



SIMPLON

Les tunnels: une ouverture sur le monde

«La foi peut déplacer les montagnes. La volonté les perce pour réunir les hommes.»

(Conseiller d'Etat Jean-Jacques Rey-Bellet, VS)

Le tunnel du Simplon a été inauguré solennellement le 19 mai 1906. Long de quelque 20 km et tronçon stratégique de la partie occidentale de l'axe NLFA (nouvelles lignes ferroviaires à travers les Alpes), il relie le Valais (Brigue) à l'Italie (Domodossola). Avec le tunnel de base du Lötschberg, actuellement en construction, il constitue, après l'axe du Saint-Gothard, le deuxième sillon ferroviaire traversant les Alpes suisses.

Les Alpes ont toujours contraint notre petit pays à être à la pointe dans le domaine de la construction de voies de circulation, en particulier en ce qui concerne le percement de tunnels. Uri, avec le tunnel du Saint-Gothard, et le Valais, avec le Simplon et le Lötschberg, sont des exemples typiques de la manière dont les vallées alpines ont été directement reliées au «reste du monde» par la construction de tunnels.

Percement de tunnels et technique

En 1801, Napoléon ordonna la construction d'une route de 7 à 8 mètres de large passant par le col du Simplon afin de pouvoir transporter ses canons plus rapidement. L'ouvrage comportait aussi un tunnel de 222 m de long dont la construction dura 15 mois et mobilisa 1200 hommes. La mauvaise qualité de l'acier des barres à mines et l'emploi de poudre noire comme explosif

rendaient alors la construction des tunnels difficile et dangereuse. La route militaire de 60 km de long, avec ses 611 ponts et ses 7 galeries creusées dans le roc, fut terminée en 1805.

Cent ans plus tard, lors de la construction du tunnel ferroviaire, long de 20 km environ, on a utilisé des machines nettement plus rapides et plus précises et de meilleurs explosifs. On utilisait près de 760 kg de dynamite en moyenne par jour, pour une progression d'environ 8,5 m et un volume de 450 m³ de débris. La jonction eut lieu au kilomètre 10,378 au bout de 6,5 ans, l'écart entre les deux tubes étant de quelques centimètres seulement. Un an plus tard, le premier train roulait dans le tunnel. La construction de la galerie annexe ne put être terminée qu'en 1921.

Pour les ouvriers chargés de la construction du tunnel, la plupart italiens, les conditions de travail étaient souvent précaires. Ils gagnaient de l'ordre de 3Fr50 par jour. Ces hommes ont lutté pour obtenir de meilleures conditions en faisant deux grandes grèves. Une soixantaine d'entre eux ont malheureusement laissé leur vie dans le tunnel.

A l'heure actuelle, des machines, techniquement toujours plus perfectionnées, remplacent les hommes. En plus des machines qui percent la paroi à l'aide de roues coupantes, on utilise aussi des pelles mécaniques pour gratter et enlever les débris au coeur du tunnel, des tapis roulants pour enlever les matériaux (terre et cailloux) et des robots injecteurs de béton.

Aujourd'hui encore, le chantier d'un tunnel est quelque chose de très particulier. Un habitué de ce genre de projet estime à ce sujet : « Soit tu fiches le camp au bout de quelques semaines, soit tu es accro pour le restant de tes jours ».



Dans cette édition

- Le mesurage des tunnels hier et aujourd'hui
- Appareils de mesure Leica
- Sainte Barbe
- La Dynamite
- Un jour dans la vie de Bernhard Fantoni
- Expositions

