'aide à la décision ;

– Communiquer avec les services de l'état, les élus et les riverains, en montrant l'impact des travaux sur le quotidien des usagers.

i·m·p

Surveillance
des vibrations
Construire
en milieu urbain?

La surveillance, l'enregistrement
et l'alerte automatiques des niveaux
de vibrations

- **protègent les bâtiments voisins**
- **permettent d'établir les causes et responsabilités**
- **réduisent les risques et coûts en cas de litige**

IMP Bautest SA
Institut d'essai de matériaux,
conseils techniques et analyse chimique
Route de Fribourg 71
CH-3280 Morat
info@impbautest.ch
www.impbautest.ch

infralab

Relevé d'état des chaussées
Mesures de réception

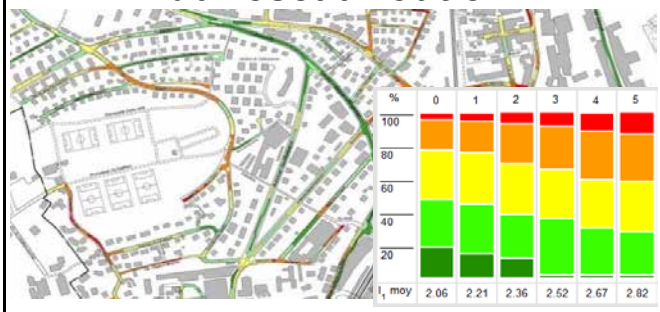
ARAN - Automatic Road ANalyser

Imagerie 360°

Image sphérique 32 Mpx (8K)
Images environnantes 5 Mpx

Détection de panneaux de signalisation
InfraVision - application web
Anonymisation des images
Orthophotos

PMS - Gestion de l'entretien du réseau routier



www.infralab.ch

La maquette PRO (Projet)

Durant toute la phase d'étude, une équipe mixte ingénieriste-constructeur s'est réunie très régulièrement afin de définir les règles, les protocoles, les découpages du projet (découpage spatial et découpage en système), les instructions de projet du Plan d'Assurance Qualité, et aider les équipes du projet dans la mise en œuvre du BIM. Pour motiver les équipes de production, il a fallu identifier et préciser des utilisations directement concrètes. Un des meilleurs exemples est l'utilisation de la Maquette Numérique en phase d'avant-projet comme visite virtuelle pour préparer l'audit de sécurité, ce qui a constitué d'ailleurs une première auprès des services de l'Etat (GRA).

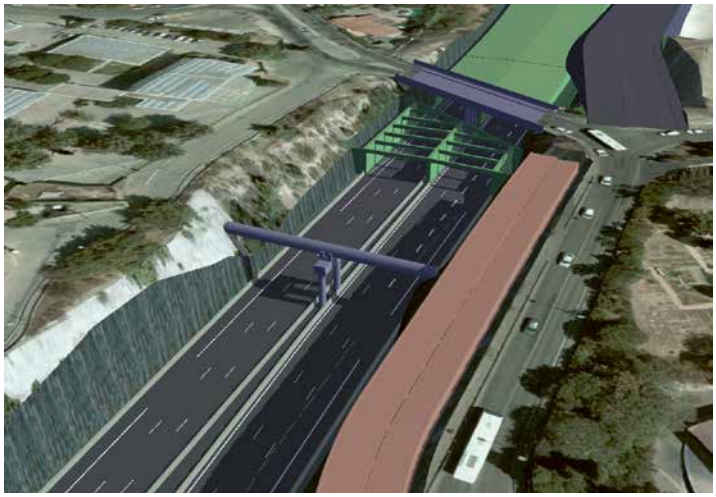


Figure 2 : Une meilleure compréhension de l'imbrication des ouvrages (Source GIE L2)

Une autre évidence fut l'apport de bénéfices considérables pour la synthèse (Figure 2) et la coordination 3D, en particulier en compréhension et en précision des incohérences identifiées (Figure 3).

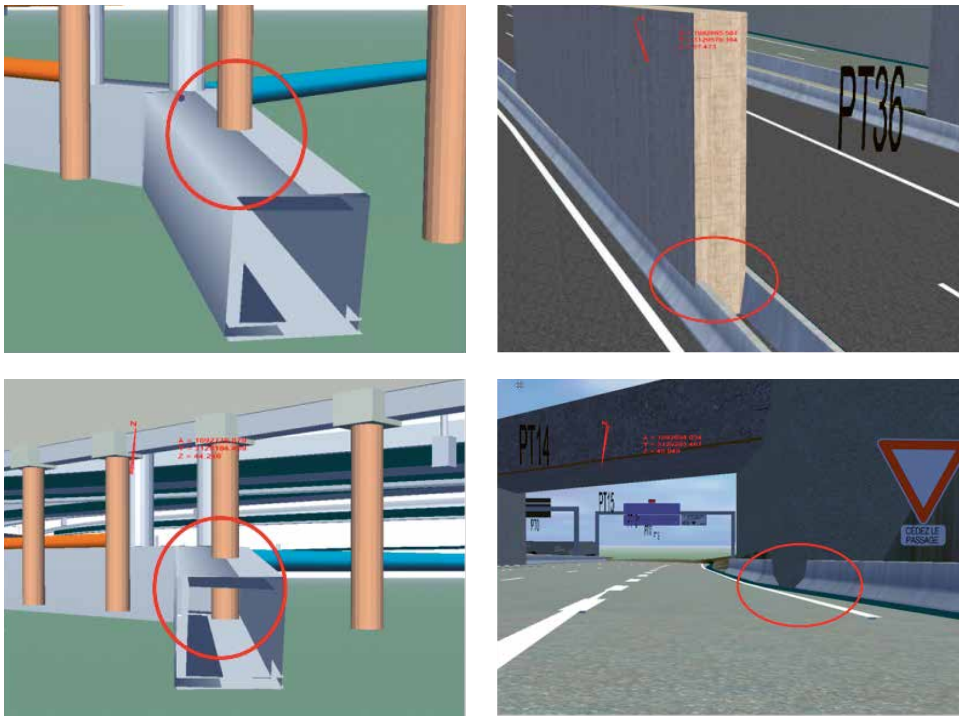


Figure 3 : Synthèse menée sur le projet L2 grâce à l'outil d'intégration VirtualMap (source Egis)

La maquette EXE (Exécution)

La maquette EXE est, en théorie, la continuité de la maquette PRO. Elle est censée s'appuyer sur les données de la phase précédente, dont la structuration est orientée conception, c'est-à-dire « ouvrages finaux ». Mais la phase EXE, quant à elle, doit détailler les modes constructifs et donc découper les ouvrages en plots élémentaires correspondants au phasages des travaux. Les données EXE sont alors orientées « construction ».

Pendant la phase EXE, une nouvelle équipe BIM, rattachée à la direction technique du GIE L2-Constructeurs et intégrée à la cellule synthèse, re-travaille les données existantes (DCE et PRO) afin de les rendre cohérentes avec les méthodes de construction, modélise en 3D les données livrées en 2D (Figure 4), puis complète ou corrige les données 3D ambiguës. La maquette globale est alors un assemblage de modèles réalisés au moyen de plusieurs logiciels (Autocad, Civil3D, Inventor, Novapoint, Revit…) qui sont loin d'être tous orientés « objets », agrégés dans VDC (de l'éditeur Vianova).

L'analyse de la cohérence des données nécessite des connaissances techniques et réglementaires poussées (visibilité, gabarit, contrainte autoroutière, couverture autour d'un réseau…), et pour cela, l'équipe BIM s'appuie sur des experts présents sur site. L'équipe BIM est garante de la cohérence des données intégrées dans la maquette (Figure 5), mais en aucun cas responsable de la conformité de la conception vis-à-vis des règlementations en vigueur.

Figure 4 : Représentation des réseaux d'assainissement (plans 2D « remontés » en 3D)

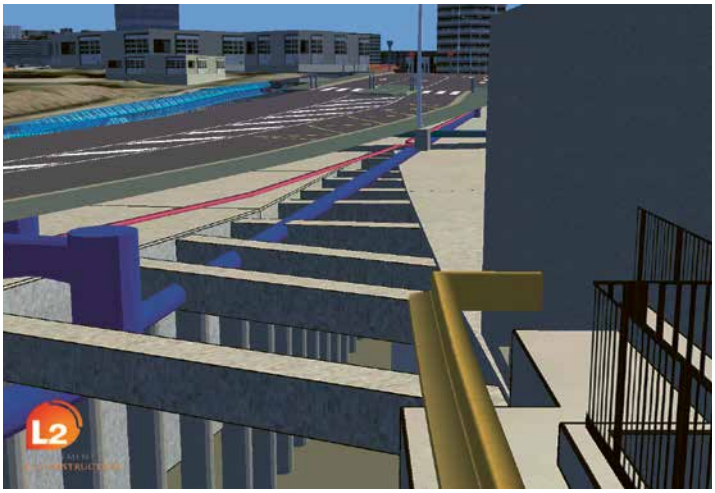


Figure 5 : Interférences entre réseau d'assainissement et le génie civil de la Tranchée couverte Ste Marthe

Il est évident que toute cette modélisation 3D a bien d'autres usages que la mise en cohérence des livrables. La facilité de compréhension des ouvrages à construire au moyen d'une visualisation commune partagée a conforté la Direction de projet à utiliser cette maquette complète comme support d'aide à la décision. Pour cela, il fut d'abord impératif de prouver que les données intégrées dans la maquette étaient fiables et représentatives de la conception (conformes aux plans validés en GED).

