



Photo: © AlpTransit Gotthard AG

SIKA AT WORK

TUNNEL DE BASE DU SAINT-GOTHARD

L'ouvrage du siècle

BUILDING TRUST



EDITORIAL



Chères lectrices, chers lecteurs,

25 ans après ma première séance avec les maîtres d'ouvrage des CFF concernant ce projet, le plus long tunnel ferroviaire du monde va être officiellement inauguré. Le tunnel de base du Saint-Gothard – un record du monde.

En 1992, Sika a commencé, dans son laboratoire du béton à Zurich, à réaliser les premiers essais préliminaires pour les CFF, à un moment où le maître de l'ouvrage n'était pas encore sûr à quelles exigences élevées il fallait recourir en matière de caractéristiques techniques des matériaux, afin que la qualité de l'ouvrage garantisse une durée de vie de "plus de 100 ans". Avec son immense savoir-faire en matière de technologie du béton et le développement de nouveaux produits, Sika a affirmé ici sa suprématie.

Les deux tunnels principaux distincts de 57 kilomètres de longueur chacun, avec plus de 100 galeries de liaison, d'accès et d'aération, forment ensemble un système de tunnels de 152 kilomètres. Au total ce sont plus de 28 millions de tonnes de roches qui ont été excavées ce qui représente un volume de plus de 15 millions de m³. Environ 25% des matériaux ont été classés, lavés, concassés et, grâce à l'ajout d'adjuvants du béton, ont pu être utilisés pour la préparation d'un béton de haute qualité. Avec sa technologie de pointe, Sika a participé à la production de plus de 2 millions de m³ de béton de haute qualité (béton avec des propriétés particulières). Ce qui a débuté en 1993 dans la galerie de sondage Piora avec une nouvelle technologie d'accélérateurs, a pris fin dans la galerie principale avec une seule conception de mélange comprenant jusqu'à 4 adjuvants du béton. Ainsi, le projet du Saint-Gothard est devenu aussi pour Sika un projet des superlatifs. Plus des 2/3 des lots de construction ont été attribués à Sika avec une valeur des produits livrés supérieure à 200 millions de francs suisses. Avec SikaTravaux SA, nous avons acquis en commun le plus grand contrat individuel dans l'histoire de Sika, l'étanchement des deux lots sud du Saint-Gothard.

A cet effet, Sika a effectué des investissements préliminaires pour une procédure de préqualification sur plusieurs années et de nouveaux développements de matériaux pour plus de 3 millions de francs suisses avant de pouvoir livrer un seul kilogramme de produit pour la chimie du bâtiment. Cela a exigé non seulement une prise de risque pour l'entreprise, mais aussi une forte conviction que les défis techniques très élevés pouvaient être réalisés avec de nouvelles solutions de produits. De nombreuses nouvelles voies ont dû être empruntées car – "ça ne va pas" ou "ça n'existe pas" ne sont pas des mots qui font partie du vocabulaire de Sika. Après une procédure très sélective, les nouveaux développements de produits ont été soumis à des tests pratiques exigeants par des instituts de contrôle officiels comme l'EMPA, avant d'être intégrés dans la production en série.

Je remercie la direction de Sika pour sa vision entrepreneuriale ainsi que tous les collaborateurs de la recherche, de la technique et de la vente ayant participé à la construction, pour leur engagement impressionnant et leur volonté de ne jamais se décourager devant un travail d'une telle envergure. Le tunnel de base du Saint-Gothard, une performance de pionniers d'ingénieurs suisses, construit par les "héros des profondeurs" venant de nombreuses nations et rendue possible grâce à la plus moderne technologie d'étanchéité et du béton de Sika. De nombreux produits qui sont aujourd'hui vendus dans le monde entier portent dans leur "ADN" les spécifications du Saint-Gothard car ils ont été développés à un moment ou à un autre afin de résoudre un problème spécifique pour "l'ouvrage du siècle".

Dans ce sens: "Happy Birthday Gotthard" et félicitations à tous les collaborateurs de Sika et participants au projet. Ensemble, vous avez "déplacé des montagnes" et en plus de l'émerveillement, il y a aussi la fierté de la performance accomplie. Le tunnel de base du Saint-Gothard est un monument auquel devront se mesurer de nombreux tunnels à l'avenir.

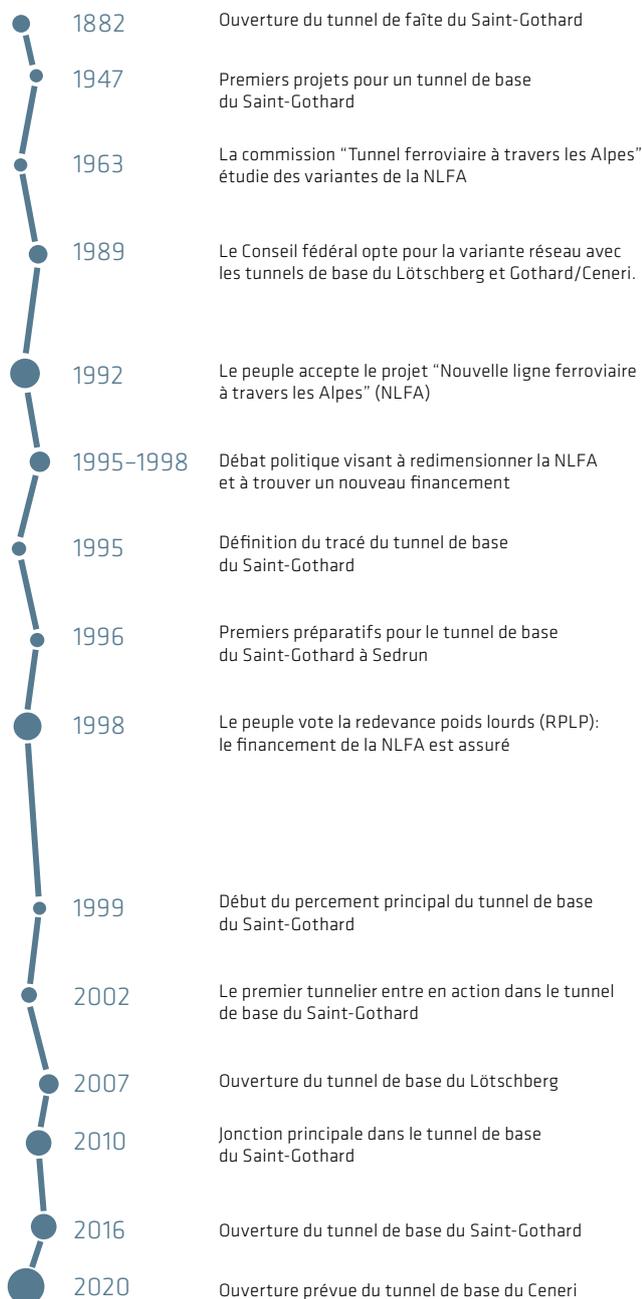
ERNESTO SCHÜMPERLI
Président de la division Concrete & Waterproofing

CONTENU



2	Editorial
4	Des chiffres et des faits
5	Sika et le Saint-Gothard
6	Un peu d'histoire
8	Processus de préqualification
10	Les faits les plus marquants de la construction
12	Utilisation des produits et prestations de service
16	Machines à projeter le béton Aliva
18	SikaTravaux
20	La NLFA de mon point de vue par Christian Anderrüthi
21	Records au Saint-Gothard
22	Interviews sur la construction avec Daniel Spörri et Urs Streuli
26	Déclarations

DES CHIFFRES ET DES FAITS



- Longueur: 57 kilomètres (le plus long tunnel ferroviaire du monde)
- Un système de tunnels de 152 kilomètres dans la roche
- Durée du trajet dans le tunnel: environ 20 minutes pour les trains de voyageurs
- Capacité du tunnel: jusqu'à 60 trains de marchandises ainsi que 65 trains de voyageurs par jour
- Vitesse maximale: trains de marchandises 160 km/h, trains de voyageurs jusqu'à 250 km/h
- 45 minutes en moins pour aller à Lugano
- Deux tubes à voie unique, reliés tous les 325 mètres par des galeries de communication
- Point le plus haut du tunnel à 550 m au-dessus du niveau de la mer
- Epaisseur de roche maximale qui recouvre le tunnel: 2 300 mètres
- Durée des travaux de construction (sans les sondages): 17 ans
- 28.2 millions de tonnes de roches excavées
- Excavation du tube principal au moyen de tunneliers (80%) et percement à l'explosif (20%)
- 43 800 heures sans interruption pour la pose des voies sans ballast
- Coût de l'ensemble du projet de la NLFA comprenant les tunnels de base du Lötschberg, du Saint-Gothard et du Ceneri: CHF 18.2 milliards (prix de 1998, sans renchérissement, ni taxe sur la valeur ajoutée ni intérêts intercalaires; coût effectif global: plus de CHF 23 milliards)
- Participants à la construction: 2 600 personnes
- Mise en service prévue du tunnel de base du Saint-Gothard: 11 décembre 2016

