



La nouvelle ligne du *Saint-Gothard*

Le projet AlpTransit Gotthard va donner naissance à une ligne de plaine à travers les Alpes, résolument tournée vers l'avenir. Le tunnel de base du Saint-Gothard – qui, avec une longueur de 57 km, sera le plus long tunnel au monde – constituera la pièce maîtresse de cette nouvelle liaison ferroviaire. Cette oeuvre de pionnier du 21ème siècle portera à une amélioration notable des possibilités de circulation et de transport au cœur de l'Europe.



A grande vitesse à travers l'Europe

Grâce à la construction de la nouvelle ligne ferroviaire à travers les Alpes (NLFA), la Suisse s'intègre au sein du réseau européen à grande vitesse qui ne cesse de croître. La distance entre les centres économiques situés des deux côtés des Alpes tend à s'amoinrir à l'aide de la liaison ferroviaire de l'avenir: la ligne de plaine du Saint-Gothard crée de nouvelles perspectives pour le trafic ferroviaire à travers les Alpes.

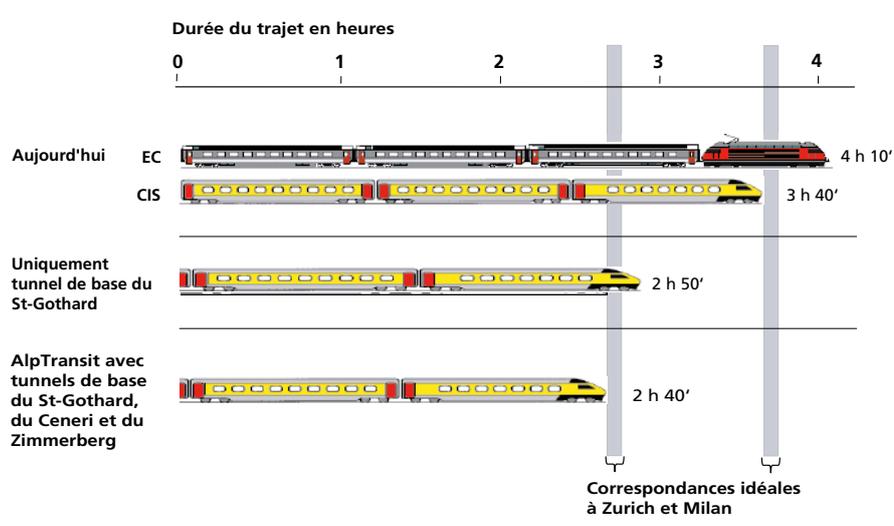


Le réseau européen des lignes ferroviaires à grande vitesse en l'an 2020

Un réseau européen de lignes à grande vitesse a vu le jour en Europe au cours des vingt dernières années et sa croissance se poursuit continûment: selon la progression des projets, il pourrait y avoir près de 20'000 km de lignes à grande vitesse en Europe autour de l'an 2020. L'existence

d'un réseau aussi structuré et étendu permettra au rail de se poser en concurrent de la voiture pour le transport de passagers. Par ailleurs, si le temps de trajet par train entre deux centres est inférieur à quatre heures, le chemin de fer peut alors également concurrencer l'avion.

Si les réseaux à grande vitesse continuent à s'étendre en Europe, c'est surtout leur harmonisation qui progresse constamment. L'uniformisation des systèmes de signalisation et des dispositifs de contrôles ferroviaires par delà les frontières territoriales en est l'objectif déclaré. L'interopérabilité constitue un facteur essentiel pour l'efficacité de l'exploitation.



Comparaison des temps de trajet pour les trains de voyageurs entre Zurich et Milan après les différentes étapes du projet

Les nouvelles lignes ferroviaires construites en Suisse sont également réalisées dans l'optique de l'interopérabilité. Les nouvelles lignes ferroviaires à travers les Alpes (NLFA) ouvrent les portes de la Suisse au trafic à grande vitesse: les futurs trains de voyageurs d'AlpTransit circuleront à des vitesses de 200 à 250 km/h. Les lignes constituent par ailleurs une percée imposante à travers l'espace alpin, puisque le tunnel de base du Saint-Gothard sera le plus long tunnel ferroviaire du monde avec ses 57 km de longueur.