Revue de conception à l'aide de la maquette

Pendant la revue de conception, qui réunit l'ensemble des intervenants, le BIM Manager présente l'état d'avancement de la conception et de la construction, en naviguant au sein du projet virtuel. Au fur et à mesure de l'avancement dans la maquette, chaque personne présente peut stopper la navigation afin de signaler un problème rencontré, une inquiétude ou une incertitude : un écart entre la conception et la réalisation, ou un accès de maintenance semblant non adapté (en présence du contexte global autour de l'équipement considéré) …, dont quelques exemples sont illustrés ci-dessous.

Un problème lié à la distance de visibilité des panneaux de signalisation en fin de virage a été identifié pendant la revue (Figure 2) : la prise de mesure instantanée a levé le doute immédiatement.

Figure 6 : Distance de visibilité Tranchée Couverte Ste Marthe

Figure 7 : Simulation circulation en tunnel

Sur son trajet, un usager de la route doit toujours voir au moins une rampe de FAV (Feux d'Affectation des Voies). Une zone non conforme a été détectée dans la maquette (Figure 7), ce qui a permis de reprendre le plan d'implantation définitif, avant même la mise en place des équipements sur site.

Lorsqu'une incohérence est détectée, une décision est alors prise immédiatement, et notifiée dans le compte rendu avec son plan d'action associé (qui, quand, comment), et un fichier BCF (BIM Collaboration Format) généré pour informer les contributeurs de la maquette. Le compte rendu est évidemment suivi et repris d'une réunion à l'autre pour vérifier que les points identifiés ont bien été traités et résolus. La maquette ici n'est qu'un support à la décision pour faire une analyse globale des écarts et avancements Conception-Exécution-Réalisé. Une analyse complète peut être nécessaire après la réunion, afin de vérifier les impacts sur les autres disciplines éventuellement impactées, sur le planning ou les coûts engendrés.

Conclusion

La détermination des intervenants du projet de la Rocade L2 à Marseille a démontré la pertinence d'un environnement de travail collaboratif. Il permet d'identifier très en amont de certaines incohérences de conception et les informations non fiables. Il autorise des prises de décision basées sur des données synthétiques sans interprétation hasardeuse. Il permet d'établir la notion d'acceptabilité avec les élus ou les usagers, au travers d'une communication vulgarisée et compréhensible. Il permet enfin d'instituer un cadre de confiance entre les partenaires du projet, qui œuvrent alors ensemble vers la réussite du projet global et non plus pour leur propre intérêt.

Le projet de la Rocade L2 à Marseille demeure une expérience convaincante, et s'impose dès aujourd'hui comme une référence BIM majeure dans le secteur de la construction d'une infrastructure routière urbaine en France.

Dès maintenant appliqués sur les grands projets d'infrastructure, parce que cela devient contractuel ou simplement portés par la volonté d'une direction de projet convaincue, la maquette numérique et les processus BIM sont en plein développement et offrent de nouvelles perspectives techniques, dont les limites semblent inimaginables. Les outils de modélisation progressent, les agrégateurs de données montrent enfin leur possibilités, les normes autorisent des classifications « systèmes », les plateformes d'échange permettent de faire du vrai travail collaboratif, voire concomitant. Mais les processus à développer et à fiabiliser pour entrainer l'ensemble des acteurs, les efforts pour mobiliser la chaîne de valeur complète de la profession, le développement des formats interopérables (les IFC-Infra sont en actuellement en cours de définition), sont encore des challenges immenses. Que ce soit pour faire de la synthèse de conception ou des revues techniques de conception, seuls l'implication de tous et la confiance des acteurs dans les données exposées, permettront un bon usage de cette technologie, qui semble inéluctable tant les progrès sont rapidement visibles et notoires. Mais attention toutefois, la connaissance technique du métier de la construction doit être maîtrisée par

vonRoll hydro

SUISSEROLL
Nouveau produit de l'assortiment
D400 – E600

SILENCIEUX. PERMÉABLE À L'AIR. ANTIDÉRAPANT.
La nouvelle famille de produit SUISSEROLL avec les cadres FIX ou NIVROLL a été spécialement développée pour vos besoins.
Grâce à sa surface antidérapante en fonte ductile et/ou en béton, ses rainures d'aération, ses trous de poignée et de clé permettant une manipulation aisée, son verrouillage rapide avec serrure, son joint d'isolation phonique et concept d'étiquetage personnalisable, SUISSEROLL établit de nouveaux standards dans les classes de charge D400-E600 selon DIN EN 124.

vonroll-hydro.com

l'équipe de BIM Management. Cette équipe n'est absolument pas une bande de «geeks» ou de gestionnaires de données. Ils doivent savoir émettre des doutes, savoir communiquer avec le bon vocabulaire sur les incohérences identifiées, afin de prouver leur crédibilité, leur valeur-ajoutée et leur rôle dans l'édifice. Il leur faut être bon communicants et force de proposition. Il faut qu'ils soient encadrés et pilotés par des experts, car le périmètre des connaissances nécessaires pour tout projet d'infrastructure est vaste, et souvent très différent d'un type de projet à l'autre. C'est cette accumulation d'expertises qui permet d'instaurer la confiance indispensable à la prise de décision au moyen d'une maquette 3D structurée, parfaitement renseignée et en permanence à jour.

Alimenter une maquette BIM avec les infrastructures

Alimenter une maquette BIM avec la partie « infrastructures » nécessite tout d'abord d'avoir un logiciel adapté, c'est-à-dire qui ne se contente pas de dessiner mais qui modélise. Cette différence est primordiale. La bonne nouvelle, c'est qu'il s'agit souvent d'un logiciel déjà en place dans l'entreprise, mais pas forcément exploité comme le BIM va l'exiger.

Jérôme Tognini
Ingénieur civil Polytech France,
Directeur Geomensura SA

Le simple dessin DAO, 2D voire 3D, n'est pas suffisant pour travailler en BIM. La planche de dessin électronique est condamnée à terme. Cela ne signifie pas que les plans électroniques ou papiers sont bannis : les plans d'exécution nécessaires sur le chantier auront encore leur utilité, ils seront cependant issus d'une extraction de la maquette : d'une maquette 3D documentée seront extraits les plans nécessaires, conformes au normatif de présentation exigé.

Pour alimenter une maquette BIM, il faut modéliser les infrastructures grâce au logiciel « métier »

– Pour les bureaux d'ingénieurs Civil, en amont, lors des phases de conception. Il s'agira de modélisations successives qui seront modifiées au fur et à mesure de l'avancée de l'étude, et de son niveau de Level Of Detail (ou ND) ;

– Pour les entreprises, il s'agira de réaliser une maquette d'exécution ou de « As Build » (Document d'Ouvrages exécutés).

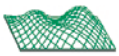
Thématique INFRA		DESSINER	MODELISER
topographie **terrain existant** **environnement existant**		fond de plan (points, textes et lignes) Profils à calculer et construire un par un report des sondages	récupération automatique et triangulation création de MNT et couches géologiques Profils automatiques
Projet **plate-formes, voiries** **calculs de terrassements**		dessin en 2D . Calculs à la main longs et complexes Profils à calculer et construire 1/1 contrôle constant manuel du normatif	saisie de plate-formes gestion des structures, talus Calculs D/R et optimisations, phasages géométries normatives Profils automatiques
Projet **réseaux humides & secs** **enterrés**		dessin en 2D, symboliques de réseaux chartes de dessin. Gestion de la 3D difficile (croisements) profils longs et complexes à dessiner mise à jour difficile	dimensionnements et calcul des réseaux modélisation 3D attibutaire 3D des réseaux , Bdd intégrées vérifications normatives, quantités alertes croisements Profils automatiques et intéractifs
Signalisation verticale et **horizontale**		Dessin fastidieux modifcations non automatiques	modélisation automatisée suivant la norme quantités véhiculé dans la maquette BIM
mobilier urbain **éclairage public** **équipements** **OBJETS**		dessin en 2D (Bloc) dessin en 3D (bloc 3D)	modélisation , correspondance 2D/3D attributaire , véhiculé dans la maquette BIM métré automatique

Figure 1 : La modélisation des infrastructures, suivant les thématiques, différence entre dessiner et MODELISER

TO BIM OR NOT TO BIM ?