Produits et prestations de service Sika

- Processus de qualification 1996 - 2002 avec de nombreux tests et des investissements préliminaires de plus de 3 millions de Frs
- Adjuvants du béton Sika pour plus de 2 millions de m³ de béton
- Membranes d'étanchéité et systèmes de jointoiment pour plus de 3 millions de m² de surface à étancher
- 20 000 tonnes d'adjuvants du béton
- 40 000 tonnes de transports de matériel
- Systèmes de projection du béton et robots sur les tunneliers pour une excavation efficace
- Produits complémentaires et auxiliaires de l'ensemble de la gamme de produits Sika
- 12 662 500 minutes de travail de la main-d'œuvre

SIKA ET LE SAINT-GOTHARD

Un franc succès

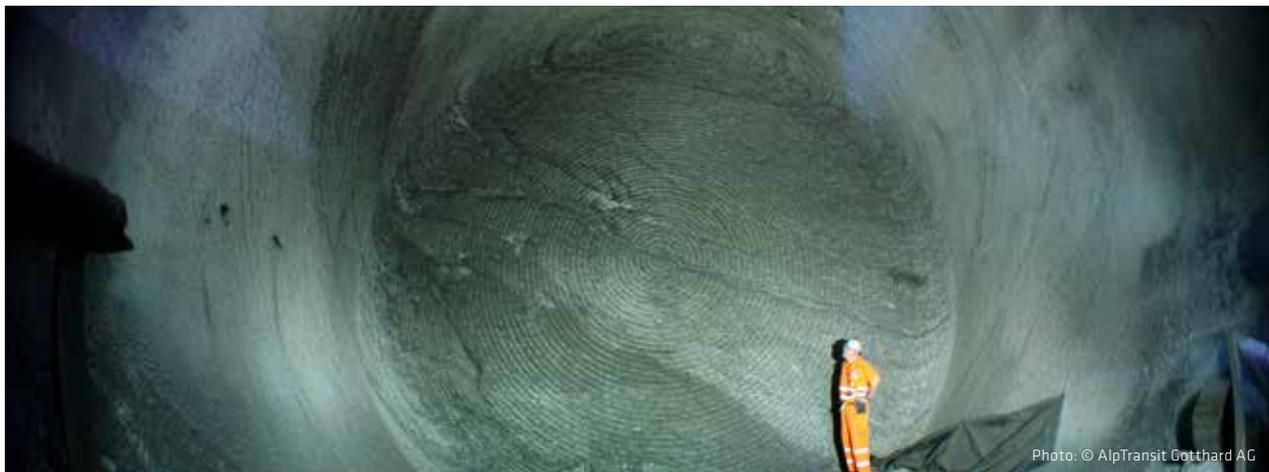


Photo: © AlpTransit Gotthard AG

IL Y A PLUS DE 100 ANS, UNE HISTOIRE FLORISSANTE DÉBUTAIT

Lorsque le 1er juin 2016, le tunnel de base du Saint-Gothard sera solennellement inauguré, la barrière entre le nord et le sud va définitivement tomber. Grâce au plus long tunnel ferroviaire du monde, les trains fileront à travers les Alpes pratiquement sans escalader de côtes. Un jalon dans le monde des transports et pour la mobilité de demain.

Le tunnel de base du Saint-Gothard est quelque chose de particulier et de nouveau dans le secteur de la construction de tunnels. Il traverse un des plus hauts massifs des Alpes. Sous les plus hauts sommets des montagnes, à quelques 2 000 mètres sous la roche, son sommet atteint tout juste une altitude de 550 mètres au-dessus du niveau de la mer. Pour les énormes trains de transport et les trains à grande vitesse, la durée du trajet entre Zurich et Milan se trouve réduite d'environ une heure.

La jonction principale, en date du 15 octobre 2010, a été le moment où tout est devenu clair, l'ouvrage du siècle, le tunnel de base du Saint-Gothard, sera achevé avec succès. 11 ans après le premier dynamitage, la jonction du tube du Saint-Gothard de 57 kilomètres de longueur a eu lieu. Jusqu'à la mise en service le 1er juin 2016, 152 kilomètres de tunnels seront équipés et 28 millions de tonnes de roches auront été excavées.

Saint-Gothard – où tout a commencé pour Sika

Il y a à peine 100 ans, l'histoire à succès du groupe Sika qui opère au niveau mondial a débuté au Saint-Gothard pour la construction de tunnels. En 1918, avec l'étanchement de l'électrification du tunnel ferroviaire, Sika a d'une part créé les conditions favorables pour la réalisation de l'axe ferroviaire nord-sud, et d'autre part aussi la base pour le succès mondial de Sika. Avec le tunnel de base du Saint-Gothard, on s'est retrouvé devant des enjeux

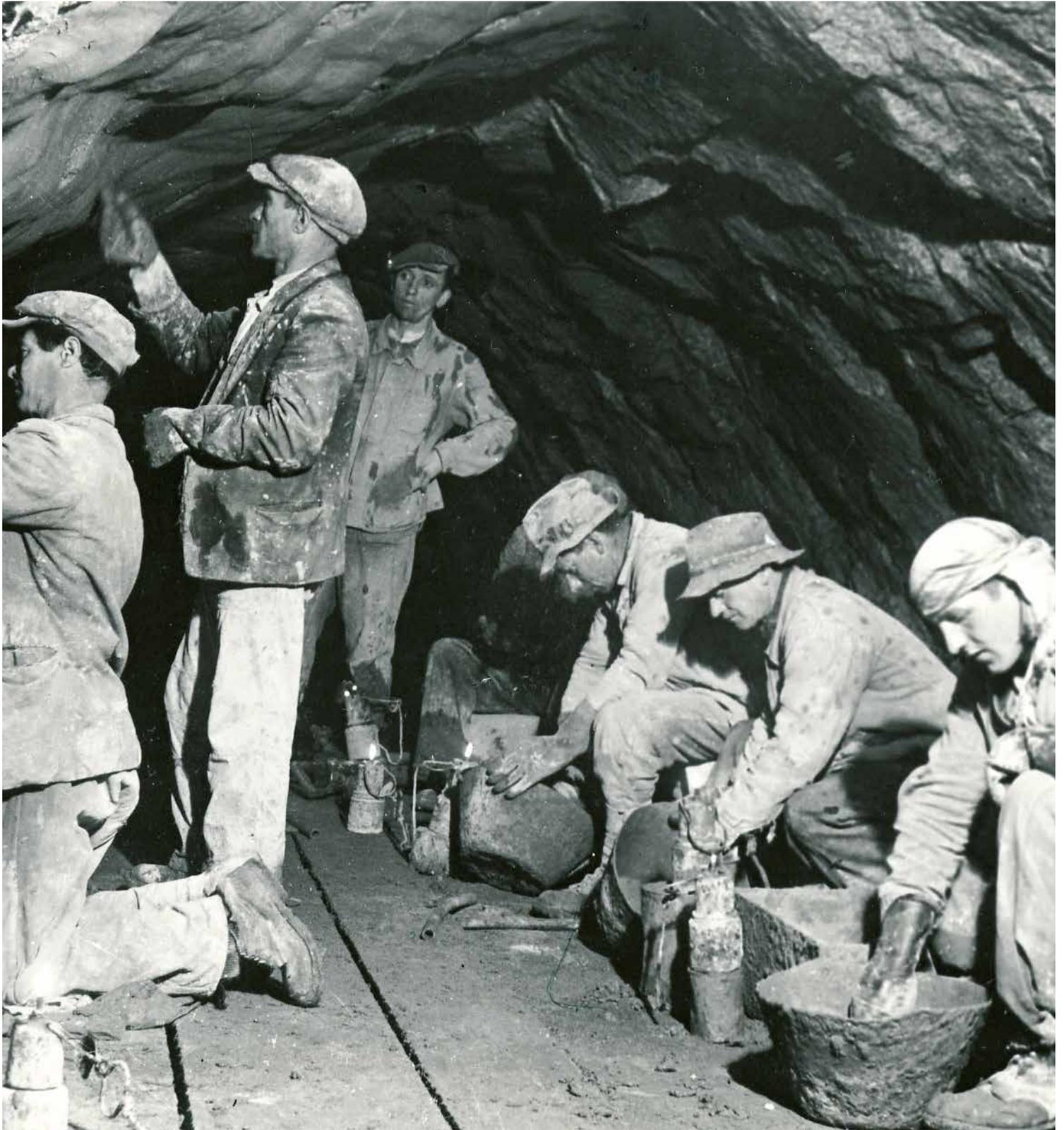
similaires à ceux de 1918, mais aussi devant de tous nouveaux défis à relever. Non seulement les dimensions de l'ouvrage ont posé des exigences nouvelles aux constructeurs de tunnels, mais il a fallu aussi maîtriser des températures élevées dans le tunnel de 30°C à 40°C. Les exigences élevées en matière de matériaux et de technique, comme par exemple, une longévité de 100 ans pour le béton, qui était un thème central pour cet ouvrage du siècle, ont dû être remplies.

