

des utilisateurs équipés de logiciels de dernière génération chez nos voisins de l'Est. Sans nouvelle standardisation des caractéristiques et des phases correspondantes, l'interopérabilité demeurera en effet limitée.

Prof. Manfred Huber, arch. dipl. EPF SIA, président de la commission SIA 2051 BIM, co-proprétaire aardeplan Architekten ETH SIA, directeur du centre de compétences pour la conception et la construction numériques à la FHNW

La consultation du cahier technique SIA 2051 est ouverte jusqu'au 30 septembre 2016. Vous trouverez le projet et les commentaires qui s'y rapportent sous www.sia.ch/fr/services/sia-norm/mises-en-consultation/nc/1/.

ÉCHOS DES GROUPES PROFESSIONNELS : LE GPS NE REMPLACE PAS LE TRADITIONNEL TRAVAIL DE MENSURATION

La participation des ingénieurs géomètres à la construction du tunnel du Gothard a été capitale. Pour d'autres projets d'envergure aussi, on oublie volontiers l'excellent travail de préparation qu'ils fournissent

Après l'article sur l'ouverture du tunnel du Gothard paru dans le n° 12 de *TRACÉS*, de nombreux ingénieurs géomètres ont dû respirer un bon coup : ils sont malheureusement habitués à ce que leur travail ne soit pas connu, et encore moins reconnu. Mais comment serait-il possible, sans leurs mesures de précision, que deux tubes, percés séparément sur une longue distance et au tracé non rectiligne de 57 km, se rencontrent au cœur de la montagne sur quatre tronçons entre Erstfeld, Amsteg, Sedrun, Faïdo et Bodio ? Ces mesures sont d'une exactitude redoutable, comme entre Sedrun et Faïdo où la précision est de 8 cm en planimétrie et même de 1 cm en altimétrie.

Dès 1992, soit deux ans avant l'appel d'offres du projet de construction du tunnel, le consortium de mensuration VI-GBT, formé de trois bureaux d'études spécialisés, a été mis sur pied. Ce sont eux qui ont obtenu le marché parmi 126 candidats, en raison notamment de leur expérience dans ce domaine et de leur collaboration de longue date avec les hautes écoles et les fabricants d'instruments de mesure. Le consortium garantissait la nécessaire continuité sur 20 ans ainsi qu'une évaluation approfondie des risques.

Les travaux de mensuration proprement dits ont été réalisés pour ainsi dire 24 h sur 24 et 365 jours par an par des spécialistes du consortium avec le concours de plus de 120 professionnels pendant près de 20 ans (souvent durant des jours fériés stipulés contractuellement). Les coûts pour la mensuration du tunnel se sont chiffrés à env. 10 millions de francs, soit moins de 1 % du total des coûts de construction (12 milliards).

La mensuration a été effectuée selon des principes éprouvés, déjà appliqués en 1880 lors du premier tunnel, mais complétée ou remplacée par des technologies de pointe. Quelques explications à ce propos : autrefois, une triangulation de tout le secteur du tunnel était nécessaire avant le début des travaux pour déterminer la planimétrie relative des deux, voire de tous les points d'attaque principaux et intermédiaires. A l'époque, on utilisait des théodolites (appareils de mesure des angles) pour calculer les angles dans des triangles délimités par des points fixes (sommets, crêtes marquantes, etc.). Toutes les distances étaient calculées à l'aide d'une distance de base entre les points fixes et, ce faisant, entre les portails également. En 1995, des méthodes GPS spéciales ont totalement remplacé cette triangulation classique au-dessus de la montagne. Les mesures qui étaient auparavant relevées au cours d'un fastidieux travail de terrain de plusieurs mois ont été effectuées en utilisant simultanément 15 appareils GPS installés sur 30 piliers à proximité des portails et des points fixes sur tout le secteur du projet, soit 60 km, le tout en deux jours de travail seulement. Une opération réalisable grâce à des données satellites poussées d'une précision de quelques millimètres.

Au cœur de la montagne, il est impossible d'utiliser un GPS : autrefois, on s'orientait au moyen d'un cheminement polygonal à partir de chaque portail (mesure des points dans l'axe en déterminant les angles et les distances), alors qu'on recourt dorénavant à une triangulation sophistiquée. En d'autres termes, on crée un réseau très dense et sur-déterminé de points mesurés à plusieurs reprises. Le principe paraît simple, mais la tâche dans le tunnel ne l'est pas, car en plus de l'addition d'erreurs angulaires, des strates d'air chaud variables provoquent également des réfractions diverses de la lumière, c'est-à-dire du faisceau de mesure. Des erreurs et des divergences non négligeables peuvent en résulter. Il a fallu répéter souvent les mesures de contrôle et d'appui (dans ce projet, à peu près tous les deux kilomètres) à l'aide d'un gyrothéodolite (une toupie tournante qui



Grâce aux géomètres, les ouvrages sont érigés exactement à l'endroit prévu. (Photo René Haag)

s'oriente en fonction de l'axe de rotation de la Terre). Seule cette technique a permis de réaliser, à une profondeur importante au milieu du tunnel, les points d'attaque intermédiaires (Amsteg, Sedrun et Faïdo) qui ont considérablement réduit la durée des travaux du tunnel.

Nous, les architectes, les ingénieurs et tous les concepteurs, devrions garder bien présent à l'esprit que sans mensuration, aucun ouvrage ne se dresserait sur le site prévu ni ne serait achevé à temps !

Fritz Zollinger, président du groupe professionnel Environnement, membre de la société spécialisée geosuisse, fritz.zollinger@bluewin.ch

form

Les outils du recrutement et leur validité prédictive
10 octobre, webinaire, 13h00 – 14h30
Informations et inscription : www.sia.ch/form/web60-16

Fondation d'un bureau d'architecture / d'ingénierie – sociétés de personnes
11 octobre 2016, Genève, 13h00 – 18h00
Informations et inscription : www.sia.ch/form/gp22-16

Négocier avec succès
12 octobre 2016, Lausanne, 13h30 – 17h30
Informations et inscription : www.sia.ch/form/vo13-16

Séminaire vendanges fiscales
20 octobre 2016, Genève et autres lieux, 17h30 – 19h30
Informations et inscription : www.sia.ch/form/bdo01-16

Processus global du BIM
31 octobre 2016, Lausanne, 9h00 – 17h30
Informations et inscription : www.sia.ch/form/bim07-16

Comment facturer la TVA ?
1^{er} novembre 2016, Lausanne, 17h00 – 19h00
Informations et inscription : www.sia.ch/form/tva04-16

Parler en public pour présenter vos projets
2 et 22 novembre 2016, Lausanne, 9h00 – 17h30,
Informations et inscription : www.sia.ch/form/ppf01-16