Avec les progiciels métiers **MENSURA,** la question ne se pose pas.

Le BIM est l'affaire de tous, parlons-en !

GEOMENSURA
CONCEPTEUR & ÉDITEUR DE LOGICIELS POUR L'INFRASTRUCTURE

Membre Mediaconstruct buildingSMART France home of openBIM

NOUVELLE VAGUE - Crédits photos : Istock

www.geomensura.fr
contact@geomensura.com

Tél. +33 (0)2 40 16 92 60

Ces données sont ensuite exportées vers le logiciel de révision de projet (ou review) qui n'a aucune spécialité métier, mais sait agréger les éléments 3D documentés issus des différents logiciels (détection d'éventuels conflits ou incohérences). Des annotations directes permettent de rapatrier les « réserves » au sein des logiciels « métier » et de localiser les modifications nécessaires. On procède ainsi en aller-retour.

Pour l'illustrer « concrètement », nous proposons deux exemples.

Les infrastructures et le bâtiment, le relier à son environnement, parlons de CIM …

Un bâtiment se connecte à son environnement, son espace urbain. Pour poser ce bâtiment, des travaux de terrassement sont nécessaires, quelquefois complexes (étude méthodes). Autour du bâtiment sont prévus des voies d'accès (parkings, chemins piétons …), des espaces verts et aménagements divers. Le bâtiment est lui-même connecté à l'espace urbain par des réseaux enterrés (évacuation des eaux claires, usées, distribution d'eau potable, d'énergie, télécom, fibre, éclairage …).

Ces infrastructures sont modélisées autour du bâtiment puis envoyées dans la maquette.

Les infrastructures et les ouvrages de Génie Civil

Alimenter une maquette BIM en infrastructure, c'est aussi accompagner la réalisation d'un ouvrage d'art ou de génie civil. Il peut mettre en lumière la méthode d'exécution retenue par l'entreprise pour réaliser l'ouvrage, dans sa globalité (excavations, béton armé, équipements, remblaiements).

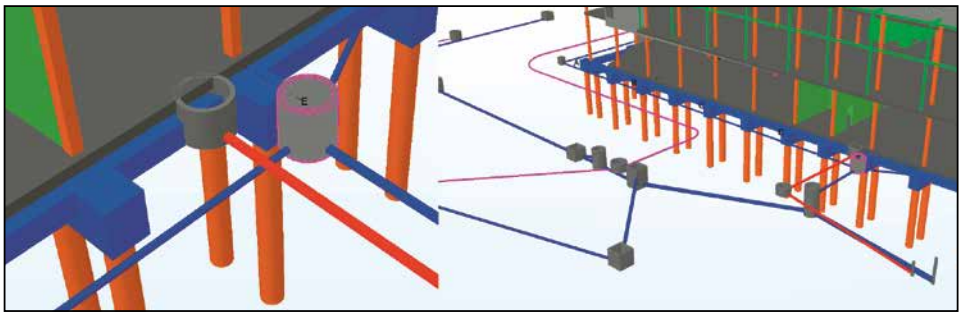


Figure 2 : Réseaux enterrés modélisés puis agrégés dans la maquette globale, où figure le bâtiment

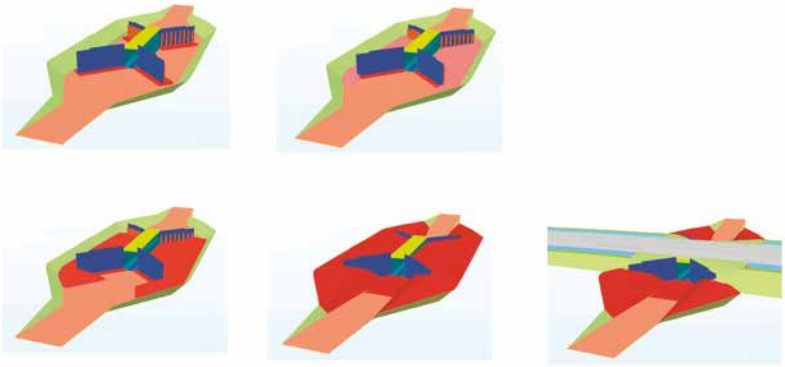


Figure 3 : Gestion des phases successives d'excavation et de remblaiement. Deux logiciels distincts alimentent la maquette : Revit pour l'ouvrage en béton armé, Mensura pour les terrassements.

Comment faire le pas vers la méthode BIM pour une entreprise

Le digital transforme notre quotidien. Aujourd'hui le digital transforme et bouleverse les codes en vigueur dans l'industrie de la construction et des travaux publics. Nous assistons à un phénomène déjà vécu par les différents acteurs de la filière dans les années 80–90, lorsque la micro-informatique et les premières solutions logicielles métiers sont arrivées sur le marché. A cette époque la peur du changement était déjà perceptible.

Yvan Personnic
Président de So.build

Accepter la transformation numérique

La mutation est en marche pour les entrepreneurs de la construction. Les nouvelles technologies du digital, les solutions logicielles ainsi que les nouvelles méthodes de travail seront et sont déjà des axes de compétitivité pour les entrepreneurs qui suivront cette mutation. Le BIM est un nouveau processus de travail qui va se généraliser dans les prochaines années.

La 3D porte d'entrée du BIM dans l'entreprise

Les logiciels métiers (Mensura Genius, Covadis, Civil 3D, Baubit …) que vous utilisez au quotidien sont des outils de modélisation, de simulation permettant de concevoir et de visualiser les projets en 3D. En utilisant ces logiciels vous avez déjà franchi un pas vers la maquette numérique. Bien entendu la démarche collaborative BIM nécessite de mettre en place des processus de transformation des méthodes ainsi que le développement de nouvelles compétences et processus dans l'entreprise.

Franchir le cap !

Pour que l'intégration du BIM soit une réussite dans l'entreprise, celle-ci doit émaner de la volonté de ses dirigeants leader de la démarche.

Le chef d'entreprise doit porter le projet pour lui donner du crédit. Il doit également être capable de mobiliser les managers et responsables de services. Le chef d'entreprise en chef d'orchestre doit donner les moyens d'accéder à la culture et codes de bonnes pratiques du BIM afin de consolider le socle de connaissance et entraîner les collaborateurs dans une dynamique positive. Il s'agit en aucun cas d'imposer le BIM en force dans l'entreprise mais de suggérer que le BIM est l'affaire de tous.

Elaborer un plan stratégique vraiment dédié au BIM

L'entrepreneur qui souhaite faire évoluer ses équipes vers le BIM doit nécessairement se poser les bonnes questions et valider les marqueurs qui sont autant de signaux de la réussite du projet.

SA Fraisage Chaussées

www.belafra.ch

BELAFRA

Votre partenaire pour tous vos travaux de fraisage dans la construction routière

Wydengasse 6 - 2557 Studen - T 032 374 45 55 - F 032 374 45 56 - info@belafra.ch

Engins Routiers SA

www.belapool.ch

POOL

Votre partenaire pour la location de finisseurs et de rouleaux avec opérateurs

Wydengasse 6 - 2557 Studen - T 032 374 45 55 - F 032 374 45 56 - info@belapool.ch

Le BIM vecteur de croissance pour l'entreprise

Sur des marchés concurrentiels très forts, le BIM permet d'améliorer le résultat des projets tout en augmentant leur qualité. Le BIM permet également, un raccourcissement des délais d'exécution en entrainant des gains de productivité.

Les avantages d'un projet réalisé en BIM

A tous les stades d'un projet de construction, le BIM offre des avantages. Le travail collaboratif permet ainsi d'améliorer la cohérence, la précision dans toutes les phases du projet et par conséquence d'éviter les improvisations pendant la phase de chantier.

Quelques avantages qu'offre le BIM

Phase définition du projet
– Qualité de conception / réalisation
– Performance du bâtiment

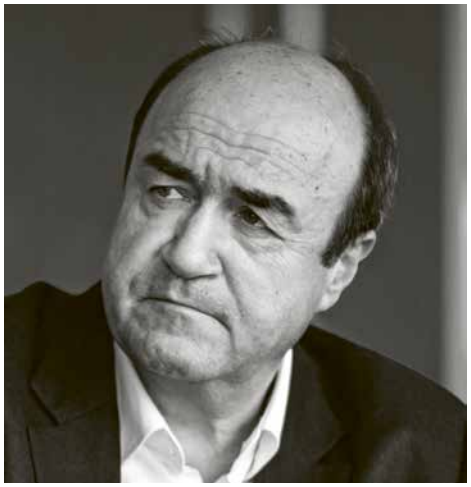
Phase conception du projet
– Productivité
– Cohérence
– Livrable Maquette numérique

Phase réalisation du projet
– Réduction des incohérences et malfaçons
– Communication de chantier

Phase exploitation du projet
– DOE & DIUO numériques (Carte Vitale du Bâtiment)
– Exploitation du bâtiment
– Carnet numérique de suivi et d'entretien du logement

Ingénierie et construction : Le défi des grands ouvrages avec le 3ème pont sur le Bosphore.