Une nouvelle ère pour le trafic à travers les Alpes

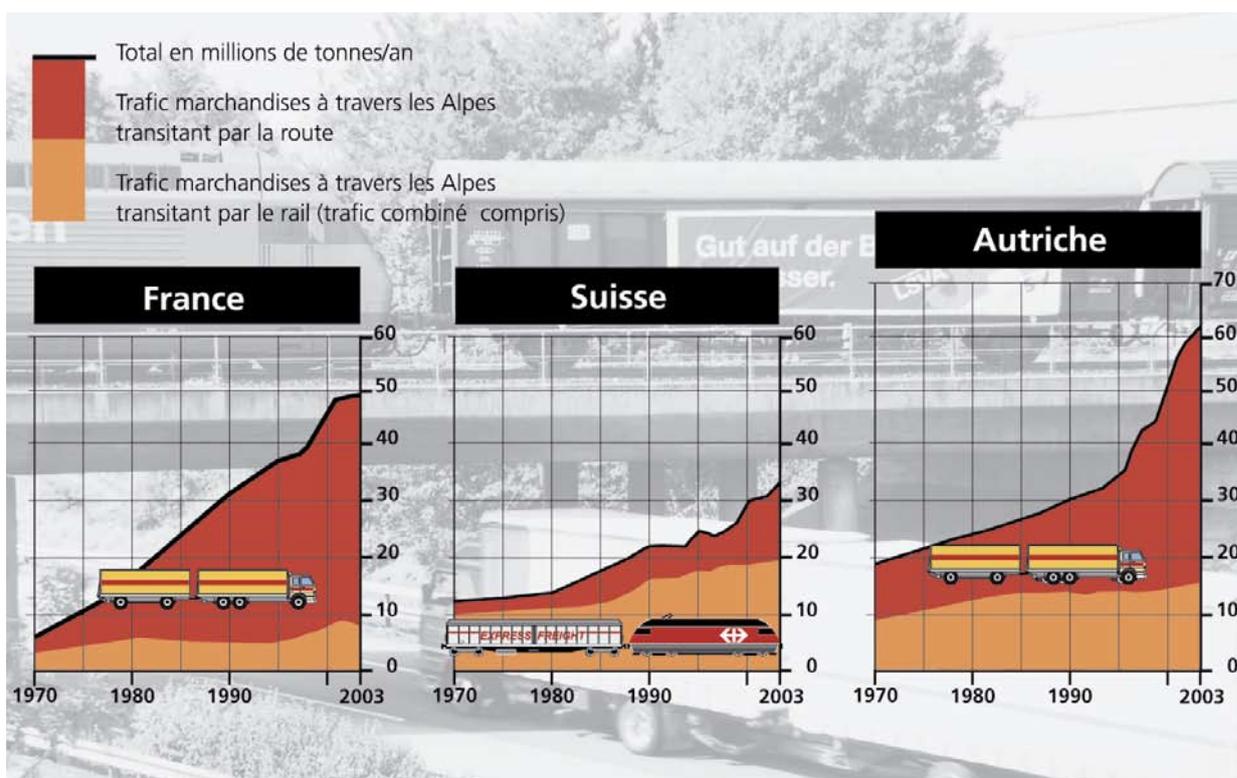
En Europe, les trafics voyageurs et marchandises à travers les Alpes ne cessent de croître. Dans la mesure du possible, la Suisse veut s'appuyer sur le rail pour maîtriser ces flux de circulation en constante progression. Avec la construction de la NLFA, la Suisse pose un jalon de la politique des transports et crée la base nécessaire à une gestion écologique de la mobilité.



Le trafic marchandises traversant les Alpes par le rail ou par la route a continûment augmenté en Europe et en Suisse. La progression du commerce international est supérieure à celle du marché intérieur. La forte croissance du trafic de marchandises avec l'Italie (dans les deux sens) va par ailleurs se poursuivre.

Actuellement, le trafic européen de marchandises à travers les Alpes s'effectue majoritairement par la route. Le trafic routier à travers les Alpes double tous les huit ans alors que le trafic ferroviaire reste stable. Le relèvement de la limite de 28 tonnes au profit d'une limitation à 40 tonnes va conduire à une réduction du nombre de poids lourds contournant la Suisse par l'Autriche ou la France: le trafic de transit continuera donc à progresser. Une étude réalisée par la commission de l'Union européenne prévoit même une progression du trafic de marchandises de 75% pour l'ensemble de l'espace alpin jusqu'en 2010.

La poursuite de cette tendance fait peser une menace sur la qualité de cet espace de vie pour nous, d'une part, mais davantage encore pour les générations qui nous succéderont. C'est pour cette raison que la Suisse, bien avant d'autres pays, a inscrit dans sa constitution son objectif en matière de politique des transports, gérer la mobilité de la manière la plus écologique possible. La ligne de montagne du Saint-Gothard, datant de près de 130 ans, n'est cependant plus en mesure d'absorber de tels volumes. Seule une extension de l'infrastructure ferroviaire permettra à la Suisse de faire face à la demande croissante du trafic de marchandises et aux besoins toujours plus importants des clients. Les deux axes des NLFA du Saint-Gothard et du Lötschberg doubleront la capacité annuelle en trafic marchandises de 20 millions de tonnes aujourd'hui à près de 50 millions de tonnes à leur mise en service. L'augmentation prévue pourra ainsi être maîtrisée. Une capacité accrue et une meilleure qualité ne peuvent être que bénéfiques pour les clients.



La modernisation de l'infrastructure ferroviaire

En cherchant à transférer le trafic de la route au rail, la Suisse poursuit une politique des transports durable et respectueuse de l'environnement. Pour réaliser cet objectif, des investissements considérables dans l'infrastructure des transports publics sont indispensables.

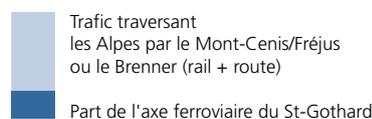
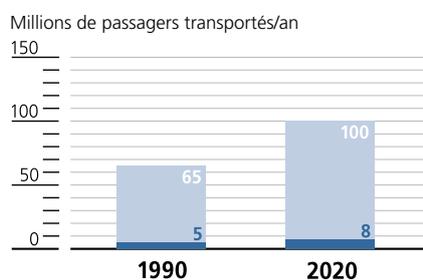
6

L'extension et la modernisation du réseau ferré existant en Suisse doivent s'opérer selon quatre axes principaux: l'amélioration qualitative de la position de la Suisse, un plus grand respect de l'environnement, la garantie du financement des transports publics et l'intégration de l'infrastructure suisse des transports dans le réseau européen.

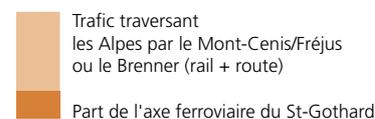
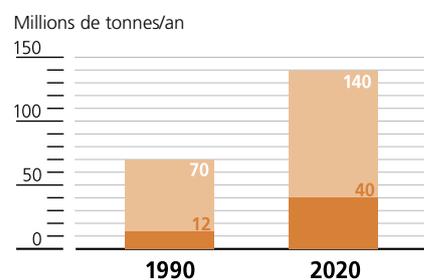
Quatre projets permettront d'atteindre ce but: il s'agit d'AlpTransit, de Rail 2000, du raccordement de la Suisse au réseau européen à grande vitesse et de la protection antibruit des lignes existantes et du matériel roulant. Pour faire écho à la demande exprimée pour le transport de marchandises, l'extension se fera d'abord selon l'axe nord-sud, afin de rendre d'une part le trafic plus attrayant au niveau national et d'autre part pour relier plus efficacement entre eux les espaces économiques suisse, italien et allemand.