Le mesurage des tunnels hier

Le mesurage des tunnels il y a 100 ans

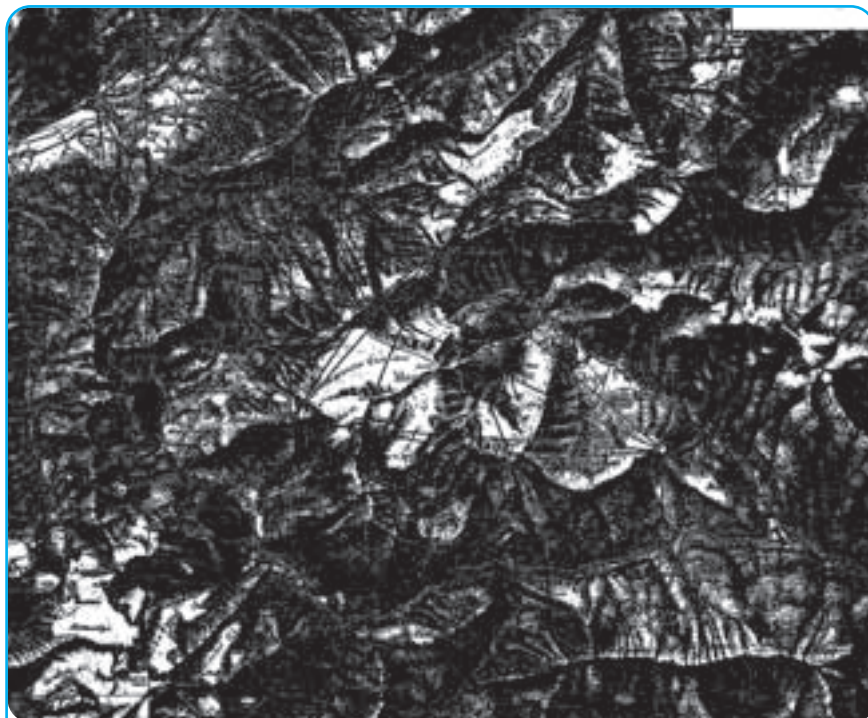
Pour pouvoir tracer et construire un tunnel, il faut connaître avec précision les coordonnées et les altitudes des points de départ et d'arrivée. La détermination de ces points cruciaux s'effectuait préalablement en surface en établissant un réseau précis. Dans le cas du tunnel du Simplon, ce réseau était composé de 27 triangles alignés les uns à côté des autres (réseau de triangulation) et conduisait du portail nord (Naters, Brigue) au portail sud (Italie) en passant sous Rosswald, le Wasenhorn et le Monte Leone. Il était important de disposer d'un nombre suffisant de visées de raccordement aux points de départ et d'arrivée.

Mesure de l'avancement

Les appareils de mesures disponibles à l'époque (théodolites) permettaient une mesure très précise des angles. Caractéristiques : grands cercles gradués et longue lunette de visée.

Visée

Par visée, on entend l'alignement d'un instrument optique sur deux ou plusieurs points de mesure, établissant une ligne droite virtuelle entre l'œil de l'observateur et chacun des points visés. Une visée sans obstacles est la condition préalable à une mesure précise des distances ou des directions. Si elle est limitée, par exemple par le feuillage des arbres ou par des obstacles latéraux situés à proximité, des erreurs de mesure peuvent survenir. Grâce aux méthodes de mesurage terrestre à l'aide de satellites artificiels (géodésie par satellite), de nombreux problèmes se résolvent plus facilement que par le passé car les visées nécessaires se font vers le haut, dans une direction proche de la verticale.



Réseau trigonométrique de 1898 pour la détermination de la direction du tunnel du Simplon

Des mires graduées en bois et des chaînes d'arpentage en acier et en invar étaient utilisées pour la mesure des distances. L'invar est un alliage principalement de fer 65% et de nickel 35% qui se dilate peu sous l'effet des variations de température et qui permet donc une mesure extrêmement précise des courtes distances. Les mesures prenaient beaucoup de temps et étaient sujettes aux erreurs. C'est pour cette raison que l'on a essayé de construire le plus possible les tunnels en ligne droite et d'éviter les courbes, comme ce fut également le cas pour le tunnel du Simplon.