Au travers de l'exemple de la construction du troisième pont sur le Bosphore, nous apportons notre vision de modeste acteur Suisse dans ce monde de l'ingénierie des grands ouvrages d'art.



Jean-François Klein
Dr es sc. Tech, Ing. civil EPFL,
administrateur de T-engineering intl SA

De par le monde, de nombreux grands ouvrages sont en projets ou en construction. Des ouvrages ou des ensembles d'ouvrages de plus en plus imposants, ambitieux dépassant souvent toutes les limites atteintes à ce jour. Quel avenir pour ces ouvrages, quels défis techniques et organisationnels vont de-voir être relevés pour en assurer la construction ?

Le concours pour le troisième pont sur le Bosphore

Fin février 2012, le KGM (Ministère des transports de Turquie) publiait les documents d'appel d'offres pour la concession de l'autoroute Nord Marmara, comprenant la conception et la construction du troisième pont sur le Bosphore (Yavuz Sultan Selim Bridge).

Reliant l'Europe à l'Asie, le pont principal est appelé à devenir une structure emblématique et exceptionnelle, une nouvelle icône de la région d'Istanbul. Pour un tel symbole, les autorités ont clairement exprimé leur souhait de construire un ouvrage à haute valeur architecturale en dépit des contraintes fonctionnelles exceptionnelles que devra satisfaire le nouveau franchissement.

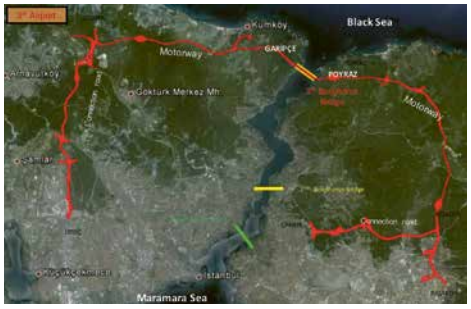


Figure 1: Situation du projet autoroutier et du troisième pont sur le Bosphore

La collection géotextiles :
une diversité
surprenante
SYTEC vous propose le plus grand choix de géotextiles pour toutes les applications possibles ainsi que des conseils avisés allant du dimensionnement à la pose dans les règles de l'art.
SYTEC
GEOPRODUCTS
www.sytec.ch

Les exigences principales du concours peuvent se résumer en 5 points :

- Compte tenu de la largeur de sécurité nécessaire pour le chenal de navigation, la portée minimale requise est fixée à 1275 m.
- Le pont doit permettre le passage de 2 fois 4 voies de circulation en plus de 2 voies ferrées et 2 trottoirs principalement utilisés pour l'accessibilité et la maintenance.
- Le pont doit être un pont suspendu.
- L'esthétique est un facteur essentiel. Le pont doit s'inscrire dans la ligne architecturale des deux ponts existants traversant le Bosphore au centre-ville d'Istanbul.
- Le pont doit être achevé en 36 mois, après 6 mois de projet et de préparation.

Conception générale

Arriver à combiner ces contraintes dans une structure élégante et efficiente a été un incroyable challenge. Un concours de 6 semaines durant lesquelles de concert avec Michel Virlogeux nous avons redoublé de créativité et d'esprit innovant pour mettre sur plans un projet et un design à la hauteur technologique et architecturale du symbole qu'il est destiné à devenir. Un exercice d'autant plus périlleux qu'aucune donnée de base sur les conditions géotechniques ou encore sur les sollicitations de vent n'étaient à disposition.

Le deux ponts existants (construits à 10 années d'intervalle) ont été clairement choisis pour leur élégance et leur finesse. Ils ont été directement inspirés du pont suspendu du Severn qui venait d'être construit avant le premier et qui a révolutionné la conception de ponts suspendus en présentant un tablier profilé aérodynamique sous forme d'un caisson unique orthotrope de l'ordre de 3,50 m de hauteur statique. Un véritable fil traversant le Bosphore, une structure extrêmement simple et sobre dont l'élégance et la légèreté s'exprime au travers de sa finesse.

Ce fut notre principale inspiration qui nous a immédiatement conduit vers un concept de caisson orthotrope profilé de faible hauteur. Mais le troisième pont doit assurer le passage de deux lignes ferroviaires, ce qui est une différence fondamentale avec les deux premiers. L'impact des charges de trafic lourd sur une structure aussi souple est déterminant. Si dans un pont routier traditionnel (suspendu) le ratio entre le poids propre du tablier et les surcharges de trafic est de l'ordre de 25 %, il est de plus de 60 % dans le cas du Bosphore, compte tenu du nombre de voies de circulation et de la présence du train.

Figure 2 : Premier pont sur le Bosphore – un ouvrage à la pointe de la technologie à sa construction.

En fait, il y a très peu de ponts suspendus ferroviaires à longue portée dans le monde entier (environ 8). Le plus long étant le Tsing Ma Bridge à Hong Kong avec une portée de 1345 m.

Les conditions d'exploitation d'une ligne ferroviaire imposent une limitation stricte des pentes longitudinales et transversales, ainsi que des rotations localisées à l'extrémité de l'ouvrage au droit des joints, ceci pour assurer l'intégrité des rails. Pour ce faire, une rigidité d'ensemble est requise pour la structure, afin de répartir au mieux les lourdes charges des convois sur une grande longueur et limiter les déplacements relatifs.

Dans tous les ponts existants, l'exigence forte de rigidité a été systématiquement réalisée en ayant recours à des treillis à deux niveaux de grande hauteur (12–15 m) supportant le trafic routier au niveau supérieur et le trafic ferroviaire au niveau inférieur. Si cela permet également de limiter la largeur de l'ouvrage, il en résulte malgré tout une structure extrêmement lourde et inélégante qui à nos yeux était loin de pouvoir répondre aux exigences architecturales exprimées par les autorités.

Pour résoudre ce problème tout en maintenant un caisson profilé de faible hauteur avec l'ensemble du trafic sur un seul niveau, nous avons recherché la rigidité dans l'ensemble de la structure plutôt que dans le tablier et notamment dans le système de câblage. L'adjonction de câbles de rigidification dans les deux premiers tiers de la portée principale et la limitation de la partie suspendue pure à environ un tiers de la portée a été la réponse adéquate à ce problème. L'efficacité structurelle est redoutable avec des déplacements réduits d'un facteur 3 par rapport à un pont suspendu traditionnel à deux niveaux de portée équivalente et une stabilité naturelle au séisme et aux effets du vent nettement accrue.

Un travail architectural soigné sur la géométrie des pylônes avec des branches inclinées, sans entretoise sur la hauteur a également permis de positionner les câbles principaux dans un plan vertical séparant les chaussées routières des voies de chemin de fer centrales et de jouer avec la position relative des câbles de rigidification entre l'extérieur du tablier sur la travée centrale, et le centre sur les travées de rive. Cet effet souligne le passage du détroit et ouvre la visibilité sur le Bosphore et la ville d'Istanbul pour les utilisateurs, tout en prodiguant des effets visuels de moirés à l'approche et à la traversée de la structure.

Nous avons proposé d'augmenter la portée de l'ouvrage à 1408 m afin de rester sur les rives avec les pylônes, soupçonnant la présence de roches de très bonnes qualités dans ces zones. Malgré le surcoût d'une telle modification cela évitait la construction de fondation offshore et donc limitait les risques d'aléas, les impacts écologiques dans le Bosphore, l'interaction avec le trafic maritime et surtout assurait une maîtrise des coûts et du planning.

L'ensemble de ces mesures proposées durant le concours ont abouti à un concept inédit de pont suspendu à haute rigidité présentant une dynamique et une esthétique aboutie qui s'intègre parfaitement dans le site. Rares sont les ouvrages de génie civil de grande envergure qui rassemblent à la fois une efficacité structurelle optimisée de la sorte.

Figure 3 : Yavuz Sultan Selim Bridge, après inauguration en août 2016

Dimensions principales

Les sondages géotechniques effectués à l'automne 2012 ont confirmé nos suspicions et ont démontré l'excellente qualité de la roche en bordure du détroit et ont ainsi confirmé la pertinence de l'allongement de la portée à 1408 m. Les fondations des deux pylônes ont pu ainsi être construites à sec, sans enceinte provisoire, et ce à moins de 15 m du bord de mer. Un gain de temps et d'argent considérable.

Les pylônes ont une hauteur de 329,9 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Cela en fait les pylônes en béton les plus haut du monde. Par rapport à un pont suspendu traditionnel de même portée, la hauteur des pylônes est nettement plus importante, ceci pour apporter de l'efficacité aux haubans et augmenter la rigidité d'ensemble.