Concernant le trafic voyageurs, les flux de transit restent aujourd'hui bien inférieurs au trafic intérieur suisse et au trafic entre la Suisse et l'Italie. Parallèlement, la réalisation d'un réseau ferré européen à grande vitesse progresse, de nouveaux liens économiques se tissent et la mobilité transfrontalière gagne en importance. Dans ces conditions, l'intégration dans le

Passagers



Marchandises



Progression attendue du trafic à travers les Alpes entre 1991 et 2020

réseau européen à grande vitesse constitue une priorité absolue pour la Suisse.

Dans le transport de marchandises, les convois de marchandises hautement spécialisés, déployant des vitesses de pointe de 160 km/h, ouvrent de nouveaux horizons. Grâce aux vitesses plus élevées de ces trains de marchandises, leurs trajets ne devront plus être interrompus pour laisser passer les trains de voyageurs.

Grâce à AlpTransit, le rail va devenir un support moderne et performant pour l'écoulement du trafic car il est en mesure de mettre à disposition une capacité de transport plus importante tout en réduisant les temps de trajet. Il garantit par ailleurs la maîtrise à la fois durable et écologique de la mobilité ainsi que des flux de marchandises et de passagers en constante progression.

Le financement de la modernisation

La modernisation du rail est régie par un projet de financement global (FTP), auquel le peuple suisse a donné son approbation en 1998.

Le peuple suisse a accepté le projet relatif à la réalisation et au financement de l'infrastructure des transports publics (FTP) le 29 novembre 1998. Celui-ci doit permettre une modernisation et un aménagement complets de l'infrastructure ferroviaire. Outre la NLFA, seront également réalisés Rail 2000, le raccordement de la Suisse orientale et occidentale au réseau européen du trafic à grande vitesse ainsi que la protection antibruit le long des voies ferrées. Son financement sera effectué par le biais d'un fonds spécial, alimenté par l'impôt sur les huiles minérales, la redevance forfaitaire sur le trafic des poids lourds (RPLP) ainsi que par un pour mille de la TVA.

Sur les près de 30 milliards de francs qui seront investis pendant les vingt prochaines années dans le projet de modernisation, environ la moitié sera consacrée à la réalisation des nouvelles transversales alpines. A titre d'exemple, la construction du tunnel de base du Saint-Gothard coûtera environ 7 milliards de francs tandis que le tunnel de base du Ceneri reviendra à plus de 2 milliards de francs.

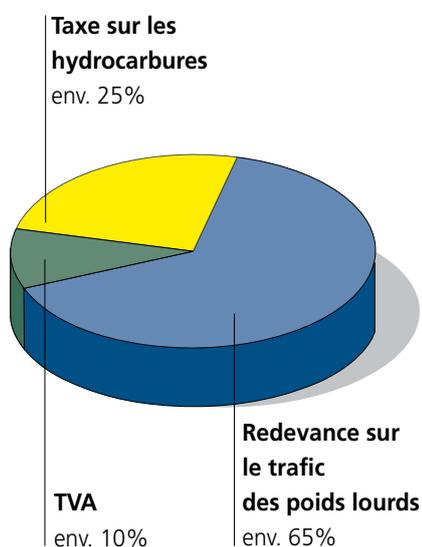
Les deux lignes de base seront construites par étapes. Pour la nouvelle ligne du Saint-Gothard, cela signifie que le creusement du tunnel de base du Saint-Gothard a déjà été commencé et que peu après seront percés les tunnels de base du Ceneri et du Zimmerberg.