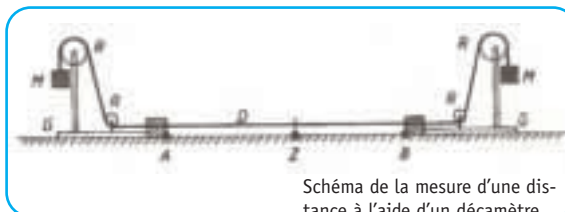


Schéma de la mesure d'une distance à l'aide d'un décimètre



Théodolite classique de 1890



Percement du tunnel, il y a 100 ans

et aujourd'hui



Réseau de base
BLS-Alptransit

Le mesurage des tunnels aujourd'hui

Un réseau de points fixes est installé en surface comme base pour les travaux de construction du tunnel. Il sert de point de départ pour le réseau du tunnel et son maillage est déterminé au moyen du GPS (Global Positioning System). La détermination de l'altitude de ces points s'effectue par nivellement par rattachement au nouveau réseau altimétrique fédéral. Le terme de nivellement désigne la mesure des différences d'altitude entre points.

Réseau du tunnel

En partant du réseau de points fixes en surface, on détermine la direction, l'angle d'élévation et la distance du point fixe souterrain le plus proche avec des appareils de mesure d'une grande précision. De cette manière, on travaille en passant d'un point fixe à un autre, en commençant par le point principal du réseau de base et en allant jusqu'au point situé le plus en avant sur le front de taille. La détermination de l'altitude s'effectue par nivellement. Des mesures complémentaires sont effectuées environ tous les deux kilomètres au moyen d'un tachymètre. Cet appareil permet de mesurer directement les azimuts (angle par rapport à la direction du nord) dans le tunnel. On dispose ainsi d'une vérification supplémentaire de la direction du tunnel.

Mesure de l'avancement

Le bouclier de perçage (« Jumbo ») et le tunnelier sont équipés d'appareils de mesure qui s'alignent sur les points fixes du tunnel chaque fois que la machine est repositionnée.

La voûte parapluie en jetting sert de protection

Phases de creusement et phases de jetting alternent. Pour garantir la stabilité pendant le creusement du tunnel dans des roches meubles graveleuses, on réalise tout d'abord une voûte parapluie en jetting. Celle-ci se compose de quelque 40 tiges jetting (poteaux en béton) alignées les uns contre les autres. Le parapluie fermé ainsi constitué garantit la stabilité de la section de creusement du tunnel dans le secteur du front de taille. Le percement du tunnel s'effectue sous la protection de cette voûte parapluie. Dans une phase de construction ultérieure, la sécurité dans le tunnel est complétée par du béton projeté, des semelles filantes latérales, une armature et des poutres en treillis ainsi que la voûte proprement dite.

Mesures de contrôle

Grâce à la combinaison d'un système précis de mesure des voies et d'un scanner à hautes performances, le profil du tunnel est déterminé et comparé avec le profil imposé (voulu).

Pose des voies et contrôle

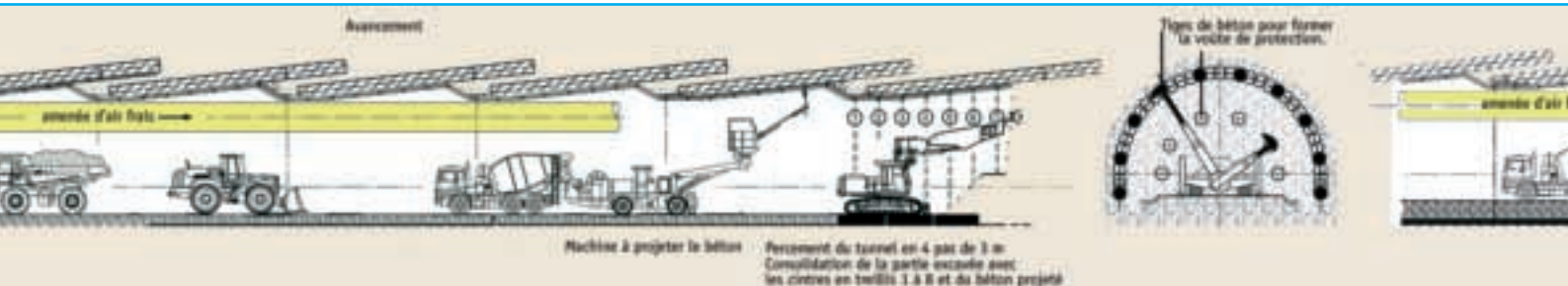
Le wagon de mesure des voies, combiné avec les tachymètres motorisés, fournit les coordonnées précises de l'axe des voies en 3D. La mesure automatique des distances par rapport aux points de mesure et la liaison radio entre les tachymètres et le wagon de mesure des voies permettent un déroulement automatique des mesures. Les capteurs intégrés pour mesurer l'écartement des rails et le dévers fournissent les données supplémentaires nécessaires à une mesure précise de la géométrie des voies.