Savoir-faire complet de Sika dans le domaine de la construction

Le nouveau tunnel du Saint-Gothard a exigé toute la compétence de Sika en matière de construction. Les systèmes d'étanchéité, le savoir-faire de la chimie du bâtiment, ainsi que des solutions d'équipements ne sont qu'une partie de nos prestations. L'étanchéité complète du tunnel est réalisée de manière très professionnelle par Sika. La sécurité de l'excavation du tunnel est assurée grâce à un béton projeté de haute qualité. Puis des membranes d'étanchéité Sikaplan® et Sarnafil sont posées sur le support. Ensuite, la coque intérieure en béton avec adjuvants Sika a été bétonnée, ceci en respectant les exigences élevées pour la géométrie de la surface du tunnel. La surface du béton parfaite est la carte de visite visible des travaux de bétonnage.

Des hommes construisent pour des hommes

Le plus long tunnel ferroviaire du monde forme le cœur du nouvel axe transalpin (NLFA). Il incarne les valeurs helvétiques: innovation, précision et fiabilité. Des valeurs qui ont aussi été incarnées par les collaborateurs participants de Sika pendant toute la durée des 14 années de construction et aussi déjà lors des prestations préliminaires depuis 1996, avec une fierté et une satisfaction à tous les niveaux visant à la réussite de cet ouvrage du siècle. Sika construit pour les hommes, comme le prouve ici de manière impressionnante l'ouvrage du Saint-Gothard.



UN PEU D'HISTOIRE

Le tunnel de base du Saint-Gothard est un autre jalon d'une longue histoire mouvementée du Saint-Gothard qui jadis débuta avec les diligences postales.

1830 – LES PREMIÈRES DILIGENCES POSTALES

Après l'ouverture de la nouvelle route en 1830, un véhicule de ligne circulait trois fois par semaine entre Flüelen et Chiasso. Des diligences de deux à trois places attelées à un seul cheval ont tout d'abord été utilisées. Toutefois, l'âge d'or de la diligence du Gothard a réellement débuté en 1842 seulement, lorsque des diligences à cinq chevaux et d'une capacité de 10 personnes ont circulé dans les deux directions. Le voyage de Côme à Flüelen durait environ 23 heures.

1882 – OUVERTURE DE LA LIGNE FERROVIAIRE DU SAINT-GOTHARD

Avec ses 15 kilomètres de longueur, le tunnel de faite du Saint-Gothard était le plus long tunnel du monde. Les envois postaux ont déjà été transportés à travers le tunnel à partir de 1881 dès l'achèvement du gros-œuvre. De cette façon, les voyages très contraignants et dangereux empruntant le col ont appartenu au passé.

1918 – ELECTRIFICATION DU TUNNEL FERROVIAIRE

Le 16 février 1916, le conseil d'administration des CFF a décidé d'électrifier la voie ferroviaire du Saint-Gothard depuis Erstfeld jusqu'à Bellinzona. Les grands problèmes d'approvisionnement en charbon durant la première guerre mondiale ont incité à réaliser rapidement ces plans. D'autre part, les trains électriques étaient nettement plus performants que les trains à vapeur ce qui a conduit à une augmentation de la vitesse de déplacement. A partir de 1918, l'électrification a été exécutée selon la planification, de sorte que le 12 décembre 1920 le tronçon total entre Erstfeld et Biasca a pu être ouvert.

1922 – PREMIÈRE TRAVERSÉE DU COL AVEC LE CAR POSTAL

Déjà en 1895, une première automobile a atteint le col du Saint-Gothard. En 1921, une diligence postale tirée par des chevaux a traversé pour la dernière fois le col du Saint-Gothard. A partir de l'année suivante, le Car Alpin circulait déjà, le premier CarPostal.

1980 – OUVERTURE DU TUNNEL ROUTIER

Le record suivant appartient au tunnel routier d'une longueur de 16.9 kilomètres qui a été inauguré en 1980 et qui est resté durant de nombreuses années le plus long tunnel du monde. De cette façon, la liaison postale entre Uri et le Tessin est aussi devenue plus rapide et plus sûre en hiver.

2016 – OUVERTURE DU TUNNEL DE BASE DU SAINT-GOTHARD

Le prochain ouvrage du siècle au Saint-Gothard: Grâce au tunnel de base, les trains à grande vitesse pourront à l'avenir circuler à des pointes de 250 kilomètres à l'heure à travers le massif alpin. Le tunnel a toutefois été spécifiquement construit pour le transport des marchandises. Jusqu'à cinq trains de marchan-

disés par heure sont prévus dans les deux directions dont probablement aussi deux trains pour les colis et le transport du courrier. Ils circulent tous les jours entre Härkingen et Cadenazzo. La durée du trajet est réduite de plus de 45 minutes. Mais, à l'avenir aussi, la poste continuera de circuler par le col du Saint-Gothard – avec le car postal.



Photo: Bibliothèque centrale de Zurich, le cabinet des estampes et la photothèque



Photo: Bibliothèque centrale de Zurich, le cabinet des estampes et la photothèque



Photo: © AlpTransit Gotthard AG

PROCESSUS DE PREQUALIFICATION

Béton et membranes d'étanchéité

UNE DURÉE DE VIE DE 100 ANS REQUISE

Le maître d'ouvrage AlpTransit a requis une durée d'utilisation de 100 ans sans maintenance significative du béton. Concrètement, une durabilité de 100 ans pour le béton et les systèmes d'étanchéité. A cet effet, le maître d'ouvrage a défini pour la première fois une procédure de préqualification à laquelle chacun des soumissionnaires a dû se qualifier sur trois niveaux pour les cinq étapes de la construction prévues:

- Niveau 1: preuve de capacité; justification des compétences professionnelles et techniques de production "Dossier de candidature du niveau 1 de mars 1996".
- Niveau 2: Essais préalables; réalisation indépendante des essais de béton avec les granulats originaux, mais sans tenir compte des conditions de température difficiles; communication des résultats comme admission pour effectuer les tests principaux.
- Niveau 3: Essais principaux; réalisation des sortes de béton OB 1 + 2 et SB 1 + 2 sous la surveillance du maître d'ouvrage en respectant toutes les conditions générales; des résultats réussis sont la base pour l'acceptation des descriptifs dans les articles des soumissions.

La réalisation des essais principaux a eu lieu dans les galeries de VSH Versuchs Stollen Hagerbach AG prévues pour ces essais, ceci sous la surveillance du représentant du maître d'ouvrage. Les soumissionnaires devaient former un team composé notamment d'un fabricant de ciment et d'un fabricant d'adjuvants du béton et ne pouvaient exister qu'en tant que team pour chacune des étapes de construction. Les entreprises étaient à disposition pour l'exécution et les listes des équipes agréées étaient alors mises à disposition par étape de construction au choix des candidats. La procédure de préqualification a eu lieu des années avant le début effectif de la construction. Ceci a donné une sécurité dans la planification et était aussi nécessaire, car pour atteindre la résistance aux sulfates exigée du béton, un examen de deux ans a été prescrit. Cette méthode d'essai a alors été remplacée durant l'exécution par un essai plus rapide.



Tableau 1: Exigences de durabilité concernant les qualités du béton OB 1 et OB 2

Qualité des bétons (OB = béton de chantier)	OB 1	OB 2
Classe de résistance SIA 162/1, essais no 1 / 2	B 45/35	B 45/35
Perméabilité à l'eau (porosité) SIA 162/1, essais no 5 / 7	≤ 12 g/m ² h	≤ 8 g/m ² h
Résistance aux agents chimiques (sulfates) XA2 selon prEN 206, 1997 évaluation définitive après 720 jours	-	≤ 0.50‰
Valeur du retrait SIA 162/1, essai no 4	-	le plus faible possible
Teneur minimale en ciment	≥ 325 kg/m ³	≥ 330 kg/m ³
Rapport E/C maximal	≤ 0.50	≤ 0.50

Outre le fait de remplir sans compromis les valeurs-limites de durabilité, des exigences ont déjà été établies lors du processus de préqualification pour une éventuelle application qui devait assurer que les sortes de béton testées remplissaient aussi les exigences de l'entrepreneur dans la pratique. Le béton ne devait donc pas être uniquement fabriqué, mais transporté, déchargé et mis en place conformément aux directives du processus de



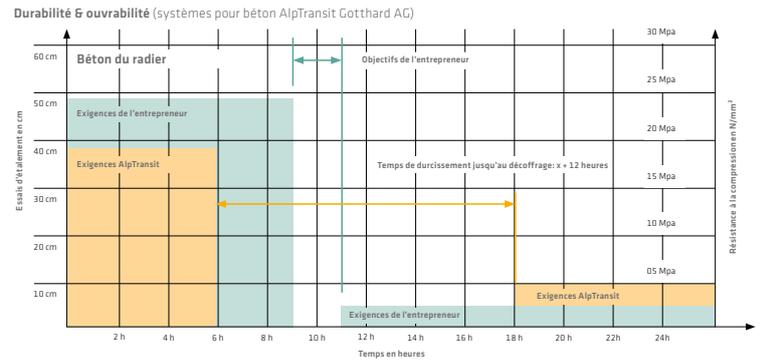
préqualification. On a alors toutefois rapidement constaté au début de l'exécution de la construction que les entrepreneurs respectifs ont imposé des exigences différentes parfois même fortement divergentes. C'est la raison pour laquelle les recettes du béton autorisées lors du processus de préqualification ont dû être réexaminées au début des travaux de construction et être approuvées pour la mise en place dans le tunnel.