7



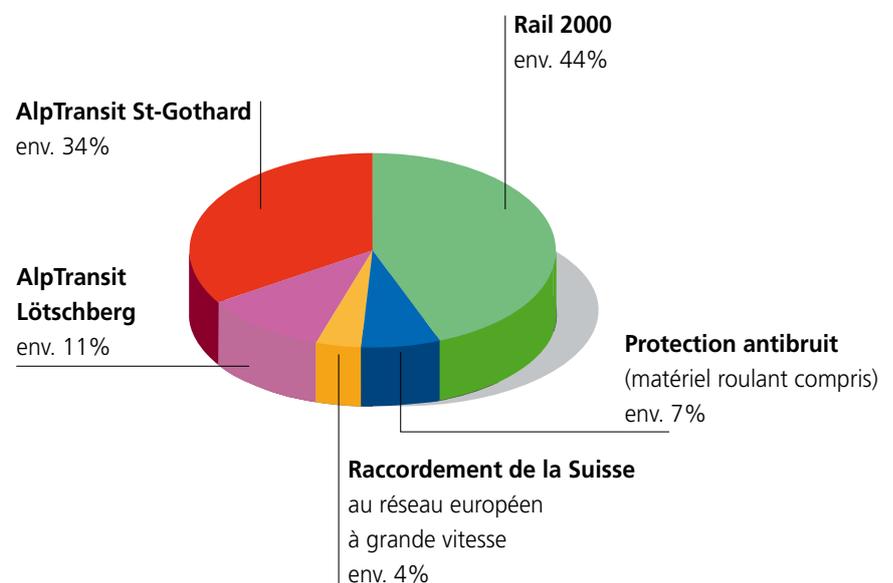
Provenance des ressources

30 milliards de francs **au total**



Utilisation des ressources

30 milliards de francs **au total**



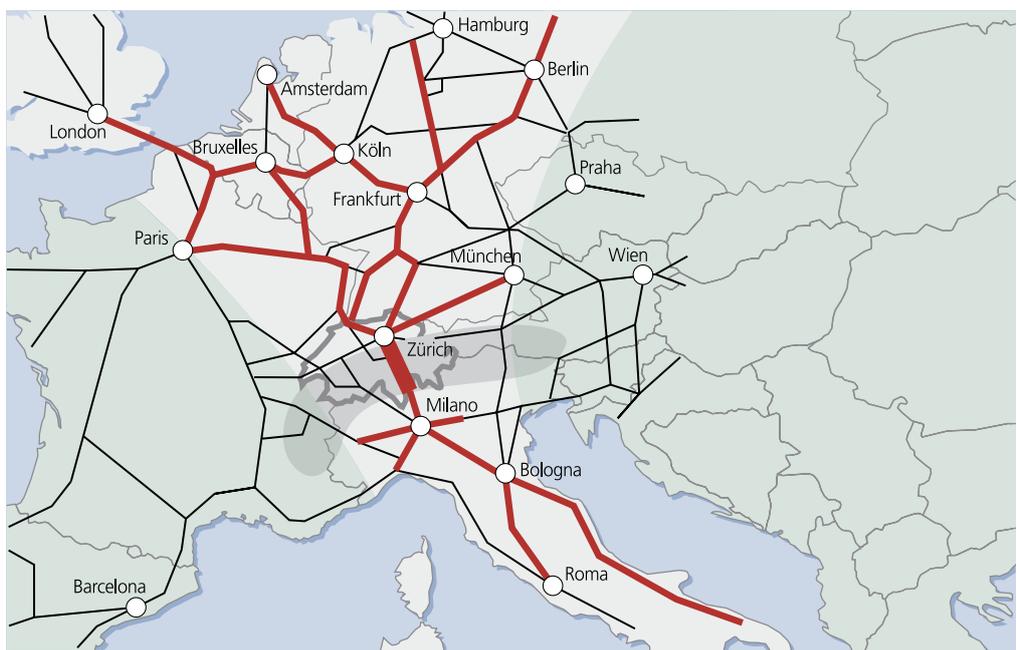
Des trains plus rapides, des voyages plus courts

L'offre des chemins de fer sera non seulement améliorée par l'extension du réseau, mais également par la mise en service de nouveau matériel roulant. L'offre de base pour le trafic voyageurs se fondera sur la liaison entre les deux grands centres que sont Zurich et Milan.

8

La nouvelle ligne du Saint-Gothard, combinée avec les ouvrages réalisés dans le cadre de Rail 2000 et avec la mise en service de nouveaux matériels roulants, réduira considérablement les temps de trajet. Si aujourd'hui la liaison Zurich-Saint-Gothard-Milan nécessite encore 3 heures et 40 minutes (Cisalpino), à l'avenir, cette durée sera réduite à 2 heures et 40 minutes. D'autres réductions de temps de trajet sont tout à fait envisageables. Le rail représentera ainsi un concurrent sérieux pour la voiture et l'avion: 20 millions de personnes habitant dans le bassin desservi par la nouvelle ligne du Saint-Gothard pourront profiter de la réduction de ces temps de trajet.

Pour le trafic voyageurs, le tunnel de base du Saint-Gothard va rendre les liaisons internationales basées sur les



Le Saint-Gothard: la traversée des Alpes la plus rapide

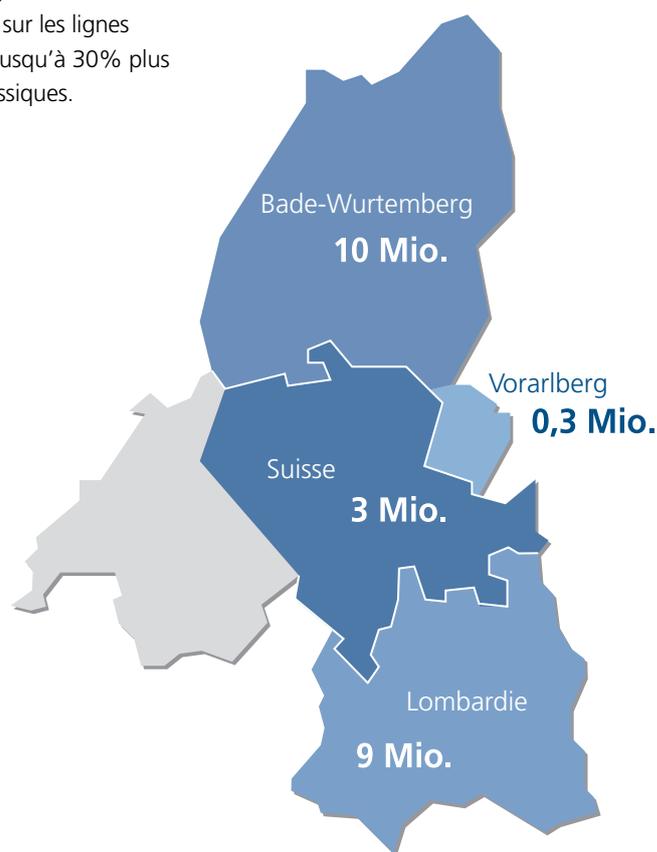




nœuds de correspondances de Zurich et de Milan nettement plus rapides. Les centres du sud de l'Allemagne et les villes industrielles du nord de l'Italie, la métropole de Milan en tête, vont ainsi se rapprocher considérablement les unes des autres.

Au nord des Alpes, le trafic par la ligne du Saint-Gothard sera intégré dans les cadences de desserte prévues dans le cadre de Rail 2000. Les cadences de Rail 2000 et des Chemins de fer italiens (FS) peuvent être harmonisées. Des correspondances pour la Suisse orientale existent toutes les heures à Arth-Goldau. Milan deviendra le carrefour méridional du système Rail 2000. Le rythme de base des liaisons entre Zurich/Bâle et Milan s'effectuera à une cadence de soixante minutes. Le trajet Zurich – Bellinzona sera réduit à une distance pendulaire.