Source: Bureau d'ingénieurs Karl Zurbruggen SA, Brigue



Les tachymètres modernes mesurent les directions des cibles, et les distances.

Les distances sont aujourd'hui mesurées indirectement: En fait on mesure le temps que met un signal lumineux par exemple pour atteindre un point donné et revenir au point de départ. Comme on peut déterminer la vitesse de la lumière, il est facile d'en déduire la distance. La lumière du rayon laser se situe fréquemment dans le domaine des infrarouges. La réflexion du rayon laser sur le point de mire s'effectue soit directement sur la surface de l'objet mesuré, soit grâce à un prisme que l'on vise. Le calcul des valeurs mesurées (direction et distance) se fait électroniquement: les données sont automatiquement enregistrées. Les théodolites mesurent les angles (horizontaux et verticaux), les tachymètres aussi bien les angles que les distances.



Exemple de creusement d'un tunnel avec voûte de protection en parapluie selon le système « jetting » (Dessin F. Gertschen, Naters)

La page interactive

Teste tes connaissances, tes aptitudes et tes capacités!

SMS & WIN!



Tunnel du Simplon : des faits étonnants sur la construction du tunnel 1898 – 1906

Les foreuses usaient quotidiennement, pour attaquer la roche, 990 broches à forer, combien de barres à mine utilisaient chaque jour les mineurs pour le perçage manuel ?

A 1650 S 10 000 J 7530

De combien de mètres le tunnel avançait-il en moyenne par jour ?

U 3,89 m D 10,20 m I 8,38 m

Combien de m³ de roche étaient abattus en moyenne en 24 heures ?

N 450 m³ O 166 m³ R 780 m³

Combien de kilos de dynamite utilisait-on par jour ?

T 980 kg U 760 kg K 82 kg

Combien un mineur gagnait-il par jour ?

F 70.00 francs S 3.50 francs L 18.70 francs

Envoie la réponse par SMS au numéro 079 281 01 62. Tu participeras ainsi au tirage au sort d'un appareil de mesure Leica et de 10 cartes journalières CFF.

Enfant du tunnel : la fabrique d'explosifs

Jusqu'au 19^e siècle, la poudre noire était la seule substance explosive connue. En 1895, la Société Suisse des Explosifs SA a commencé la production de dynamite pour la construction du tunnel du Simplon à Gamsen, près de Brigue. Comme cette usine devait être fermée une fois le tunnel du Simplon terminé, les bâtiments ont tous été construits à titre provisoire. Malgré une histoire mouvementée, de nouveaux produits ont été développés dans cette usine, par exemple le GAMSIT (dynamite renfermée dans des cartouches en papier ou en matière plastique). A partir de 1909, la construction du chemin de fer du Lötschberg a assuré la pérennité de l'usine. Plus de 100 ans plus tard, cette entreprise fait non seulement partie des grands fabricants internationaux d'explosifs civils, mais s'est aussi forgé une solide réputation dans le domaine de la chimie fine et de la chimie spéciale grâce à sa longue expérience dans la maîtrise des réactions chimiques « sensibles ».