Ceci a toutefois eu l'avantage que des développements intermédiaires dans le secteur des liants et des adjuvants du béton n'ont pas tout simplement été exclus. Justement à cette période, les fluidifiants à base de polycarboxylates (PCE) et des liants durables (CEM III) ont fait leur apparition et ont permis de grandes avancées dans le domaine du développement et de l'application.

Tableau 2: Exigences d'ouvrabilité pour les qualités de béton OB 1 et OB 2

Qualité du béton (OB = béton de chantier) OB 1 et OB 2
<p>Exigence concernant la durée d'ouvrabilité: Pompable durant 6 heures et sur 100 mètres</p> <ul style="list-style-type: none"> - Température du béton frais: pas d'augmentation substantielle durant 6 heures - Température d'entreposage du béton frais: 25°C à 30°C - Granulats: matériaux d'excavation du Gotthard
<p>Exigence concernant le développement de la résistance initiale: > 5 N/mm² après 12 heures</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prélèvement des éprouvettes après 4 et 6 heures - Température d'entreposage des éprouvettes: 35°C

Exigences pour le béton AlpTransit



Graphique: Exigences pour le béton concernant la durée d'ouvrabilité et le développement de la résistance initiale (directives AlpTransit et exigences de l'entrepreneur)

Membranes d'étanchéité synthétiques au test de résistance

Dans une procédure d'évaluation coûteuse, toutes les membranes d'étanchéité en matières synthétiques, courantes en Europe, réalisées dans les matériaux les plus divers, ont été testées. Afin de prendre en compte les exigences accrues comme la hauteur de couverture montagneuse élevée, la température ambiante accrue et la durée d'utilisation de 100 ans, Alp Transit Gotthard AG et BLS Transit AG ont complété les exigences prescrites dans la norme SIA V280 (1996) pour les membranes d'étanchéité en matières synthétiques.

Pour la première fois, ce ne sont pas seulement les différents composants qui ont été testés selon les directives, mais les interactions dans le système ont également dû satisfaire aux exigences accrues.

- Comportement au vieillissement: La procédure de vieillissement spécialement développée est une des plus strictes. Tous les éléments du système ont été entreposés durant 24 mois dans différentes conditions (eau enrichie en oxygène, compression, environnement alcalin et acide, terre biologiquement active) et ensuite testés.
- Aptitude à la pose: Une surveillance de la pose était un fait nouveau, les systèmes d'étanchéité ont été posés en pratique puis bétonnés pour être ensuite démontés et évalués. Dans le monde entier, seuls les systèmes de la NLFA ont été testés dans des conditions réelles.
- Essais à la compression et à l'effort tranchant: L'étanchéité, la capacité de drainage, mais aussi le comportement à la déformation sous l'action de la compression ou de l'effort tranchant ont été évalués dans une installation d'essai nouvellement développée.

Aucun système existant n'a rempli du premier coup les exigences requises. Grâce à des développements ultérieurs ponctuels, Sika a pu, avec les membranes d'étanchéité en matières synthétiques Sikaplan® NEAT et Sarnafil® Neat offrir une solution aussi bien à base de PVC-P qu'à base de FPO.



MOMENTS FORTS DE LA CONSTRUCTION

Jürg Schlumpf, Corporate Target Market Manager Concrete



GESTION DES PROPRIÉTÉS DU BÉTON À L'AIDE D'ADJUVANTS DU BÉTON

Dans la technologie du béton actuelle, les adjuvants du béton servant à l'ajustement et au contrôle des propriétés spécifiques du béton frais et béton durci sont indispensables. A cet effet, une multitude de différents produits sont à disposition avec lesquels il est possible d'ajuster avant tout, la durée d'ouvrabilité, le retardement ou l'accélération, l'homogénéité, la rhéologie ainsi que le compactage du béton frais. Pour le béton durci, l'influence principale se trouve dans la minimisation de la porosité par une réduction de la teneur en eau. En outre, d'autres adjuvants promouvant la durabilité sont également utilisés afin, par exemple, de réduire le retrait du béton ou pour influencer positivement la résistance à la corrosion des aciers d'armature.

Spécialement dans le domaine du béton durable pour les ouvrages d'infrastructure, différentes exigences sont requises en même temps. Dans le cas du tunnel de base du Saint-Gothard celles-ci étaient:

- Durabilité et ouvrabilité (transport et mise en place)
- Durabilité et développement de la résistance initiale (délais de décoffrage)
- Ouvrabilité et granulats concassés (part en fines)
- Différences de température et régularité (portail et emplacement d'excavation / endroit de mise en place)

Bonne ouvrabilité malgré des exigences élevées en matière de durabilité

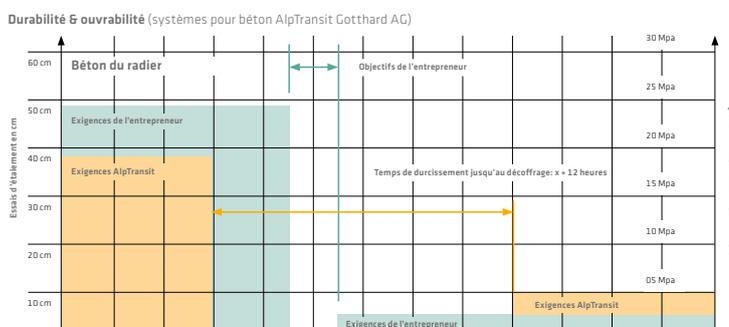
Afin d'atteindre une bonne ouvrabilité de longue durée malgré des exigences élevées en matière de durabilité, il a fallu ajouter aux sortes de béton des adjuvants appropriés ou une combinaison de ceux-ci. En plus d'une forte réduction de l'eau (courant pour les types Sika® ViscoCrete®), il s'agissait avant tout, pour le projet du Gothard, d'obtenir une bonne stabilité du mélange et de faibles variations des propriétés du béton. Ceci parce que tous les bétons ont été fabriqués avec des granulats d'excavation provenant du tunnel. Les différents types de sables ont posé un grand défi lors de la sélection des fluidifiants. Durant toute la durée de la construction, il a fallu ainsi pour les différents lots de construction formuler de nouvelles solutions adaptées au chantier, tandis que pour d'autres tronçons de la construction on a travaillé depuis le début avec différents fluidifiants dans des proportions variables. Avec cette mesure, il était aussi possible de tenir compte de manière flexible des variations des températures ambiantes et des distances de transport allant en augmentant.

Un exemple de ces combinaisons de fluidifiants était:

- Type 1: forte réduction d'eau, bon développement de la résistance initiale, faible temps d'ouvrabilité, stabilisation du mélange
- Type 2: réduction d'eau réduite, long temps d'ouvrabilité spécialement aussi en cas de températures élevées, stabilisation du mélange

Avec ce concept, pendant des années, tous les bétons (été et hiver), ont été produits de manière fiable avec des distances de transport de quelques 100 mètres au départ jusqu'à plus de 30 kilomètres.

Palette des adjuvants du béton à disposition



Graphique: Aperçu des utilisations des adjuvants du béton afin d'ajuster les propriétés du béton frais et du béton durci

Durée d'ouvrabilité contrôlée et longue malgré des températures élevées

Pour un certain tronçon de la construction, des distances de plus de 30 kilomètres devaient être parcourues dans le tunnel. Le béton devait être ajusté par rapport à ces longues distances de transport. Pour tous les tronçons, le béton a été transporté par trains jusqu'à l'emplacement de mise en place. Etant donné les conditions topographiques des sites de production du béton, il y a eu de nombreuses variations en matière de température et de climat. Tandis que durant certains jours d'hiver les températures sont descendues en dessous de zéro, les températures sur le lieu de la mise en place dépassaient nettement les 30°C sur certains tronçons. Il s'agissait alors d'adapter les propriétés du béton aux conditions de températures en constante mutation en relation avec la durée d'ouvrabilité d'une part et la distance des transports d'autre part.

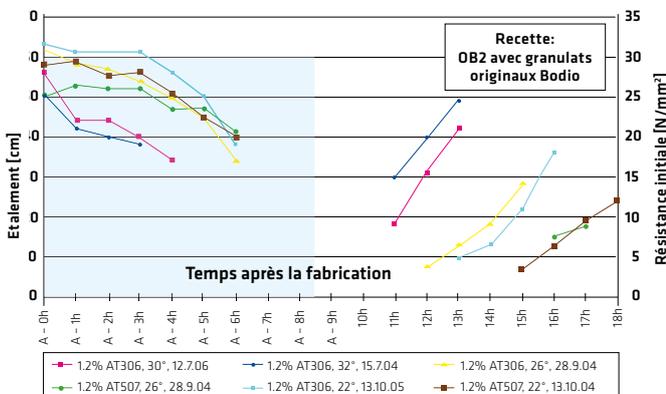
En outre, les exigences imposées aux entreprises de construction ne concernaient pas seulement le temps d'ouvrabilité, mais également des exigences minimales en matière de résistance initiale pour atteindre les délais de décoffrage. Il a fallu développer des adjuvants pour ajuster la consistance (Sika ViscoFlow® Slump Retention Polymers) à base de PCE modifiés. Dans les années de l'exécution des travaux, de tels produits n'étaient pas encore bien établis. C'est pourquoi leur utilisation pour la construction du tunnel de base du Saint-Gothard peut être qualifiée d'innovation. De nos jours, les produits appelés "Slump-keeper" sont souvent aussi dosés séparément et ont subi un énorme développement lors de leur utilisation en combinaison avec différents liants.