Le matériel roulant sera également adapté aux nouvelles données: les trains de voyageurs internationaux, tout comme les trains de marchandises en transit, deviendront plus rapides, plus silencieux et plus confortables. Outre les trains à grande vitesse connus (TGV, ICE), des trains pendulaires modernes pourront également circuler sur la nouvelle ligne à des vitesses dépassant les 200 km/h; sur les lignes existantes aussi, ils sont jusqu'à 30% plus rapides que les trains classiques.



Plus de 20 millions de personnes habitent dans le bassin du Saint-Gothard



Rail et marchandises ont un avenir commun

La croissance du marché des transports de marchandises va se poursuivre en Europe. Les perspectives les plus intéressantes pour le transport des marchandises par le rail se situent au niveau du trafic combiné non accompagné et du trafic par wagons complets isolés – sur les convois de marchandises qualifiés.

10

Futurs trains de marchandises

Trains de marchandises qualifiés



Vitesse maximale (km/h)

≤160

Charge tractée maximale (t)

1200

Longueur maximale, motrice comprise (m)

450

Trafic combiné non accompagné



120

2000–4000

750–1500

Chaussée roulante

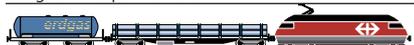


120

2000–4000

750–1500

Wagons complets isolés



100–120

2000–3200

750

Le trafic de marchandises gagne en efficacité

Les études réalisées sur le développement du trafic marchandises en Suisse (par l'Office fédéral du développement territorial ODT, 2004) tablent sur une demande pouvant augmenter de jusqu'à 78% jusqu'en 2030. Et dans ce contexte, la croissance du trafic de transit sera nettement supérieure à la moyenne. La politique des transports helvétique entraînera une augmentation de la part du marché du rail dans le trafic total de marchandises. En outre, les clients deviennent de plus en plus exigeants, tant au niveau du service qu'à celui de l'administration. La ponctualité des horaires pour le transport ferroviaire des marchandises de demain doit encore être améliorée pour être amenée au niveau de celle du trafic voyageurs.

De nos jours, jusqu'à 150 convois de marchandises empruntent quotidiennement l'axe du Saint-Gothard. La construction d'AlpTransit Saint-Gothard portera la capacité de la ligne à plus de 200 trains par jour, dont la longueur pourra, par ailleurs, dépasser celle d'aujourd'hui. Ceci correspond à un volume de transport de 40 millions de tonnes de marchandises par an et donc à un doublement par rapport à la capacité actuelle.

Il est prévu qu'un bon tiers des trains de marchandises passant par le tunnel de base du Saint-Gothard transitent par Luino vers les terminaux de chargement pour le trafic combiné non accompagné en direction du nord de l'Italie. Un peu moins des deux tiers des trains de marchandises se dirigeant vers l'Italie passent par Chiasso.

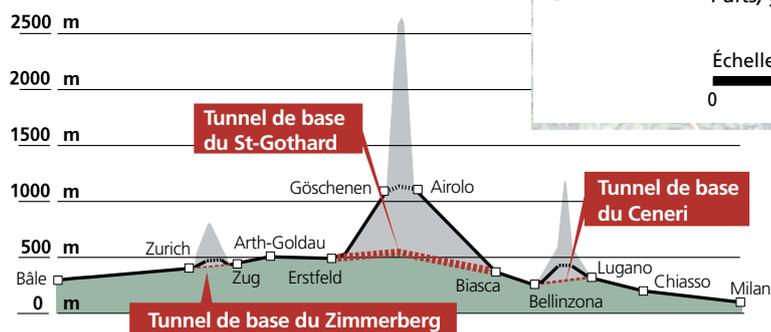
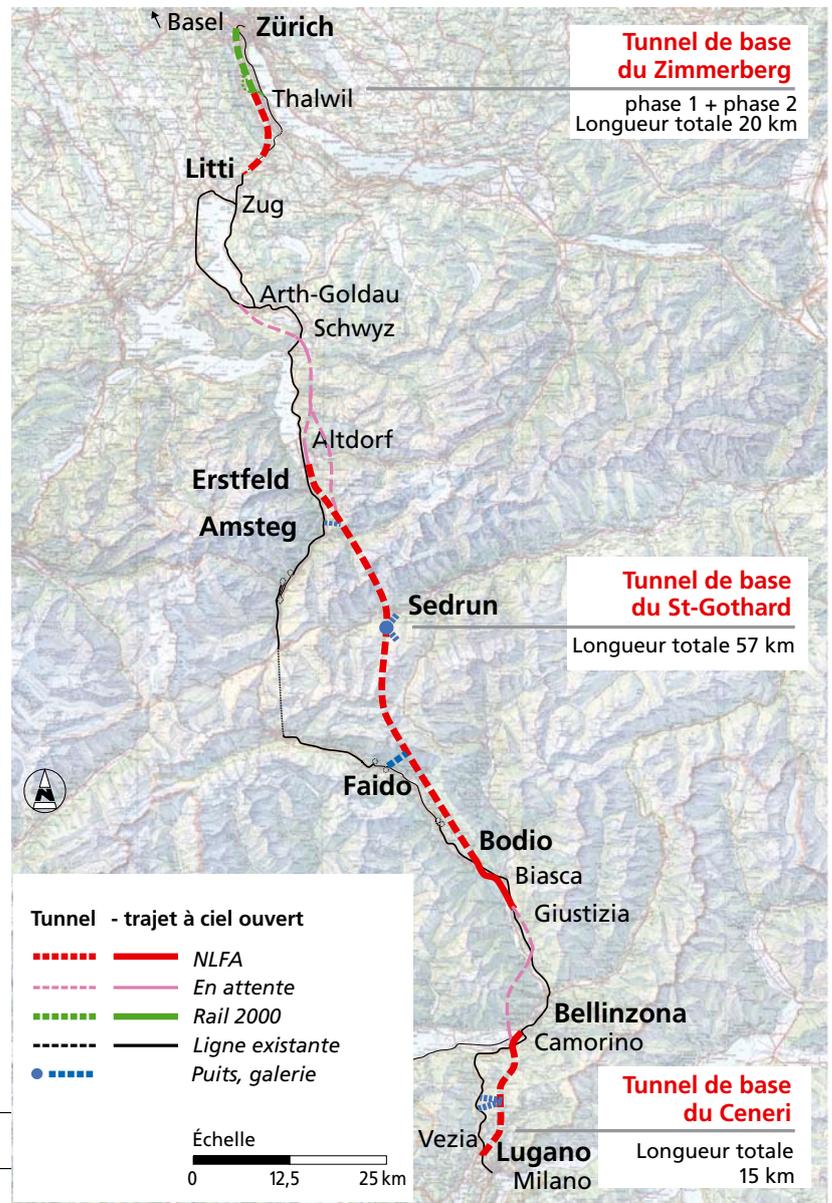