L'approvisionnement en explosifs à l'aide de drains



Gagnants du concours Technoscope 3/05

1^{er} prix (un ordinateur portable IBM) : Stefan Wismer, Wilen bei Wil
2^e au 4^e prix (une clé IBM USB/MP3): Corina Bruhin, Vito Difonzo, Martine Jeanneret Schmutz

Gagnants du concours Technoscope 2/05

1^{er} au 10^e prix (du chocolat): Konrad Fisler, Shakti Cortthay, Alexandre Christ, Thoma Viatte, Antoine Linard, Luc Badoux, Cornelia Bieri, Delia Sieber, Robert Guery, Max Brunner

1^{er} prix: 1 appareil de mesure Leica
2^e au 11^e prix: 1 carte journalière CFF

La légende de Sainte Barbe

La légende raconte que Barbe était une fille belle et intelligente, issue d'une famille païenne. Alors que son père était en voyage, elle s'est convertie à la foi chrétienne. A son retour, son père, courroucé, tenta tout de suite de la tuer, mais Barbe réussit à s'enfuir. Une cachette dans les rochers se serait miraculeusement ouverte devant elle. Trahie par un berger, Barbe fut cependant faite prisonnière et assassinée. Depuis le Moyen-Age, Sainte Barbe est considérée comme la sainte patronne des mineurs. Pour se protéger contre la mort et les accidents au cours de leur périlleux travail, les mineurs allument une lampe dite de sainte Barbe. Pendant longtemps, les femmes n'ont pas été autorisées à pénétrer sur les chantiers de construction des tunnels car on croyait que cela portait malheur. Chaque année le 4 décembre, les mineurs et sapeurs fêtent leur patronne, la Sainte Barbe.

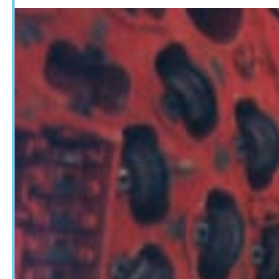


Photo de Sainte Barbe au tunnel du Simplon. La même statue est située entre les deux entrées sud du tunnel.

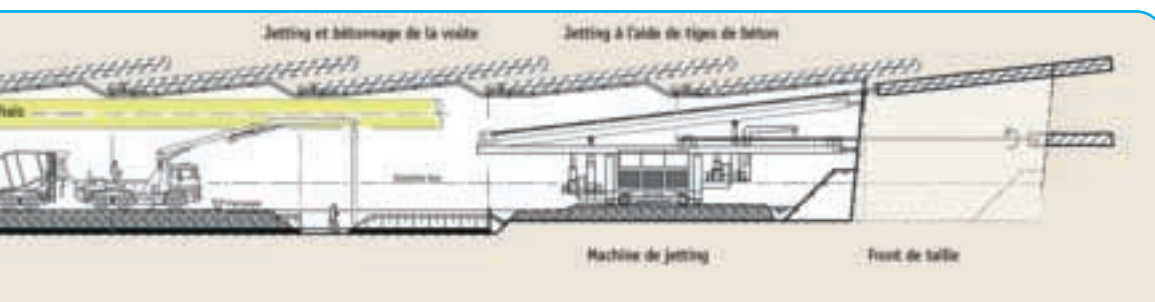
Devinette 1

Martine veut mesurer la longueur de sa maison. Le décamètre a trainé longtemps au soleil, et s'est allongé. Les résultats de ses mesures seront-ils trop petits ou trop grands ?

Devinette 2



L'image mystérieuse:
Qu'est-ce que c'est?



Jetting et bétonnage de la voûte

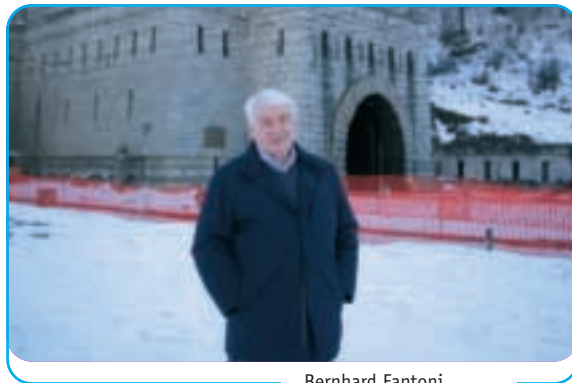
Un jour dans la vie de Bernhard Fantoni

Bernhard Fantoni (né en 1937) était, jusqu'à une date récente, un entrepreneur de travaux publics et un maître d'œuvre dont les affaires étaient florissantes. Outre de nombreux autres projets, il a aussi réalisé l'abaissement du radier dans le tunnel du Simplon pour permettre le transport de camions. Sa mère avait vécu de très près la construction du même tunnel car son père, Terezio Angelini, avait participé à la construction des deux tubes du Simplon en tant que « Mineur Capo », spécialiste des explosifs.