Délais de décoffrage précoces malgré un long temps d'ouvrabilité et un concept de liants durable

Lorsque le béton est transporté jusqu'à l'emplacement d'utilisation et mis en place dans le coffrage par pompage, il s'agit de respecter le plan des cadences pour les délais de décoffrage. Pour le béton projeté, ceci ne cause pas de problèmes, car indépendamment de la durée du retard, la réaction avec l'accélérateur de prise est déclenchée dans le convertisseur de flux juste avant la projection. Les résistances initiales requises après une, deux, quatre et huit heures peuvent être atteintes presque indépendamment de la durée d'ouvrabilité exigée. Dans le domaine du béton de construction (principalement béton pour anneau intérieur et béton du radier) cette "activation du béton projeté" juste avant la mise en place n'est pas possible ou très compliquée.

C'est la raison pour laquelle lors de la fabrication du béton il est nécessaire de planifier à l'avance le temps d'ouvrabilité défini et le délai de décoffrage requis y compris la résistance à atteindre. Pour le béton du radier du tunnel de base du Saint-Gothard, ceci signifiait x + 4 heures et pour le béton pour anneau intérieur x + 12 heures. Les résistances à la compression exigées ici devaient être > 5 N/mm² sur le cube de test de 15/15/15 cm. Il s'agissait de trouver, pour le concept du béton, une concordance entre les fluidifiants, retardateurs et durcissement précoce. Ceci a pu être réalisé grâce à l'utilisation de trois adjuvants du béton différents, en relation avec les conditions externes.

Tableau 5.1.2: Résultats des essais de Hochtief, Bodio /Faido



Graphique: Résultats des essais de laboratoire avec les granulats de base originaux dans le cadre d'une étude de faisabilité pour le transport du béton sur de longues distances en 2004 par l'entreprise HOCHTIEF Consult Materials.



UTILISATION DES PRODUITS SIKA ET SERVICE A LA CONSTRUCTION

Sur les chantiers des tunnels de grande envergure, en plus des travaux principaux qui sont l'excavation du tunnel, la consolidation, l'étanchéité et les travaux de construction, une série sans fin d'autres travaux doit être exécutée. Cela va des petits travaux de réparation jusqu'aux systèmes complets de revêtements de sols, collages de rails ou mesures de protection contre le feu. Tandis que les travaux principaux comme les concepts de bétonnage et de béton projeté ainsi que les systèmes d'étanchéité des tunnels des grands chantiers sont déterminés et attribués suite à des essais préliminaires d'envergure, (dans le cas du tunnel de base du Saint-Gothard par un processus de pré-qualification) il faut, pour les nombreux autres travaux, trouver des solutions sur le terrain. Ici, des concepts et produits sont

évalués et testés par des spécialistes du chantier et par Sika. Etant donné que Sika peut offrir un large assortiment de solutions par produits pour satisfaire à pratiquement toutes les exigences, nos conseillers techniques peuvent répondre aux défis des clients en proposant la "bonne" solution. Pour le tunnel de base du Saint-Gothard, nos accompagnants de chantier qui ont travaillé à longueur d'année sur les projets constituaient un renforcement supplémentaire pour cette collaboration. Chaque fois qu'un défi a dû être relevé, nos collaborateurs étaient sur le terrain, cela crée la confiance!

Au total, ce sont plus de **40 000** tonnes de produits et plus de 3 millions de m² de systèmes d'étanchéité qui ont été livrés et appliqués par Sika.

Les principaux produits et systèmes de Sika sont brièvement décrits ci-après:

Béton projeté (SB) excavation par dynamitage et au moyen de tunneliers:

- Sika® ViscoCrete® SC Superplastifiant
- SikaTard® Retardateur de prise
- Sigunit® Accélérateur de prise
- SikaFume® Additif de masse du béton
- SikaPump® Start-1 Agent de pompage
- FlexoDrain W demi-coques de drainage
- Sika® PM-500 PC Système de béton projeté
- Sika® PM-702 Pompe pour béton projeté
- Aliva®-503 Machine de projection de béton
- Aliva® L-1/L-2 TBM-Système de béton projeté
- Aliva®-278 Pompe à béton
- Aliva®-403 Système de dosage

Béton de chantier (OB):

- Sika® ViscoCrete® Superfluidifiants
- SikaTard® Retardateur de prise
- SikaPump® Agent de pompage
- SikaPump® Start-1 Agent de démarrage pompe
- SikaFume® Adjuvant du béton
- Sika® Separol® W Agent de décoffrage
- Sika® Mischerschutz Protection de surface



Projection de consolidation derrière l'excavation avec un béton projeté par voie humide à l'avancement du tunnelier



Béton de l'anneau intérieur comme construction durable des deux tubes principaux

Consolidation immédiate et collage d'ancrages dans les zones critiques:

- Sika® Rock Shot-3 Mortier de projection par voie sèche
- Sika AnchorFix® Colle d'ancrage
- Sika® Intraplast® Produit d'injection
- Sika® Fix T-10 RX Résine d'injection
- SikaCem®-501 Ciment rapide
- Aliva®-252 Machine de projection de béton



Consolidation temporaire de l'excavation avec du mortier projeté par voie sèche

Etanchéité des ouvrages de tunnels:

- Sikaplan® 14.6 NEAT Membrane d'étanchéité
- Sarnafil® MP 916-20 B2 Membrane d'étanchéité
- Sika® Bandes de joints
- Sikaplan® WT-1200
- Sikaplan® Membranes de protection
- Sikaplan® Bande de raccord
- Sika® Trapez Profile Profile Joints de coffrage
- Sikadur-Combiflex® Etanchéité des joints
- SikaSwell® Bande d'étanchéité gonflante



Systèmes d'étanchéité durables appliqués après la consolidation par béton projeté et avant la construction de l'anneau intérieur en béton

"Shop on the Job":

- Sika MonoTop® Mortier de reprofilage
- Sikadur® Mortier de réparation
- Sika® FastFix Mortier rapide
- Sika®-4a Accélérateur pour prise très rapide
- SikaGrout® Mortier de scellement
- Sikafloor®-2530 W Revêtement de sol
- Sikaflex®-11 FC Mastic-colle pour étanchement
- Sika Boom® Mousse de remplissage



Afin d'avoir toujours les matériaux à disposition pour la fourniture, un dépôt a été installé sur le chantier avec les principaux produits: "Shop on the Job"

Conseil et assistance compétents sur le site:

- Accompagnateurs de chantier
- Conseillers techniques
- Service du béton et du mortier
- Service du matériel
- Gestion des produits
- Service pour la passation des commandes et des livraisons



Spécialistes de Sika sur le site lors des essais de résistance initiale du béton projeté



AVEC LES PRESTATIONS DE SIKA VERS LE SIECLE PROCHAIN

ETANCHÉITÉ | FABRICATION DU BÉTON | PROTECTION DU BÉTON | PROTECTION IGNIFUGE | MACHINES | BÉTON PROJETÉ



MACHINES À PROJETER LE BÉTON ALIVA

SYSTÈMES DE PROJECTION DU BÉTON

Au printemps 2002, nous avons pu livrer les deux premières Aliva®-500 (machine mobile à projeter le béton) à Faido. Après des formations et des adaptations intensives sur les appareils et avec le support permanent de Sika, l'entrepreneur a pu travailler de mieux en mieux avec ce type de machine de projection. Avec le temps, les utilisateurs ont énormément apprécié cet équipement. La machine de projection Aliva®-500 était à ce moment-là une propre production équipée des propres pompes à piston Aliva®-278 qui possèdent une performance allant jusqu'à 20 m³/h.

En automne 2002, nous avons également livré deux Aliva®-500 à Sedrun au consortium ARGE Transco. Grâce à un excellent support professionnel de la part du bureau technique et du service à la clientèle d'Aliva, les appareils ont aussi ici réussi leur baptême du feu à Sedrun. Du fait des circonstances parfois très défavorables lors de l'utilisation et un fonctionnement par poste 4/3 les appareils ont souffert plus que "normalement".

Les Aliva®-500 de Transco Sedrun n'étaient donc plus des machines à 100% Aliva, car, à partir de mi-2002, nous les avons équipées avec des pompes à béton Schwing. Pendant tout juste un an et demi, les Aliva®-500 ont été construites avec des pompes Schwing puis la collaboration avec Schwing s'est terminée. Vers mi 2003, l'alliance stratégique entre Putzmeister et Sika a été conclue et Aliva n'a plus produit ses "propres" modèles de machines de projection mobiles, mais a commercialisé les machines Putzmeister. Entre 2003 et 2006, neuf autres machines de projection mobiles ont encore été utilisées pour les deux chantiers cités à Faido et à Sedrun. Ainsi, dans l'ensemble, ce sont 13 machines de projection mobiles qui ont été utilisées en même temps pour les chantiers de la NLFA.