La portée principale de 1408 m est divisée en cinq zones. Une partie centrale purement suspendue, deux zones de transition avec un câblage mixte permettant une transition progressive de la rigidité et deux zones latérales supportées par les haubans de rigidification directement depuis les pylônes. Cette disposition permet d'accompagner et de répartir les déformations relatives de l'ouvrage sous les charges lourdes par une rigidification progressive de la structure.

La conséquence directe d'un tablier profilé de faible hauteur est évidemment sa largeur. Pour assurer le passage de deux fois 4 voies d'autoroute, de 2 voies de chemin de fer et de 2 trottoirs sur un seul niveau, la largeur du tablier est poussée à 58,50 m, ce qui en fait également un record pour un caisson monolithique. La hauteur du profil au centre est de 5,35 m. Sur une portée de 1408 m, il se présente ainsi comme un véritable fil traversant le détroit à plus de 80 m de hauteur.

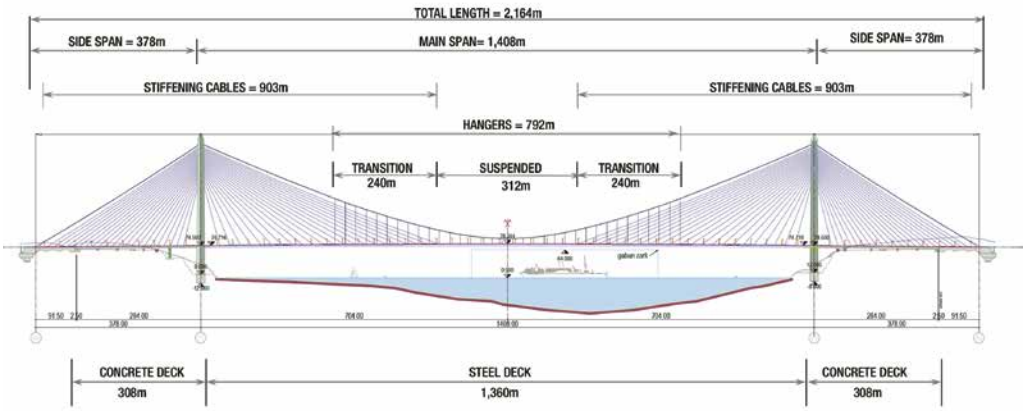


Figure 4 : Elévation géométrie globale de l'ouvrage - définition des zones structurelles

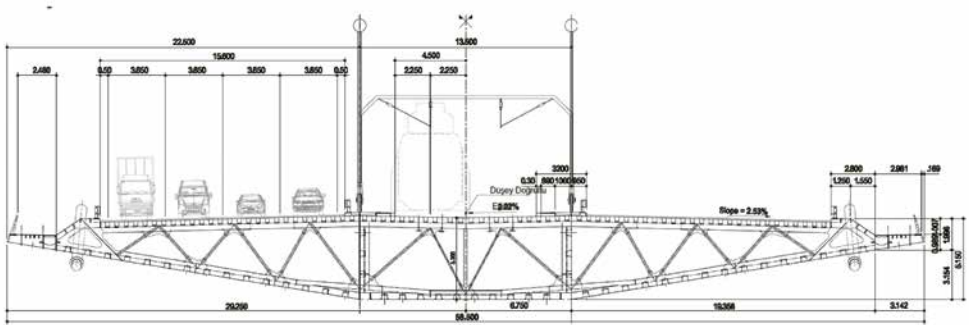


Figure 5 : Coupe fonctionnelle de l'ouvrage

Figure 6 : Illustration des trois modes de suspension du tablier – construction simultanée de la partie en encorbellement haubanée et de la pose des câbles principaux

Figure 7: Le dessin des pylons, un pur exemple d'ingénierie sculpturale

Figure 8 : Levage d'un segment type: 24 m de longueur, 58,50 m de largeur, poids 900 to

Un concentré de technologie et d'innovations

Il est évident que le succès de cette construction réside dans le soin qui a été apporté à son développement et à l'énergie qui a été mise en œuvre pour trouver les bonnes solutions permettant d'atteindre son niveau d'efficacité structurelle. Notons quelques points clés et quelques développements qui ont été nécessaires pour assurer la construction de cet ouvrage :

– Record du monde de portée des ouvrages à trafic mixtes et à trafic ferroviaires ;

– Première application moderne d'un concept de câblage hybride (suspendu et haubané) exploitant les limites des possibilités de calculs électroniques et utilisant des systèmes de câblage modernes ;

– Record du monde de largeur pour des tabliers métalliques et bétons ;

– Première application d'un système hybride pour les ponts ferroviaires ;

– Première utilisation de haubans en acier 1960 N/mm² ;

– Premier ouvrage stabilisé et équilibré par une traction du tablier au centre de l'ouvrage ;

– Premier ouvrage de cette dimension avec une rigidité intrinsèque aussi

élevée grâce au câblage combiné et à la grande largeur ;

– Premier ouvrage de cette importance à déplacements contrôlés par des appuis pendulaires à double calotte sphériques (développés pour l'occasion) ;

– Beaucoup de composants ont des dimensions hors normes et ont dû être développés par extrapolation d'éléments courants ;

– Dimensions et poids des segments de tablier record, ayant nécessité la conception d'un système de levage spécifique et de maîtrise des déformations durant le levage ;

– Une conception dans laquelle le planning extrêmement serré (3 ans de construction) a été un paramètre et une contrainte influents et pris en compte dès le début. La simultanéité des tâches rendue possible par le système hybride de câblage a été un élément clé du succès ;

– Une grande avancée dans l'élégance et l'architecture des ouvrages de longue portée à trafic combiné (rail-route). Jusqu'ici tous les ouvrages réalisés l'ont été à deux niveaux avec une apparence extrêmement lourde.

Cet exemple marquant démontre à quel point l'esprit créatif et d'innovation permet de résoudre des problèmes complexes et d'aboutir à des résultats remarquables. Cette approche est particulièrement vérifiée dans le domaine des grands ouvrages ou les aspects techniques et économiques ont une importance primordiale et nécessitent des concepts efficients.

Le concept « hybride » est-il l'avenir des grands ouvrages ?

On ne peut être catégorique, l'exemple du troisième pont sur le Bosphore ouvre des portes et apporte des solutions intéressantes en termes de coûts et de délais de construction. Il est particulièrement efficace en cas de chargements lourds, mais est clairement un peu plus compliqué à construire qu'un ouvrage

Figure 9 : Le pont Yavuz Sultan Selim en service – un lien entre l'Europe et l'Asie, porte d'entrée d'Istanbul

suspendu traditionnel. Nous avons récemment fait une étude pour le franchissement du détroit des Dardanelles qui va bientôt représenter le record du monde de portée des ponts routiers avec ses 2023 m. Même si les conclusions étaient particulièrement favorables, avec une rigidité globale nettement supérieure et un délai de construction d'environ 4 mois plus court le concessionnaire a préféré opter pour une suspension traditionnelle afin d'éviter les complications potentielles des ancrages dans le tablier et l'augmentation de hauteur des pylônes nécessaire pour un système hybride, justifiant son choix par le fait que l'ouvrage n'est que routier.

L'ouvrage hybride apporte une élégance et une dynamique complémentaire par rapport au calme et à l'image traditionnelle d'un pont suspendu. C'est un atout dans le développement architectural des grands ouvrages dont l'esthétique est aujourd'hui considérée, évaluée et valorisée, au-delà de la vision purement fonctionnelle qui conférait jusqu'alors souvent une élégance naturelle à la structure en raison de sa taille, mais sans raffinement.

Les défis des grands ouvrages ne sont-ils que techniques ou esthétiques ?

Le pont Yavuz Sultan Selim s'inscrit dans l'évolution actuelle des projets d'ouvrages d'art qui prennent des dimensions de plus en plus impressionnantes et, surtout, font partie intégrante de lots de travaux tout aussi démesurés.

Il y a actuellement en construction ou en planification, de nombreux projets de cette ampleur dans le monde. On constate une augmentation de la taille des projets qui est peut-être due au fait que les techniques actuelles permettent de réaliser des ouvrages qu'il n'aurait pas été possible de construire il y a 30 ans et que l'on peut entreprendre aujourd'hui pour plusieurs raisons.

L'informatique a progressé énormément, mais elle ne constitue toujours qu'un outil et seulement un outil facilitant le travail. La conception et la logique structurelle restent le moteur et la clé du système.

Figure 10 : Proposition d'ouvrage hybride pour le franchissement des Dardanelles – portée 2023 m

Nous avons désormais une maîtrise plus grande qu'autrefois des forces physiques telles que celles engendrées par le vent et les séismes.

Mais il y a quelques facteurs moins techniques et plus délicats qui ne vont pas tous forcément dans le bon sens. Tout d'abord une évolution dans le financement des ouvrages. Les collectivités publiques s'essoufflent et ne peuvent plus assurer le financement de projets de telles ampleurs. En conséquence les projets de concession sont de plus en plus nombreux, avec des partenariats public/privé. De très nombreux projets en témoignent. A partir de là, il est nécessaire d'atteindre une taille critique pour assurer la rentabilité à terme d'un projet.