La ligne de plaine: un objectif atteint par étapes

La réalisation d'une ligne de plaine sur le nouvel axe du Saint-Gothard permet une gestion plus rentable du trafic des marchandises; l'avantage principal pour le trafic voyageurs réside dans la réduction considérable des temps de trajet.

La construction des tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri va donner naissance à une ligne de plaine moderne dont le point le plus élevé (sommets), situé à 550 m au-dessus du niveau de la mer, se trouve à une altitude équivalente à celle de la ville de Berne. A titre de comparaison, la ligne de montagne existante culmine à 1150 m d'altitude. Les pentes ne seront pas plus prononcées que celles des tunnels traversant le Jura par le Hauenstein (Bâle – Olten) et le Bözberg (Bâle – Brugg). Le trajet sur le sol suisse s'effectuera à une altitude inférieure et sera plus court de 40 km. La distance entre l'Italie et l'Allemagne sera notablement réduite.

La ligne de plaine permet de faire circuler des trains de marchandises de longueur supérieure à celle des trains actuels, les pentes de montée et les virages à rayons serrés des lignes ferroviaires existant actuellement dans la région des Alpes interdisent l'utilisation de ce genre de convois. L'achèvement de la ligne de plaine permettra de transporter des volumes identiques en utilisant moins de locomotives et d'énergie et en mobilisant moins de personnel.



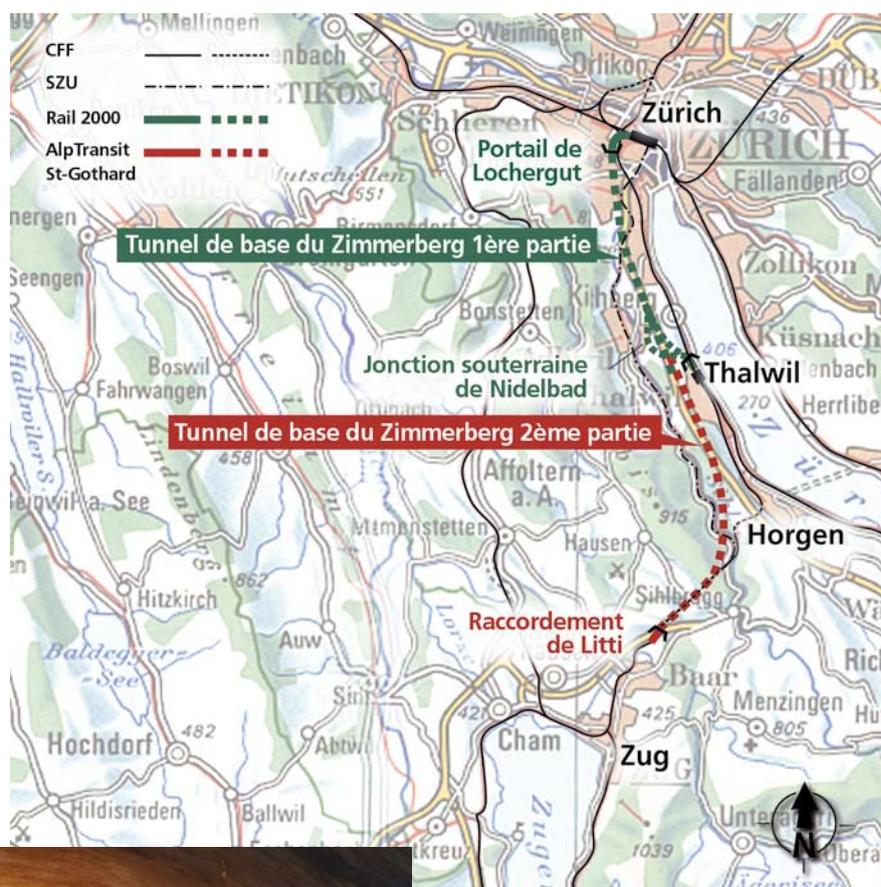
Jamais deux sans trois...

Le tunnel de base du Zimmerberg complète les tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri vers le nord. Ensemble, ces trois tunnels forment une ligne ferroviaire traversant l'espace alpin de part en part.