Équipement de machine de projection de béton spécifique au projet des deux tunneliers Herrenknecht TBM S-210 et S-211 du Consorzio TAT Bodio / Faido

A fin février 2002, Sika a signé le contrat d'entreprise avec Herrenknecht AG pour l'équipement des machines à projeter le béton des deux tunneliers des lots de construction Bodio et Faido. Déjà en avril, le montage a débuté à Schwanau pour le premier tunnelier qui a été mis en service en septembre. Pour l'équipement du deuxième tunnelier, le montage a débuté parallèlement environ trois mois plus tard. La réception finale qui n'a eu lieu qu'après 500 mètres d'excavation sur le chantier s'est effectuée fin 2002 pour le premier tunnelier et début 2003 pour le deuxième tunnelier.

La fabrication et l'équipement des deux tunneliers ont duré près d'un an. Les deux tunneliers ont fait leur travail durant environ huit ans et demi avec des interruptions et des transformations dans la station multifonction de Faido. L'ensemble de l'équipement pour la projection de béton qui a été installé a fonctionné de manière fiable durant toute la durée de l'utilisation et nous avons pu exécuter cette importante commande de grande envergure à la satisfaction de Herrenknecht et du Consorzio TAT.

Sur les deux tunneliers, divers équipements ont été installés:

- Système de pilotage de l'installation
- Installation de dosage pour accélérateur
- Système d'air comprimé
- Benne à mortier
- Pompes pour la projection du béton avec conduites de refoulement
- Robot de projection dans le L1 et le L2
- Aliva®-503 pour le béton projeté de compensation
- Machines à rotor Aliva®-263 pour le béton projeté de compensation
- Machines à rotor Aliva®-252 et Aliva®-237 pour la consolidation instantanée avec une gunite sèche
- D'autres équipements pour le béton projeté





A Sedrun, on a utilisé une pompe à piston pour la projection du béton PM702D avec doseur Aliva®-403.5 ainsi qu'une petite machine à rotor Aliva®-246. A Faïdo, on a également utilisé une Aliva®-246. Pour les galeries de liaison des tronçons Bodio et Faïdo, on a utilisé un Aliva®-504 (robot sur roues) avec un Aliva®-263. Pour le remplissage des grandes cavités dans la caverne de montage du tunnelier, la décision a été prise d'utiliser un granulat de 8/16 mm pour le remblayage pneumatique. Ce matériau a été refoulé par procédé par flux dilué avec un Aliva®-285 et un Aliva®-262.

Pour le projet de la NLFA au Saint-Gothard, Sika et Aliva ont démontré leurs compétences avec succès. Outre l'ingénierie, nous avons pu fabriquer, livrer et installer les équipements fabriqués sur mesure pour les tunneliers. Toutes les machines à rotor ainsi que les systèmes de projection et installation de projection que nous avons alors dans notre assortiment ont été utilisés. Notre service clients local a largement contribué au succès global en effectuant les nombreuses réparations et révisions à Sedrun, Faïdo et Bodio.

Nous sommes fiers de faire partie de ce projet exceptionnel, car les produits Sika, les machines Aliva et les prestations de service ont grandement participé à ce succès.

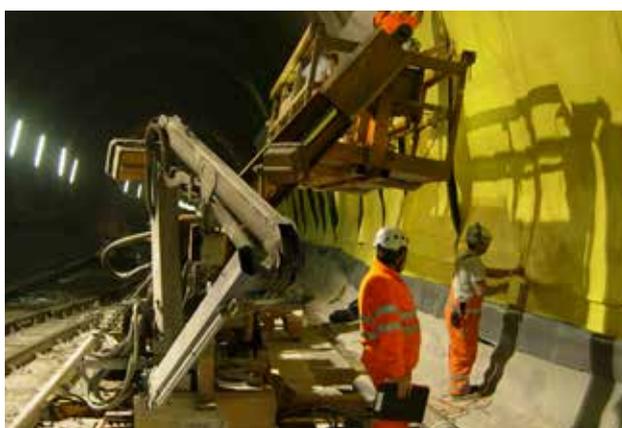


SIKATRAVAUX

SPÉCIALEMENT POUR CET OUVRAGE

Le plus grand ouvrage de construction jamais exécuté par Sika-Travaux SA est le tronçon sud du tunnel de base du Saint-Gothard avec les lots de construction Bodio et Faido. Le lot de Bodio a une longueur totale de presque 31.5 kilomètres, celui de Faido de 27 kilomètres! Ces lots ont été exécutés par le consortium IGS (Consortio Impermeabilizzazione Gottardo Sud) formé par les entreprises SikaBau AG, Schlieren et Tecton AG, Emmenbrücke, le pilotage et la direction technique étant assurés par SikaBau AG et la direction commerciale par Tecton AG.

Sur la base du programme de construction respectivement du déroulement des travaux très serrés à l'intérieur des installations du tunnelier (surnommé "Wurm = le ver" sur le chantier) du consortium ARGE TAT, ce sont jusqu'à 2 x 36 ml de la section d'avancement du tunnelier qui ont dû être étanchés par jour (env. 1600 m² de surface). Cela ne signifie pas seulement une très grande performance en matière d'étanchéité sur les deux installations de pose semi-automatiques, mais aussi un exploit logistique. Etant donné qu'il n'était pas possible d'entreposer sur place de grandes quantités de matériaux (risque trop élevé d'incendie et manque de place), les matériaux d'étanchéité ont dû être commandés et livrés "just in time" sur les sites respec-



tifs. Comme sites de mise en place de l'imperméabilisation il n'y avait pas que le profil du tunnel principal à voie unique foré par le tunnelier, mais également tous les profils différents comme ceux des galeries de liaison, de la station multifonction ou des embranchements des tunnels. Ces derniers ont souvent dû être exécutés en même temps que les travaux d'étanchéité principaux. En règle générale, le personnel a travaillé en deux équipes 7 jours sur 7 et temporairement, il a fallu augmenter les collaborateurs jusqu'à un nombre de 32 au maximum. Une interruption dans le travail ou des empêchements, qui auraient été sanctionnés par des pénalités élevées par le maître de l'ouvrage ont pu être évités grâce à une planification flexible, des aménagements techniques et installations de pose jumelles pour chaque installation (redondance des installations principales). Un spécialiste des mensurations ainsi qu'un contremaître étaient en permanence sur le terrain. Le chef de chantier ainsi que son responsable technique étaient plusieurs fois par semaine sur le chantier.

Le lot de construction le plus court de la NLFA était le tronçon Sedrun – ce n'était toutefois pas le plus facile

La galerie d'accès mesurait 909 mètres puis on trouvait ensuite un puits d'environ 850 mètres de profondeur. Les tubes est et ouest des tunnels à voie unique ont ensemble une longueur totale de 17.3 kilomètres. Le pied du puits du lot de construction Sedrun a divisé le lot Sedrun en deux tronçons nord/sud auquel cas la partie nord ne mesure que tout juste 6 kilomètres. Tous les matériaux et le personnel ne pouvaient être transportés jusqu'aux places de travail qu'en empruntant le puits existant. Sur les chantiers nord et sud de construction de la voûte, les travaux d'étanchéité ont pu être exécutés au moyen de deux équipements de pose. L'équipe de SikaTravaux SA a exécuté les travaux d'étanchéité durant cinq jours par semaine de façon à atteindre une performance hebdomadaire moyenne de deux blocs ou 20 mètres linéaires de tunnel (env. 450 m²). L'équipe comportait un maximum de 15 collaborateurs sur place qui travaillaient en deux équipes. L'accompagnement sur site a été maîtrisé par des contrôles réguliers du maître de l'ouvrage ainsi que par une équipe de contremaîtres qui travaillait sur place.

Sur les deux lots principaux de Bodio/Faido et Sedrun, ce sont env. 25 000 m² de membranes d'étanchéité et matériaux de drainage par kilomètre de tunnel qui ont été posés ou, si l'on considère toute la durée de la construction, env. 2.5 millions de m² de matériaux d'étanchéité. Pour ces lots de construction de la NLFA, il a fallu élaborer des systèmes d'étanchéité spéciaux puis les approuver. Dans l'ensemble, 12 ans de travaux ont été exécutés par SikaTravaux SA pour ces deux tronçons du tunnel de base du Saint-Gothard.



LA NLFA DE MON POINT DE VUE

Christian Anderrüthi, Chef de vente Construction de tunnels



POUR MOI, LA NLFA A COMMENCÉ IL Y ENVIRON 16½ ANS

Peu avant Noël, le 19 décembre 1999, j'ai pu réaliser les essais de béton projeté en compagnie de Coni Sommerauer à Faido Plomengo avec le consortium Pizzarotti SA / Muttoni SA. Ce fut une expérience très spéciale par un froid glacial de -11°C. Le travail dans la galerie d'accès à Faido en collaboration avec les italiens a été très instructif et intéressant. Les cadres et le chef de chantier étaient au début un peu dépassés par les exigences posées en matière de qualité et la ligne dure de la direction des travaux.