Tout avait commencé avec le livret horaire, les feuilles de paie minutieusement rédigées. du grand-père de Bernhard Fantoni, qui n'a jamais connu son aïeul. A l'époque, les gens mouraient en général plus jeunes, en particulier les ouvriers du tunnel et leurs familles. Leurs conditions de vie et de travail étaient dures. La silicose, les infections et les accidents faisaient partie du quotidien. Bernhard Fantoni reçut de sa mère ce livret horaire, ce qui éveilla son intérêt pour l'histoire de la construction du tunnel. Il a ainsi acheté tout ce qui, d'une manière ou d'une autre, avait un rapport avec le tunnel du Simplon. Aujourd'hui, ces pièces de collection remplissent un musée et constituent des témoins importants de l'époque de la construction du tunnel.

La mère de Bernhard Fantoni avait une relation très particulière avec le tunnel. Si son fils avait à se déplacer pour des travaux de construction dans l'un des deux tubes, elle voulait savoir exactement à quel kilomètre il travaillait. Elle savait aussi exactement où des difficultés étaient survenues à l'époque, que ce soit en raison de roches qui se délitaient ou à cause d'infiltrations d'eau.

Pour Bernhard Fantoni, les chantiers « difficiles » sont une tradition. Il apprécie les défis qui nécessitent des solutions créatives. « Pour être entrepreneur, il faut avoir du courage et savoir prendre des risques en étant conscient de ses responsabilités », explique-t-il.



Bernhard Fantoni

Il avait appris son métier en commençant en bas de l'échelle, d'abord en tant que dessinateur de génie civil, puis comme maçon, avant de devenir contremaître et finalement entrepreneur des travaux publics titulaire d'un diplôme fédéral. Pendant les inondations catastrophiques de 1993, il a joué un rôle de premier plan dans la lutte contre l'eau et la boue. Même à la retraite, il n'y a pas de routine dans les journées de Bernhard Fantoni. Peut-être est-ce là un des secrets de son succès. Il a toujours été prêt à relever un défi, trouver des solutions efficaces et responsables aux problèmes ou chercher l'équilibre dans le sport, la musique ou au sein de sa famille.

Bernhard Fantoni résume : « Une bonne formation et une bonne expérience sont nécessaires et les langues, il faut tout simplement les savoir. En tant qu'entrepreneur, il faut avoir la passion du détail, mais aussi du courage, des idées novatrices et le sens des responsabilités. Il ne doit en aucun cas s'agir de gagner rapidement de l'argent. Je suis fier de n'avoir eu à déplorer aucun accident mortel au cours de ces 35 ans ! »



Livret horaire du grand-père de Fantoni

AHA

Quel est le point commun entre la nitroglycérine et les médicaments pour le cœur ?

Le puissant effet explosif de la nitroglycérine (aussi appelée huile explosive) repose sur la formation de produits de décomposition gazeux et de l'augmentation de volume subite qui l'accompagne. Cet explosif peut déjà détoner sous l'effet de légers chocs ou d'augmentations de température.

Alfred Nobel a mélangé l'huile explosive avec de la diatomite. Cette farine de silicium poreuse absorbe l'huile explosive comme une éponge. C'est ainsi que la dynamite, insensible aux chocs, a vu le jour. En médecine, la nitroglycérine est utilisée depuis la fin du 19^{ème} siècle, comme médicament contre les maladies cardiaques à cause de son effet vasodilatateur.