Pour assurer le financement et fournir les garanties nécessaires, il faut également des entreprises avec des reins suffisamment solides pouvant démontrer des capacités financières hors normes. A force, il s'est créé une catégorie d'entreprises internationales énormes, une douzaine au total dans le monde à l'échelle de ces très grands projets et qui, en général, lorsque le projet le justifie, se regroupent encore à plusieurs. Il n'est pas rare pour ces grands projets de n'avoir que 1 à 3 offres voire aucune réponse, les conditions pour être préqualifié ne serait-ce que pour concourir atteignant des sommets. En conséquence, on a de plus en plus à faire à des organismes purement financiers, comme dans beaucoup de domaines, dans lesquels l'aspect technique n'a que peu d'intérêt et qui sacrifient tout y compris la qualité et la durabilité au profit du rendement financier. Il n'y a plus de place pour les moyennes et grosses entreprises soucieuses de la qualité de leur travail. Ceci va à l'encontre du développement souhaité des ouvrages qui se veulent à la base d'une qualité et d'une architecture de plus en plus soignées.

Cette évolution s'accompagne d'un fait, préoccupant pour des sociétés comme la nôtre, à savoir l'apparition d'ingénieries de plus en plus grosses, constituées à la suite d'une succession de rachats de bureaux d'étude de toutes tailles, qui se vantent de pouvoir aligner des milliers d'ingénieurs, mais qui n'ont pas toujours la compétence technique que l'on peut trouver dans des bureaux d'études très spécialisés. Comme partout, la quantité ne fait pas la qualité !

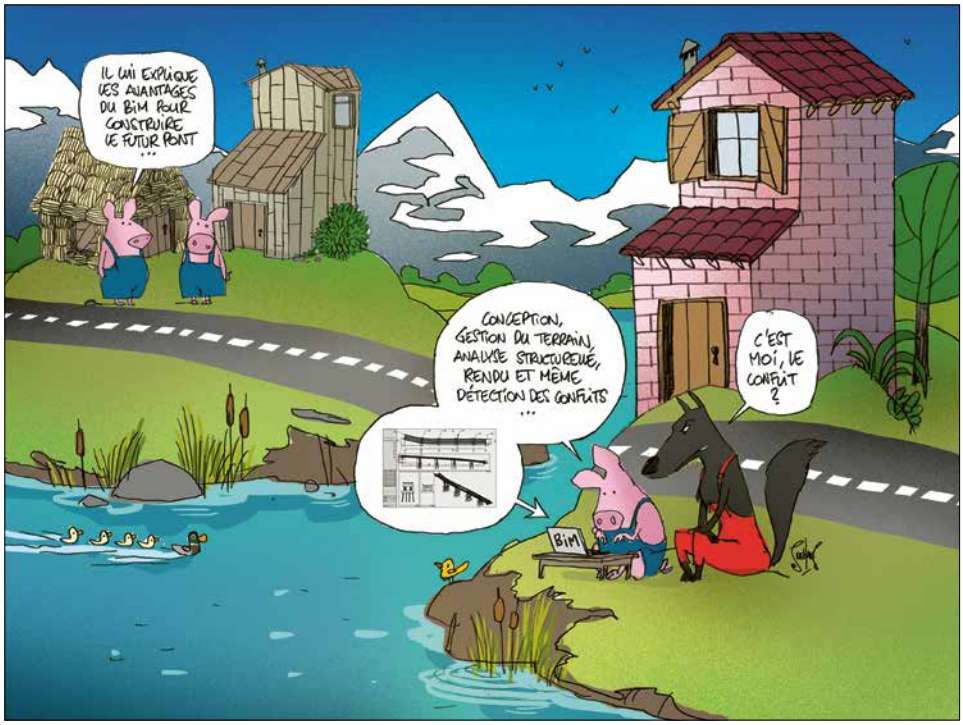
Une réalisation telle que celle présentée ci-dessus qui a été emportée grâce à ses atouts techniques, environnementaux, esthétiques et économiques et qui a été menée tambours battants dans un délai record en se concentrant sur les points techniques et la qualité est dans cette évolution de plus en plus difficile à réaliser. Preuve en est le nombre de ces réalisations qui finissent en procédures judiciaires diverses durant des années après la fin du chantier, et ce de manière aujourd'hui quasi systématique.

Conclusion

Le domaine de la planification et de la construction des grands ouvrages est en pleine évolution structurelle. On doit malheureusement constater une dérive institutionnelle et administrative avec une emprise forte et grandissante des instituts financiers qui va très clairement au détriment de la qualité globale des projets, l'accent n'étant pas mis là où la technique nécessiterait de le faire.

Paradoxalement, les besoins sont grandissants et les exigences techniques plus strictes en raison des défis lancés qui sont toujours plus compliqués, la société cherchant à relier des zones soumises à des climats hostiles ou dans des endroits de plus en plus compliqués. L'exemple du projet de la fameuse route E39 en Norvège avec des ouvrages atteignant les 3000 m de portée est un bon exemple de cette évolution. A cela s'ajoute la volonté d'un travail architectural plus soigné sur ces ouvrages, qui devra être contrôlé pour ne pas sombrer rapidement dans l'extravagance.

Si l'évolution des besoins est positive, il est à craindre que l'évolution structurelle des entreprises et des bureaux d'étude et leur mode de fonctionnement limite fortement les capacités ou plutôt les possibilités de laisser libre cours à la créativité et au développement qui sont indispensables à l'évolution de tels projets. Un danger réel existe de voir disparaître l'efficacité de structures spécialisées petites à moyennes dans ce genre d'opération.



Gurtner Baumaschinen AG

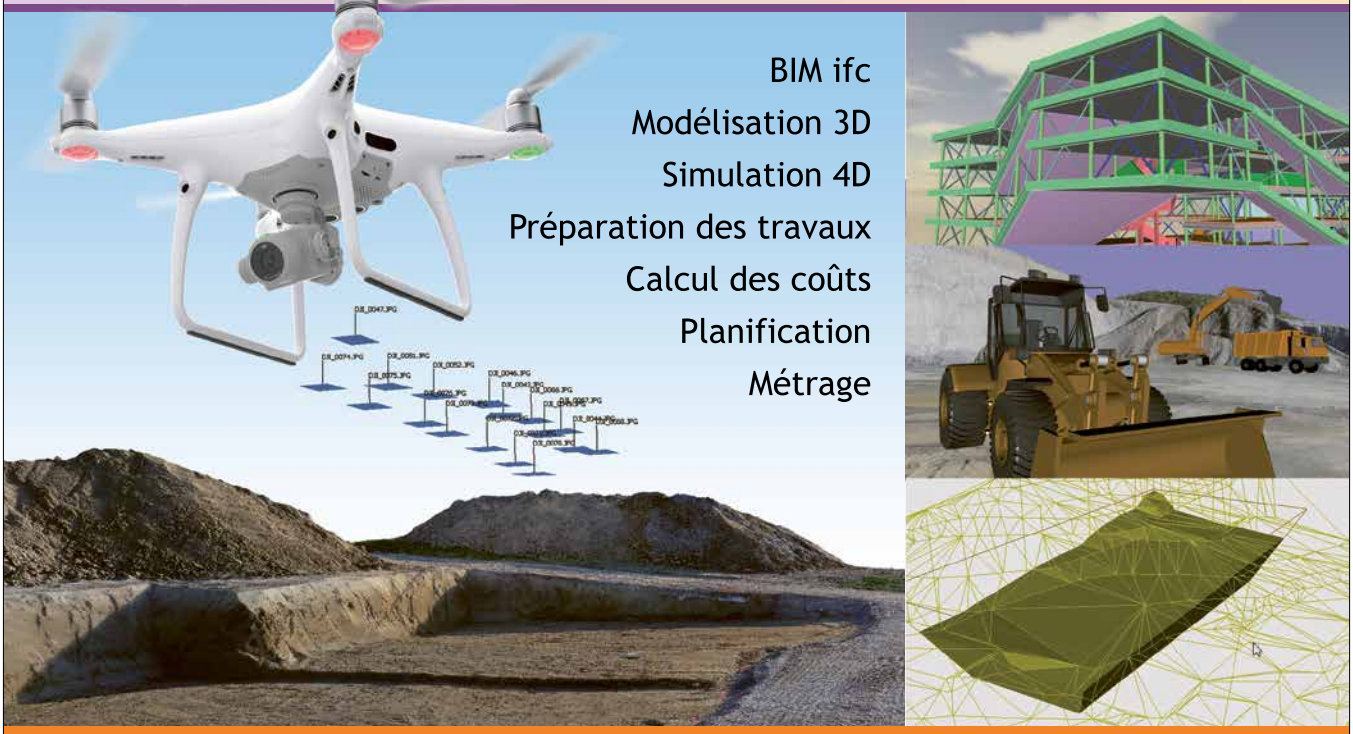
... simplement meilleure!