Après environ une demi-année et une excavation de un kilomètre, tout a pu petit à petit être exécuté selon les plans. Le fait que les entreprises principales du consortium étaient des entreprises multinationales ne nous a pas spécialement simplifié la tâche. La ténacité et un savoir-faire convaincant ont finalement triomphé et nous avons pu accompagner et livrer le chantier du début jusqu'à la fin. L'entreprise Pizzarotti SA en tant que partenaire du consortium a même renforcé ses activités en Suisse et ouvert une succursale à Bellinzona.

Tunnel de base

Le système de béton a rendu nécessaire que le consortium soumissionnaire Holcim-Sika s'engage d'un commun accord à fournir leurs produits ainsi que leurs assistance et conseils spécifiques. Pour l'ensemble des chantiers Sedrun, Faido et Bodio, un accompagnateur de chantier technique était en permanence sur le terrain.

Sa tâche était très complète et comprenait par exemple:

- La surveillance de certains travaux de béton projeté dans le tunnel (mesure des résistances initiales / contrôles lors de l'application du béton projeté de tous les essais selon la planification)
- Rapport au consortium Holcim-Sika
- Collaboration lors de l'élaboration/exécution du concept de l'assurance qualité
- Contrôles du béton frais lors des essais de qualification du béton
- Collaboration pour les adaptations techniques et les optimisations économiques des recettes du béton (OB/SB) avec le consortium Holcim-Sika
- Intervention d'urgence en cas de problèmes:
 - ciment, adjuvants du béton et logistique des adjuvants
 - installations pour l'application des systèmes de béton consortium Holcim-Sika
 - systèmes de béton

Grâce à la relation étroite avec le gestionnaire du chantier et aux contacts réguliers et parfois intenses ainsi qu'à l'accompagnement dans le secteur du béton et du béton projeté, j'ai été, en tant que conseiller technique et vendeur de Sika Schweiz AG, presque considéré et reconnu comme un collaborateur du consortium. Je pouvais me déplacer presque librement sur les chantiers et était en possession d'un badge d'accès électronique personnel. Ainsi j'ai aussi eu l'occasion de servir de guide à de nombreux groupes de visiteurs de différents secteurs et à d'autres sociétés Sika sur un des trois chantiers de Faido, Bodio ou Sedrun.

Les contacts étaient aussi très intenses durant la période de la construction du gros-œuvre avec Holcim (Suisse) SA, avec la technique et la production. Je peux donc dire qu'à mon avis, la relation entre le client et l'objet était orientée vers les solutions par une bonne collaboration très étroite, intensive, amicale et équitable!

Je suis satisfait de faire partie de la NLFA.

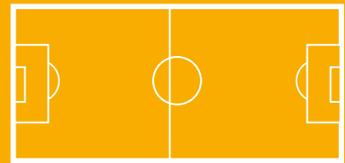
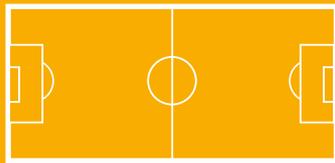
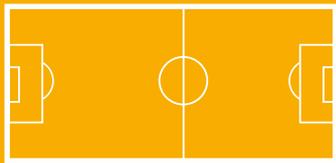
Christian Anderrüthi

LES RECORDS SIKA AU GOTHARD

3.3 MILLIONS DE m²

de membranes d'étanchéité Sikaplan®

équivalents à environ 330 terrains de football



**40 000 TONNES
MATÉRIAUX
TRANSPORTÉS**

équivalentes à 1 700
wagons de chemins de fer



**20 000
TONNES**

**d'adjuvants du
béton** équivalentes
à 222 222 meules
d'Emmental



**12 662 500
MINUTES**

de travail des
collaborateurs de Sika



INTERVIEWS SUR LES CHANTIERS

Point de vue de Daniel Spörri et Urs Streuli



Daniel Spörri, responsable de la division Implenia Tunnelling Suisse

Etant donné le respect des directives imposées par le maître de l'ouvrage en matière de systèmes d'étanchéité et de béton, une étroite collaboration s'est établie entre le consortium (chantier) et Sika. Pour les deux lots de construction au Tessin à Bodio et Faido, ainsi que pour le lot de Sedrun, nous avons pu nous faire désigner comme fournisseur de systèmes en collaboration avec Holcim. Au sud, Daniel Kalbermatter était responsable pour l'accompagnement de chantier et sur place en permanence. A Sedrun, c'était Peter Gander qui était responsable.

Personne interviewée au Tessin

DANIEL SPÖRRI - autrefois responsable de chantier du consortium TAT pour Faido et Bodio et aujourd'hui responsable de secteur chez Implenia Tunneling Suisse.

Personne interviewée à Sedrun

URS STREULI - autrefois responsable technique Transco Sedrun. Aujourd'hui responsable de succursale de travaux souterrains SikaTravaux SA.

Quel impact a eu cette étroite collaboration en général sur la qualité de la construction?

Urs Streuli

Sur la base des relations très collégiales et techniquement bonnes, les exigences et les problèmes les plus divers ont pu être traités et résolus à temps. L'aspiration à une réalisation de très bonne qualité a toujours été essentielle et aussi atteinte.



Urs Streuli, directeur de succursale Travaux Publics /Souterrains SikaTravaux SA

Daniel Spörri

Avec le support professionnel des deux fournisseurs de systèmes Holcim et Sika, les conditions aux limites très exigeantes en matière de béton frais et de béton durci ont pu être pleinement remplies. En général, nous avons pu obtenir une qualité de béton très élevée. Rien n'entrave donc de remplir les exigences pour une durée d'utilisation de 100 ans.

Quel impact a eu cette étroite collaboration en général sur la technique de béton de la construction?

Urs Streuli

Le couloir étroit des systèmes de béton a pu être étendu avec des améliorations techniques et des produits innovants. Les systèmes et recettes exécutés ont rempli les exigences qualitatives de manière satisfaisante à très satisfaisante.

Daniel Spörri

Les principes directeurs imposés au système de béton par le maître de l'ouvrage ont placé tous les participants (fabricants, fournisseurs et nous-mêmes en tant qu'entreprise principale) devant de grands défis. Les mélanges agréés ne correspondaient absolument pas à nos besoins en matière d'ouvrabilité. Grâce à une bonne collaboration avec Holcim-Sika, les bonnes solutions ont toujours pu être élaborées. La grande expérience, l'équipe impliquée ainsi que le savoir-faire toujours plus approfondi des fournisseurs, producteurs de béton et entreprises ont permis d'élaborer des solutions de technologie du béton encore impensables il y a cinq ans.

Comment décrivez-vous la relation en général envers Sika durant la construction du gros-œuvre de la NLFA?

Urs Streuli

Très bonne et à conseiller. La condition de base pour arriver à cette bonne réussite était sûrement le fait que les participants étaient entre eux au même niveau de compréhension technique et ne devaient ainsi pas travailler avec des langues ou des idées différentes.

Daniel Spörri

Nous avons toujours eu une très bonne relation avec Sika en général et avec nos interlocuteurs en particulier. C'était une collaboration riche en succès, collégiale, professionnelle et en partenariat, à tous les niveaux.

Pourriez-vous recommander ce modèle système de béton et conseillers de chantier?

Urs Streuli

En raison des flux d'information courts et de la visite périodique du chantier par les conseillers techniques, un contrôle de l'exécution et un accompagnement étaient en tout temps garantis.

Daniel Spörri

Comme je l'ai déjà mentionné, pour nous le système de béton était une affaire plutôt inconfortable et très difficile à maîtriser au départ, car l'ouvrabilité sous des conditions réelles selon la procédure d'agrément des systèmes de béton n'était en principe pas un critère évident. A cela s'est ajouté le fait que les granulats provenant des matériaux d'excavation du tunnel et de carrières environnantes, mis à disposition par le maître de l'ouvrage, ont été soumis sur de grandes étapes à de fortes fluctuations en matière de teneur en mica, teneur en farines et fines et en partie réactivité chimique. Ceci avait un impact direct sur les propriétés du béton frais et ainsi sur l'ouvrabilité.

Durant la phase initiale, ceci a déclenché de nombreuses discussions et négociations. Heureusement, il a été possible d'améliorer en permanence les propriétés du béton de façon à ce que plus le temps passait, plus il était possible d'utiliser un béton de haute technologie devenu insensible aux variations des granulats. Grâce à l'optimisation des propriétés du béton frais, des durées d'ouvrabilité de 6 – 9 heures pour le béton de chantier et allant jusqu'à 15 heures pour le béton projeté ont pu être atteints sans que le développement des résistances n'en souffre. Grâce aux mélanges stables et de bonne qualité, nous avons également pu transporter et utiliser tout le béton de Bodio jusqu'à la frontière du lot Sedrun. Il a ainsi été possible de renoncer à la construction d'une installation de béton souterraine à Faido. Je ne peux recommander ce système de béton qu'avec un accompagnement technique sur site.

Que peut-on encore mentionner de spécial?