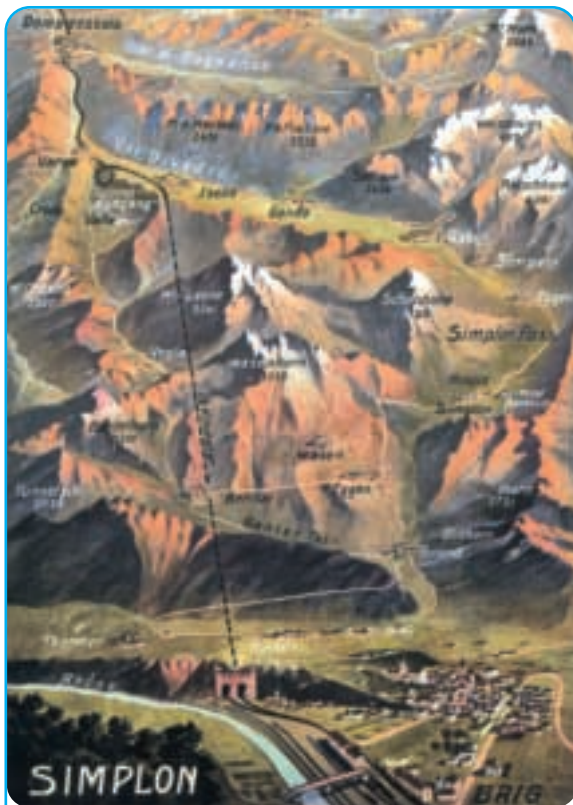
Un traitement à la nitroglycérine fut même prescrit à Alfred Nobel qui souffrait d'angine de poitrine, une maladie cardiaque.

Nobel a vendu de la dynamite dans le monde entier. Il a, d'une part, investi dans l'industrie de l'armement et a, d'autre part, milité en faveur de la paix dans le monde, fondant, entre autres, le prix Nobel de la Paix.



Biographie

- 1956** CFC dessinateur en génie civil
- 1960** CFC maçon
- 1962** Brevet fédéral contremaître
- 1964** Diplôme de conducteur de travaux
- 1970** Dipl. féd. entrepreneur
- 1986** Expert aux examens fédéraux d'entrepreneurs
- 1971** Fantoni crée son entreprise de travaux publics
- 2005** Retraite



Le tunnel passe tout droit sous le Wasenhorn et le Monte Leone.

Sentier aventure « Bahn - Natur - Kunst » (« Chemin de fer - Nature - Art »)

Le sentier aventure commence et finit près de la gare de Brigue. 50 panneaux fournissent des informations sur le chemin de fer et le tunnel du Simplon. 24 autres donnent de précieux renseignements sur la nature. Il peut être emprunté de mars à fin octobre et est signalé par des panneaux indicateurs marron « Erlebnispfad Bahn - Natur - Kunst » (« Sentier aventure Chemin de fer - Nature - Art »). Le temps de marche effectif est de 3 heures environ. Le sentier aventure est facile à parcourir, mais de bonnes chaussures sont recommandées. Informations sur le site www.bitsch.ch.

Les tunnels les plus longs du monde

Le tunnel de base du Saint-Gothard

Il doit être terminé en 2014. Avec 57 km de long, il sera alors le tunnel ferroviaire le plus long du monde.

Le tunnel de base du Lötschberg

Vraisemblablement fini dès 2007. Longueur : 34,6 km

Nom	Type	Pays	Longueur(km)
Seikan	Ferroviaire	Japon	53,850
Eurotunnel	Ferroviaire	France/GB	49,940
Dai-Shimizu	Ferroviaire	Japon	22,186
Simplon	Ferroviaire	Suisse/Italie	19,824
Shin-Kanmon	Ferroviaire	Japon	18,680
Apenin	Ferroviaire	Italie	18,507
Saint-Gothard	Routier	Suisse	16,320
Nakayama	Ferroviaire	Japon	14,700
Lötschberg	Ferroviaire	Suisse	14,610

Jusqu'en 1977, le légendaire Orient-Express a traversé le tunnel du Simplon.