OHRINGEN Deisrütistrasse 17 CH-8472 Ohringen Vente 052 320 06 66
LANGENTHAL Weissensteinstrasse 15 CH-4900 Langenthal Vente 079 416 64 72
AVENCHES Impasse de la Plaine 6 CH-1580 Avenches Vente 079 215 49 74

info@gurtner-baumaschinen.ch
www.gurtner-baumaschinen.ch

BAUBIT LEXOCAD

BAUBIT PRO



BIM ifc
Modélisation 3D
Simulation 4D
Préparation des travaux
Calcul des coûts
Planification
Métrage

Solution BIM pour l'entrepreneur

En savoir plus: www.abbf.ch • info@abbf.ch • Tél. +41 (0)26 469 70 30

ABBF BAUSOFT AG

Les membres d'Infra Suisse

A

A. Käppeli's Söhne AG, 7320 Sargans
A. Pelucchi Tiefbau AG, 4052 Basel
A. Tschümperlin AG, 6341 Baar
Aarvia Bau AG, 5303 Würenlingen
Acosim AG, 8852 Altendorf
Adolf Künzi AG, 3098 Köniz
Aeschlimann AG, 4800 Zofingen
AG Franz Murer, 6375 Beckenried
Alpiq Infra AG, 8026 Zürich
Ammann + Coduri AG, 8852 Altendorf
Amrein Gebr. AG, 6221 Rickenbach
Andrea Pitsch AG, 7430 Thusis
Anliker AG, 6021 Emmenbrücke
Arm AG Konolfingen, 3510 Konolfingen
Arnet Bau AG, 6162 Entlebuch

B

BAUER Spezialtiefbau Schweiz AG, 5405 Baden-Dättwil
Bekaert (Schweiz) AG, 5400 Baden
Bertschmann AG, 4053 Basel
Bisser AG, 4058 Basel
Braumann Tiefbau AG, 8212 Neuhausen
Brossi AG, 8408 Winterthur

C

Camandona SA, 1023 Crissier
Cellere AG, 5001 Aarau
Cellere AG, 7000 Chur
Cellere AG, 8501 Frauenfeld
Cellere AG, 6343 Rotkreuz
Cellere AG, 8207 Schaffhausen
Cellere AG, 9008 St. Gallen
Cellere AG, 8050 Zürich
cemsuisse, 3011 Bern
CGC Construction Génie Civil SA, 1070 Puidoux
Colas Suisse SA, 1010 Lausanne
Contratto AG, 6410 Goldau
Creabeton Matériaux AG, 3250 Lyss
CSC Impresa Costruzioni SA, 6901 Lugano

D

De Zanet AG, 8722 Kaltbrunn
Debrunner Koenig Management AG, 9014 St. Gallen
Dénériaz SA, 1003 Lausanne
Dénériaz SA Sion, 1950 Sion

E

E. Weber AG, 9630 Wattwil
Eberhard Bau AG, 8302 Kloten
Ed. Vetter AG, 9506 Lommis
Egli Strassenbau AG, 8623 Wetzikon
ERNE AG, 5080 Laufenburg
Ernst Frey AG, 4303 Kaiseraugst
Evéquoz SA, 1964 Conthey 1

F

F. Bernasconi & Cie SA, 2206 Geneveys-sur-Coffrane
F. Trachsel AG, 8500 Frauenfeld
Faes Bau AG, 3400 Burgdorf
Fanger Kies + Beton AG, 6072 Sachseln
flexBelag bau AG Zürich, 8052 Zürich
Foffa Conrad AG, 7530 Zernez
Forasol SA, 1042 Bioley-Orjulaz
Foser AG, 7208 Malans
Friedli + Caprani AG, 3018 Bern
Frigo + Marti AG, 6300 Zug
Frutiger AG, 3800 Interlaken
Frutiger AG, 3602 Thun
Frutiger AG Basel, 4414 Füllinsdorf
Frutiger SA Vaud, 1030 Bussigny
Frutiger SA Vaud, 1073 Savigny
Fuhrer + Dubach AG, 3432 Lützelflüh-Goldbach

G

Gasser Felstechnik AG, 6078 Lungern
Gebr. Brun AG, 6020 Emmenbrücke
Gebr. Mengis AG, 6005 Luzern
Ghelma AG Baubetriebe, 3860 Meiringen
Gränicher AG, 4950 Huttwil
Greuter AG, 8182 Hochfelden
Grisoni-Zaugg SA, 1630 Bulle 2
Grund- und Tiefbau AG, 4002 Basel
Grund- und Tiefbau AG, 4500 Solothurn

H

H. Graf AG, 5621 Zufikon
H. Wellauer AG, 8500 Frauenfeld
Hagedorn AG, 8706 Meilen
Hans Gurtner AG, 2540 Grenchen
Hans Renggli Bau AG, 6102 Malters
Hans Weibel AG, 3018 Bern
HASTAG St. Gallen Bau AG, 9014 St. Gallen
Hew AG, 7012 Felsberg
Hirt AG, 2504 Biel
Hüppi AG, 8404 Winterthur

I

Implenia Schweiz AG, 6460 Altdorf
Implenia Schweiz AG, 4012 Basel
Implenia Schweiz AG, 5033 Buchs
Implenia Schweiz AG, 7000 Chur
Implenia Schweiz AG, 9000 St. Gallen
Implenia Schweiz AG, Tunnelling, 8304 Wallisellen
Implenia Schweiz AG, 3665 Wattenwil
Implenia Schweiz AG, Special Foundations, 8050 Zürich
Implenia Schweiz AG, 8050 Zürich
Implenia Suisse SA, 1026 Echandens
Implenia Suisse SA, 1705 Fribourg
Implenia Suisse SA, 1213 Onex
Implenia Suisse SA, Fondations Spéciales, 1213 Onex
Implenia Suisse SA, 1963 Vétroz
Implenia Svizzera SA, 6934 Bioggio
Inauen Strassenbau AG, 8610 Uster
Induni & Cie SA, 1213 Petit-Lancy 1
Infra Tunnel SA, 2074 Marin-Epagnier
ISR Injectobohr SA, 1303 Penthaz

J

Jakob Scheifele AG, 8050 Zürich
Jank + Blatter AG, 6023 Rothenburg
JMS Risi AG, 6341 Baar
JMS Risi AG, 8645 Rapperswil-Jona
JPF Construction SA, 1630 Bulle 1

K

Käppeli Strassen- und Tiefbau AG Schwyz, 6423 Seewen
Kästli Bau AG, 3072 Ostermundigen
Keller-Frei AG, 8304 Wallisellen
Keller-MTS AG, 5408 Ennetbaden
Keller-MTS SA, 1963 Vétroz
Kern Strassenbau AG, 8180 Bülach
KIBAG Bauleistungen AG, 8038 Zürich
Koch AG, 9050 Appenzell

L

Laurent Membrez SA, 1123 Aclens
Lazzarini AG, 7000 Chur
Leonhard Weiss Bau AG, 8105 Regensdorf
LMT SA, 1042 Bioley-Orjulaz
Lötscher Tiefbau AG, 6014 Luzern

M

Madliger & Chenevard Ing. SA, 1052 Le Mont-sur-Lausanne
Marti AG, 8050 Zürich
Marti AG Basel, 4002 Basel
Marti AG Bern, 3302 Moosseedorf
Marti AG Bürglen, 6463 Bürglen
Marti AG Pratteln, 4133 Pratteln
Marti AG Solothurn, 4503 Solothurn
Marti Bauunternehmung AG, 6002 Luzern
Marti Construction SA, 1018 Lausanne
Marti Tunnelbau AG, 3302 Moosseedorf
Martig & Bürgi AG, 3930 Visp
Meier & Jäggi AG, 4800 Zofingen
Mettler Prader AG, 7004 Chur
Moix & Zorzi SA, 1951 Sion
Morant AG, 9000 St. Gallen

N

Nicol. Hartmann & Cie. AG, 7500 St. Moritz
Notter Tiefbau AG, 5160 Wohlen

O

Oberholzer Bauleistungen AG, 8732 Neuhaus

P

P. Imperiali & Cie AG, 3294 Büren an der Aare
Paler Spezialtiefbau AG, 6532 Castione
PENSA Strassenbau AG, 4058 Basel
Perfora SA, 2009 Neuchâtel
Perrin Frères SA, 1260 Nyon 1
Piasio SA, 1257 Bardonnex
Pius Schmid AG, 3930 Visp
Pizzarotti SA, 6500 Bellinzona
PK Bau AG Giswil, 6074 Giswil
Porr Suisse AG, 6460 Altdorf
PraderLosinger SA, 1950 Sion 4