Urs Streuli

Avec fierté et satisfaction, je tourne mon regard sur ces travaux qu'ont exigé les systèmes de béton. Nous avons pu surmonter ensemble tous les obstacles et les problèmes de façon à ce que le système de béton exécuté était fiable. La relation collégiale s'est transformée avec le temps en relation cordiale qui est maintenue encore aujourd'hui en racontant les diverses anecdotes autour d'un bon verre de vin.

Daniel Spörri

Pendant tout ce temps, nous avons eu à traiter avec les mêmes interlocuteurs principaux de Holcim-Sika. Ceci a sûrement aidé et aussi créé la confiance.

Conclusion

Urs Streuli

Un grand merci pour toutes ces bonnes idées et ces nerfs infatigables qu'il fallait posséder pour parvenir à ce succès.

Daniel Spörri

L'expérience a démontré que nous avons misé sur les bons partenaires et fournisseurs de systèmes. En outre, je garde en mémoire les fêtes paëlla et soirées grillades pour nos collaborateurs du bureau et des "galeries" qui se sont "confrontés" jour après jour avec le béton. Un grand merci!





ard
ottardo

DECLARATIONS

Impressions et expériences de collaborateurs Sika

CONRADIN HÜRLIMANN, RESPONSABLE DE LA TECHNIQUE

- **Quelle a été l'expérience la plus importante?** Une de mes tâches était d'optimiser la recette du béton pour l'anneau intérieur de Sedrun de sorte que les résistances pour le décoffrage soient atteintes plus rapidement sans que la durée d'ouvrabilité ne devienne plus courte. Pour cette problématique, nous avons vite remarqué qu'il était impossible de reproduire les conditions de chantier de manière fiable en laboratoire. Nous nous sommes focalisés rapidement sur des expériences pratiques in situ après une courte évaluation approximative en laboratoire.
- **Quel a été le plus grand défi?** Les essais de bétonnage mentionnés ci-dessus ont dû être réalisés avec les installations de bétonnage, au pied du puits, à côté des travaux de construction. Un essai durait au minimum quatre heures, beaucoup de choses n'étaient pas vraiment planifiables et il fallait constamment improviser à court terme. Le plus grand défi était alors de quand même penser à tout et de préparer les essais de façon à ce que les résultats obtenus soient comparables entre eux.
- **Quelle a été l'expérience la plus mémorable?** Naturellement, le chantier de Sedrun en lui-même était très passionnant. En particulier la logistique m'a beaucoup fasciné. Le meilleur souvenir que je garde toutefois ce sont les grillades de saucisses que nous préparions durant les temps d'attente des essais de béton.

THOMAS HIRSCHI, RESPONSABLE REGIONAL SUISSE CENTRALE

- **Quelle a été l'expérience la plus importante?** Le travail en équipe avec de nombreux acteurs internes et externes en tirant tous à la même corde. Pour un projet clé de cette envergure, il a été démontré par exemple que des investissements préliminaires sont nécessaires et qu'à la fin ils sont aussi payants.
- **Quel a été le plus grand défi?** De remplir des exigences qui étaient considérées jusqu'alors comme superflues. De pénétrer dans le nouveau monde de la technologie du béton.
- **Quelle a été l'expérience la plus mémorable?** Il y en a de nombreuses: Comme partir au Tessin par tous les temps possibles et inimaginables, afin de réaliser une nouvelle fois des essais de bétonnage et ceci souvent en vain. La fête du percement est un événement pour chaque construction de tunnel, il en était de même au Saint-Gothard. Je garde en mémoire aussi de nombreuses visites de chantier avec les collaborateurs de Sika du monde entier. C'était toujours une joie de voir l'étonnement des gens.

MICHAEL VORWERK, INGÉNIEUR DE PRODUITS (AUTREFOIS IMPLLENIA)

- **Quelle a été l'expérience la plus importante?** Sur le tronçon de construction Sedrun, j'ai rencontré des personnes qui étaient prêtes à mettre au second plan les intérêts personnels. J'ai éprouvé ici une très grande volonté de performance et une action orientée vers le but. Je me suis approprié cette bonne expérience.
- **Quel a été le plus grand défi?** Des gens de différentes nations et cultures se tenaient côte à côte pour réaliser ensemble un ouvrage monumental qui va émerveiller encore de nombreuses générations.
- **Quelle a été l'expérience la plus mémorable?** A chaque fête de la Sainte Barbe, j'ai vu la fierté sur les visages remplis de joie des collaborateurs qui ont contribué chaque jour à la construction de ce tunnel. Avec ces gens, nous avons surmonté tous les revers et maintenant nous fêtons le succès contre la montagne.

JÜRIG SCHLUMPF, CORPORATE TARGET MARKET MANAGER CONCRETE

- **Quel a été le plus grand défi?** A l'époque de la préqualification, en 1996, des temps d'ouvrabilité du béton de six heures par > 25°C avec une résistance initiale γ relative, ont été exigés par le maître de l'ouvrage. Pendant l'exécution des travaux, cette exigence a été encore augmentée à huit heures de pompabilité par l'entrepreneur. En ce temps-là, c'était absolument unique. Grâce à une collaboration intensive entre les entreprises responsables, Sika technique du béton et la recherche et le développement de Sika, ces exigences ont toujours pu être remplies de manière fiable durant toute la phase d'exécution. Finalement, les exigences de ce projet sont aussi le point de départ de la gamme de produits de très haute qualité Sika ViscoFlow®!

- **Quelle a été l'expérience la plus mémorable?** Lorsque j'ai débuté chez Sika en 1993 comme ingénieur de produits pour les adjuvants du béton, il s'est passé à peine une année avant que j'entre en contact avec le projet du Saint-Gothard. Il s'agissait alors d'un béton à résistance initiale élevée dans la galerie de sondage Piora. Ici, avec le Sikament® HE-200, nous avons pu développer une solution satisfaisante pour le client et acquérir la commande. En ce temps déjà, j'avais passé des jours (et des nuits) sur le chantier. Plus tard, durant la procédure de préqualification à partir de 1995, ce n'était plus des jours, mais des semaines entières passées dans la galerie d'essai Hagerbach afin de tester nos principaux systèmes de béton. A partir de fin 2001, les "vrais" travaux de bétonnage dans le tunnel ont commencé où des collaborateurs de mon équipe ont transposés ces essais dans la réalité. Les années suivantes ont été plutôt remplies pour moi par des discussions en matière de possibilité et de limites des systèmes pour le Saint-Gothard. Le tout a pris fin pour moi le 15 octobre 2010 avec le percement entre Sedrun et Faido. Durant 15 ans, le tunnel de base du Saint-Gothard m'a professionnellement accompagné et aussi marqué, presque tout est possible!

CHRISTIAN ANDERRÜTHI, CHEF DE VENTE CONSTRUCTION DE TUNNELS

- **Quelle a été l'expérience la plus mémorable?** C'était en 2000, environ 4 à 5 mois après le début de la galerie d'accès Faido. Après le dynamitage (environ trois mètres de tunnel avaient été dynamités), je suis allé en direction du front d'attaque en compagnie du chef de chantier plus âgé et plus expérimenté de l'entreprise Amberg, Franz Walker, et nous sommes montés sur les matériaux d'excavation fraîchement abattus. Franz avait vu une faille et supposait qu'il y avait des minéraux. La masse de roches excavées était difficile à graver car les arêtes et les bords étaient en partie très tranchants. Alors que Franz et moi-même nous nous trouvions directement sur le front d'attaque non sécurisé et qu'il s'affairait avec le marteau vers la faille, il y eut une détonation très forte. Environ un mètre derrière nous, un gros morceau de rocher d'une dimension de 2-3 m² et d'une épaisseur de 25-30 cm est tombé du plafond sur le tas de gravats. J'ai été si choqué que les genoux ont flanché et que je n'ai pas pu redescendre du tas de gravats sans l'aide de Franz. Depuis ce jour-là, je ne m'arrête que rarement et à contrecœur dans un secteur d'excavation non sécurisé. J'ai éprouvé moi-même la dangerosité du travail quotidien des mineurs et constructeurs de tunnels et je sais pourquoi ils remercient régulièrement la patronne des mineurs Sainte Barbe. Lorsque je me rends en milieu souterrain, j'ai un grand respect de la montagne et célèbre Sainte Barbe avec les mineurs le 4 décembre. Et parfois, je fais aussi le signe de croix devant la statue de la Sainte que l'on retrouve dans chaque galerie ou tunnel vers le portail d'accès.



PARTENARIAT GLOBAL ET LOCAL



QUI SOMMES-NOUS

Installée à Baar, en Suisse, Sika AG est une entreprise active au niveau mondial, spécialisée dans l'industrie des produits chimiques. Elle fournit des produits de mise en œuvre pour l'industrie du bâtiment et le secteur industriel (produits et composants pour véhicules, équipements industriels et composants de construction), pour l'étanchéité, le collage, l'insonorisation, le renforcement et la protection des structures porteuses.

Avant toute utilisation et mise en œuvre, veuillez toujours consulter la fiche de données techniques actuelles des produits utilisés. Nos conditions générales de vente actuelles sont applicables.



SIKA SCHWEIZ AG
Tüffenwies 16
CH-8048 Zurich

Contact
Tél. +41 58 436 40 40
sika@sika.ch · www.sika.ch

BUILDING TRUST