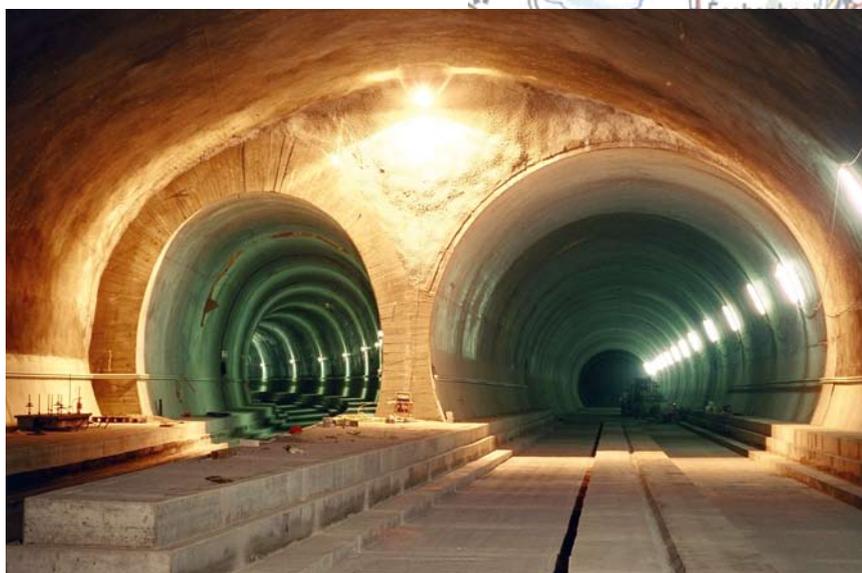
12

Au nord, la nouvelle ligne du Saint-Gothard est complétée par le tunnel de base du Zimmerberg. Les trois tunnels de base ramènent la durée de voyage entre Zurich et Milan à 2 heures et 40 minutes. Cela équivaut à dire que les correspondances des horaires suisses et italiens seront optimales. Une durée de trajet de 2 heures et 50 minutes - c'est-à-dire sans le tunnel de base du Zimmerberg - ne permettrait pas ces correspondances parfaites.

Le percement de la première partie de ce tunnel a déjà été effectué dans le cadre du projet Rail 2000. Il est déjà en service actuellement. La ligne AlpTransit Saint-Gothard se raccorde en souterrain, à la hau-



Au nord, le tunnel de base du Zimmerberg

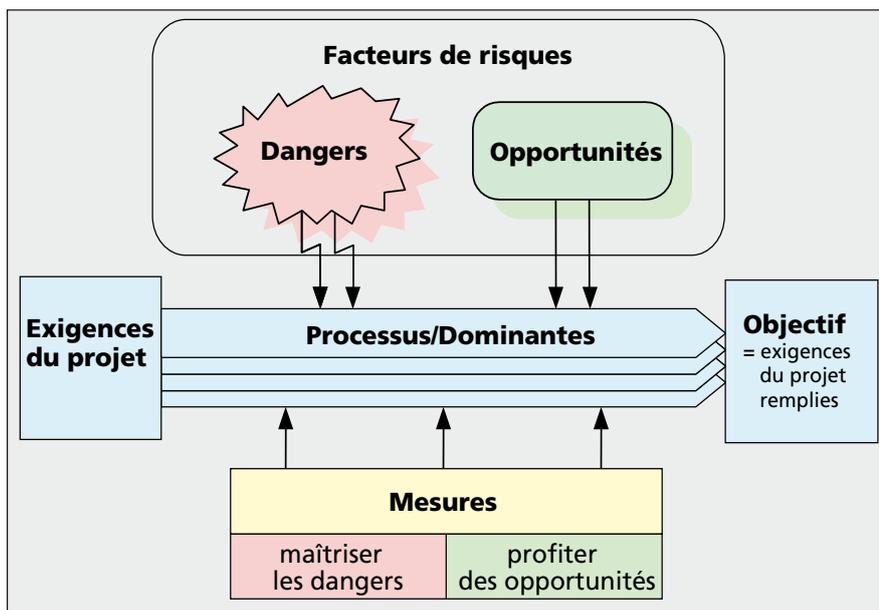


Ouvrage de raccordement « Nidelbad »

teur de Nidelbad dans le canton de Zurich, à cette liaison entre Zurich et Thalwil et poursuit l'extension de la nouvelle ligne en direction de Zug. Elle donne ainsi naissance à un tunnel ferroviaire d'une longueur totale d'environ 20 km. En raison des programmes d'allègement budgétaire, la Confédération a repoussé à plus tard la date du commencement des travaux, qui était prévue pour 2006.

Une tâche difficile? Une gestion de projet systématisée!

En tant que maître d'ouvrage, l'objectif principal de la société AlpTransit Gottard SA, filiale des CFF SA fondée en mai 1998, est de réaliser la ligne de base du Saint-Gothard entre Zurich et Lugano dans la qualité concordée, les délais les plus brefs et au moindre coût possible.



Gestion du risque de la société AlpTransit Gottard SA

Le système de gestion intégral certifié d'AlpTransit Gottard SA, dont les piliers sont la gestion de la qualité et de l'environnement ainsi que celle de la sécurité au travail et de la sécurité de l'information, constitue le fondement permettant d'atteindre ces objectifs de projet exigeants.

Les points d'articulation de la gestion du projet forment un facteur essentiel pour pouvoir obtenir le succès escompté sur l'ensemble du projet. L'interaction ciblée des nombreux acteurs du projet (Confédération – maître d'ouvrage – aménageurs – entrepreneurs – fournisseurs) est absolument décisive. Dans le cadre de la gestion de la qualité (GQP) du projet, la société AlpTransit Gottard SA accorde une attention particulière à la définition et à la régulation des articulations au sein de l'organisation du projet, c'est-à-dire à l'endroit où les tâches, les informations et les responsabilités changent de main.