Tunnel Lötschberg: Info-Center Mitholz

Heures d'ouverture: Chaque jour de 13 h à 18 h
Le centre fermera définitivement ses portes fin juin 2006.
Renseignements: Tél.: 033 672 76 70
www.blsalptransit.ch/dt/infozenter/infozenter_mitholz.htm

Musée du Simplon

Collection Fantoni : photos historiques et témoins du passé donnent un aperçu de la construction du tunnel et de la route du Simplon.

Heures d'ouverture (mardi au dimanche) :
10 h à 12 h / 14 h à 17 h. Info: www.brig.ch

ECOMUSEUM à Simplon Village

Les points forts de cette exposition sont différents aspects de l'histoire du col, les retombées du trafic passant par le col pour la région du Simplon et l'histoire de la mine d'or de Gondo-Zwischbergen.

Heures d'ouverture :
Du 1er au 15 juin: Mercredi et dimanche
Du 16 juin au 15 août: Tous les jours
Du 16 août au 30 octobre: Mercredi et dimanche
toujours de 13 h à 17 h
Ouvert aussi sur demande en dehors des heures normales pour les groupes et les scolaires. Info : tél. 027 978 80 80, <http://mypage.bluewin.ch/stockalperweg/ecomuseum.htm>

Modèle réduit du tunnel du Simplon au Deutsches Museum, à Munich

Cette exposition présente les modes de construction de tunnels en modèle réduit et en grandeur nature ainsi que les machines et outils de forage essentiels avec des pièces d'origine ; les techniques d'étagage d'hier et d'aujourd'hui peuvent être comparées en grandeur nature. www.deutsches-museum.de/ausstell/dauer/tunnel/tunnel.htm

Liens

www.wandersite.ch/Stockalperweg.html

Randonnées dans la région du Simplon

map.search.ch/Simplon.de.html

Carte interactive du Simplon

www.geomatik.ch

www.ingch.ch

www.maturandeninfo.ethz.ch

Informations sur les métiers en rapport avec la construction de tunnels

www.blsalptransit.ch

Informations sur l'axe NLFA

Solutions de page 4

Devinette 1: trop petit! Essaie toi-même avec un élastique. Marque à l'aide d'une règle sur un élastique 1cm, 2cm, 3cm. Maintenant tu peux mesurer une longueur avec cet élastique. Si tu répètes ta mesure en allongeant l'élastique, tu trouveras un résultat plus petit !



Devinette 2: Cette machine est utilisée pour creuser dans la roche des tunnels.

Renseignements

La SATW a élaboré des tableaux sur les acteurs, les publications et les activités du secteur technique et société. Ils peuvent être téléchargés à l'adresse www.satw.ch/taetigkeiten/jugendtechnik.

SporTech – Des technologies utilisées en cyclisme et en athlétisme. Mercredi, 22 mars 2006, 13h15 à 17h30. Centre Athlétisme Romand, Aigle. Le Centre Athlétisme Romand invite les jeunes, pour leur présenter les liens entre les mondes du sport et de la technologie. Inscription: Patrick Buchs, Tél. 079 351 67 01.

L'exposition sur l'univers des métiers de l'ingénierie sera présente au Musée des transports de Lucerne jusqu'au mois d'octobre 2006 et devrait tout particulièrement intéresser les jeunes gens en phase de choix d'une profession et d'études. Info : www.verkehrshaus.ch (scolarité) et www.ingch.ch.

Nous remercions :



Mentions légales

www.satw.ch/technoscope

Contact

redaktion.technoscope@satw.ch

Conception et rédaction

Regula Zellweger, www.rz-kommunikation.ch

Collaboration rédactionnelle

Elisabeth McGarrity, SATW, Brigue
Giovanni Zamboni, SATW, Lugano

Conseil technique de ce numéro

Elisabeth McGarrity, SATW, Brigue

Création

VISUM visuelle umrisse gmbh, Bern, www.visum-design.ch

Impression

Egger AG, Frutigen

Abonnement et commandes:

info@satw.ch
Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Case postale, 8023 Zürich
Téléphone 044 226 50 11
Fax 044 226 50 19