R

Remora AG, 9013 St. Gallen
Reproad AG, 5620 Bremgarten
Rhomberg Bahntechnik GmbH, 8048 Zürich
Rico Ponato AG, 8634 Hombrechtikon
Rothpletz, Lienhard & Cie AG, 5001 Aarau
Routes Modernes SA, 1709 Fribourg
Rudolf Wirz Strassen- und Tiefbau AG, 4410 Liestal
Ruepp AG, 4466 Ormalingen

S

S. Facchinetti SA, 2009 Neuchâtel
SACAC AG, 5600 Lenzburg
Schlub AG Nordbünden, 7000 Chur
Schlub AG Südbünden, 7742 Poschiavo
Schumacher + Partner, 6252 Dagmersellen
secchi bau ag, 8600 Dübendorf
SiF Groutbor SA, 1024 Ecublens VD
Sika Schweiz AG, 8048 Zürich
SikaBau AG, 8952 Schlieren
SISTRA, 4603 Olten
Specogna Bau AG, 8302 Kloten
STA Strassen- und Tiefbau AG, 4600 Olten
Stalder Tiefbau AG, 6170 Schüpfheim
Stämpfli AG, 3550 Langnau i.E.
Stettler AG Biel Studen, 2557 Studen
STRABAG AG, 8580 Amriswil
STRABAG AG, 3014 Bern
STRABAG AG, Tunnelbau Schweiz, 6472 Erstfeld
STRABAG AG, 4603 Olten
STRABAG AG, Spezialtiefbau Schweiz, 8952 Schlieren
STRABAG AG, 8952 Schlieren
STRABAG AG, 4553 Subingen
Stucki AG, 8752 Näfels
Stump FORATEC AG, 8332 Russikon
Stutz AG Frauenfeld, 8500 Frauenfeld
Stutz AG Hatswil, 8580 Hatswil
Stutz AG St. Gallen, 9016 St. Gallen
Sustra Tiefbau + Strassen AG, 6210 Sursee
Sutter Bauunternehmung AG, 3429 Hellsau
SYTEC Bausysteme AG, 3176 Neuenegg

T

Tibau AG, 8303 Bassersdorf
TIUS AG Uster, 8610 Uster
Toggenburger AG, 8404 Winterthur
TOLDO Strassen- und Tiefbau AG, 9475 Sevelen
Toller & Loher AG, 8707 Uetikon a/See
Tozzo AG, 4416 Bubendorf

U

Urs Messerli AG, 3638 Blumenstein

V

Verband Schweizerischer Pflästerermeister, 8180 Bülach
Vereinigung Schweizerischer Gleisbauunternehmer, 8042 Zürich

W

Walo Bertschinger AG, 7004 Chur
Walo Bertschinger AG, 8953 Dietikon 1
Walo Bertschinger AG, 6030 Ebikon
Walo Bertschinger AG, 4402 Frenkendorf
Walo Bertschinger AG, 5600 Lenzburg
Walo Bertschinger AG, 8200 Schaffhausen
Walo Bertschinger AG, 9300 Wittenbach
Walo Bertschinger AG Bern, 3073 Gümligen
Walo Bertschinger SA Romandie, 1312 Eclépens
Walo Bertschinger SA Ticino, 6807 Taverne
Wartech SA, 1052 Le Mont-sur-Lausanne
Willy Stäubli Ing. AG, 8810 Horgen
Wirz AG, 3018 Bern
Wistrag, 8401 Winterthur 1
Witschi AG, 4900 Langenthal
Wüest & Cie AG Bauunternehmungen, 6244 Nebikon

Z

Zani AG Bauunternehmung Winterthur, 8405 Winterthur
Zani Strassenbau AG, 9500 Wil
Ziegler AG, 4410 Liestal
Zimmermann Strassen- und Tiefbau AG, 9050 Appenzell
Zuttion Construction SA, 2000 Neuchâtel

AVEZ-VOUS DÉJÀ PRIS LE BON COUP DE MAIN?

LES PELLES AVEC RAYON COURT CAT® – SONT LES ROIS SUR ESPACES RESTREINTS.

Les pelles avec rayon court Cat de la série F impressionnent par leurs performances, leur maniabilité, leur rayon d'action et par leur sécurité. Restez cool, même si l'une ou l'autre fois cela devennait serré – tout comme le Roi de la lutte Matthias Sempach. Vous avez le choix entre cinq modèles différents: deux pelles mobiles M315F et M317F ainsi que trois pelles sur chenilles 315F, 325F et 335F.

BUILT FOR IT.

PLUS D'INFOS SOUS:
www.avesco.ch/pelles-rayon-court

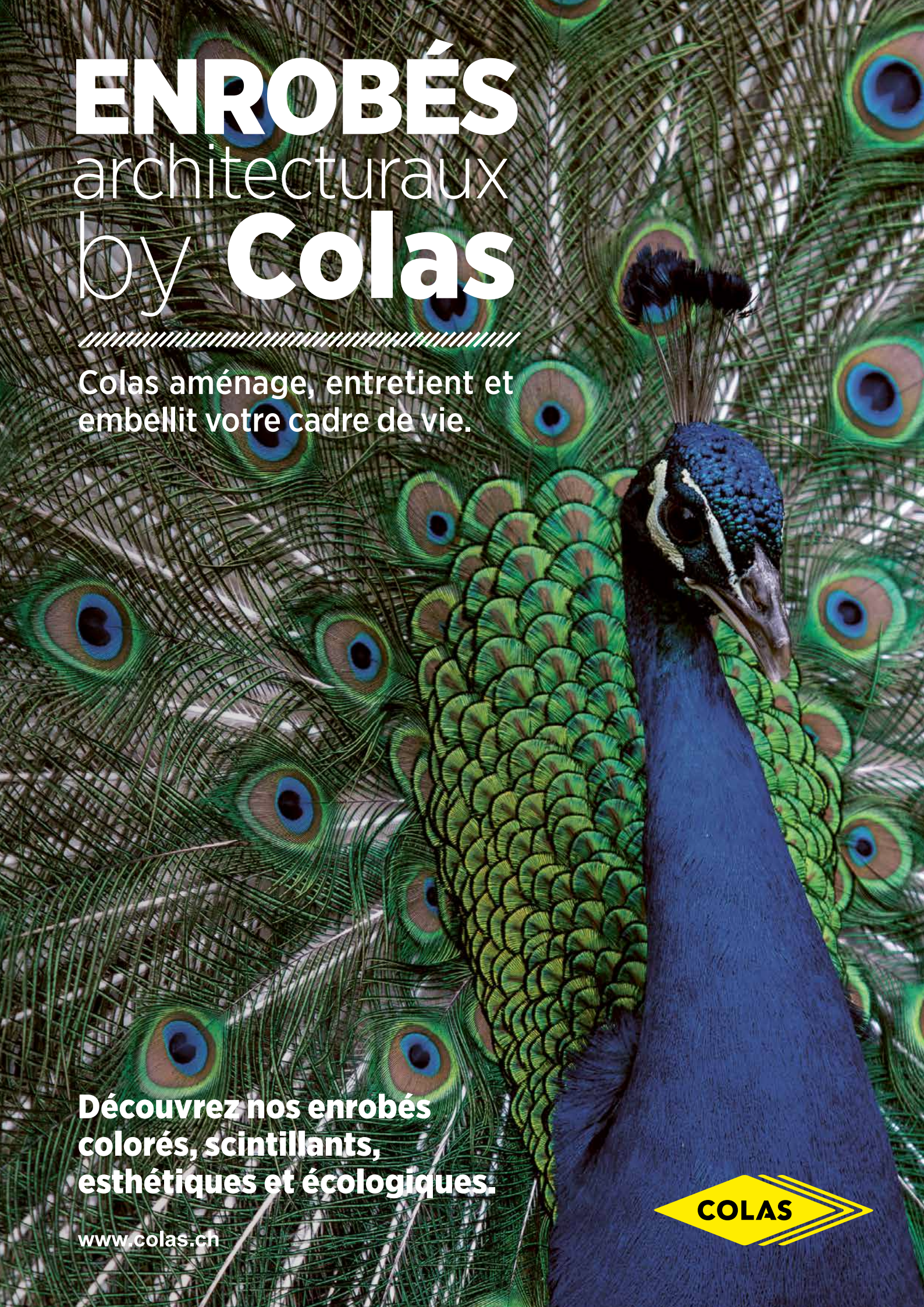
avesco CAT

Réservez la date !

La prochaine journée Infra aura lieu le mardi 5 février 2019.

Infra Suisse se réjouit d'avance de pouvoir vous rencontrer à la plus grande manifestation du secteur de la construction de Suisse romande.

infra suisse


ENROBÉS
architecturaux
by Colas
Colas aménage, entretient et embellit votre cadre de vie.
Découvrez nos enrobés colorés, scintillants, esthétiques et écologiques.
www.colas.ch
COLAS