Conception directrice de la AlpTransit Gottard SA

- Au Saint-Gothard, Ceneri et Zimmerberg, la société AlpTransit Gottard SA réalise une ligne de plaine continue satisfaisant aux exigences d'un axe de transport à travers les Alpes, à la fois économiquement séduisant et respectueux de l'environnement. La planification des raccordements est effectuée de sorte à permettre plus tard une poursuite du projet débouchant sur un réseau ferroviaire continu à grande vitesse.
- La société AlpTransit Gottard SA s'engage à respecter les normes, coûts et délais concordés vis-à-vis de la Confédération en tant que commettante et des CFF SA. La société AlpTransit Gottard SA se distingue par sa gestion professionnelle du projet ainsi que par ses compétences d'entrepreneur.
- La société AlpTransit Gottard SA contrôle constamment les normes et les programmes des délais prescrits aux mains de la commettante pour présenter ainsi les possibilités existantes de réaliser des économies d'investissements et de futurs coûts d'exploitation.
- De plus, on œuvre dans l'objectif d'exploiter le plus vite possible économiquement les investissements réalisés.
- La société AlpTransit Gottard SA agit selon des principes éthiques.

La gestion du risque repose essentiellement sur deux questions clés.

- Les dangers: quels sont les facteurs qui pourraient entraver la réalisation de l'objectif, voire même la rendre impossible?
- Les opportunités: quels sont les facteurs qui pourraient faciliter ou épauler la réalisation de l'objectif?

Des mesures concrètes doivent contribuer à minimiser les dangers et à mettre à profit les opportunités. La société AlpTransit Gottard SA ainsi que tous les partenaires du projet sont tenus d'analyser régulièrement les risques existant dans leur domaine d'activité, de planifier en conséquence des mesures adéquates et de mettre ces dernières en oeuvre.

50 années de planification pour un tunnel de 57 km

L'idée de percer un tunnel de base traversant le massif du Saint-Gothard n'est pas neuve: une première ébauche fut présentée dès 1947. Mais ce n'est qu'un demi-siècle après le premier projet de 1962 que le plus long tunnel ferroviaire du monde devrait effectivement être mis en service. Les cinquante années qui ont passé ont naturellement marqué le projet de leur empreinte.

14

L'acceptation des projets pour les nouvelles lignes ferroviaires à travers les Alpes (NLFA) en 1992 a constitué la base sur laquelle la planification a pris appui. L'acceptation de la redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP) et du projet de modernisation du rail de 1998 signifièrent ensuite que le feu vert était enfin donné pour la construction de la ligne. La mise en service du plus long tunnel ferroviaire du monde est prévue pour 2015.

Le groupe d'étude du tunnel du Saint-Gothard créé par le Département fédéral de l'intérieur élaboré en 1962 le premier projet de tunnel de base traversant le massif du Saint-Gothard. Le tunnel à deux voies prévu, desservi par deux points d'attaque intermédiaires, reliait Amsteg à Giornico en transperçant la montagne en ligne droite. Sa longueur était de 45 km et il comprenait en son milieu une excavation abritant une voie de dépassement. Les trains devaient pouvoir y circuler à une vitesse maximale assez proche de celle prévue aujourd'hui: jusqu'à 200 km/h.



Travaux de construction pour une diagonale d'échange au sein de la station multifonctions de Sedrun

D'autres éléments du projet de cette époque ont subi de profondes modifications. Un débat animé s'engagea alors essentiellement pour déterminer le système de galeries le plus approprié. La commission chargée des tunnels ferroviaires à travers les Alpes au Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie parvint à la conclusion, dans le rapport qu'elle publia en 1971, qu'un tunnel à deux voies éventuellement subdivisé par endroits en deux galeries à voie uni-

que constituerait la meilleure solution. Le choix entre une galerie à deux voies avec un tube de service ou deux galeries à voie unique (avec ou sans tube de service) n'a toutefois été adopté que bien plus tard, à savoir en 1995.

Une solution mixte l'a finalement emporté: deux tunnels à voie unique sans galerie de service, mais toutefois dotés de deux stations multifonctions, de diagonales d'échange et d'environ 180 rameaux de communication, de sorte que chacun des deux tunnels puisse servir de tunnel de secours à l'autre en cas d'incident.

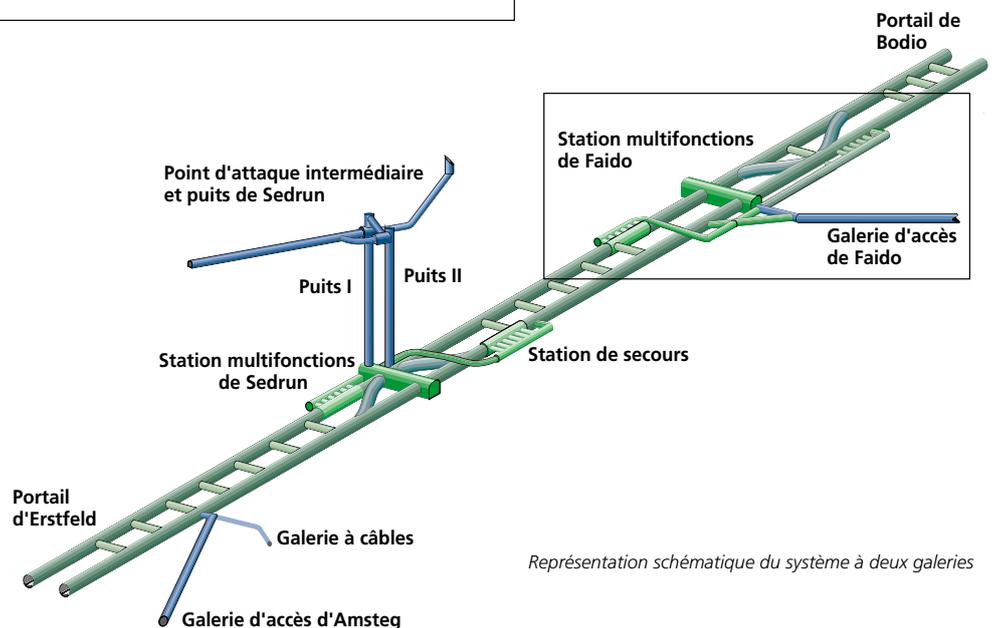
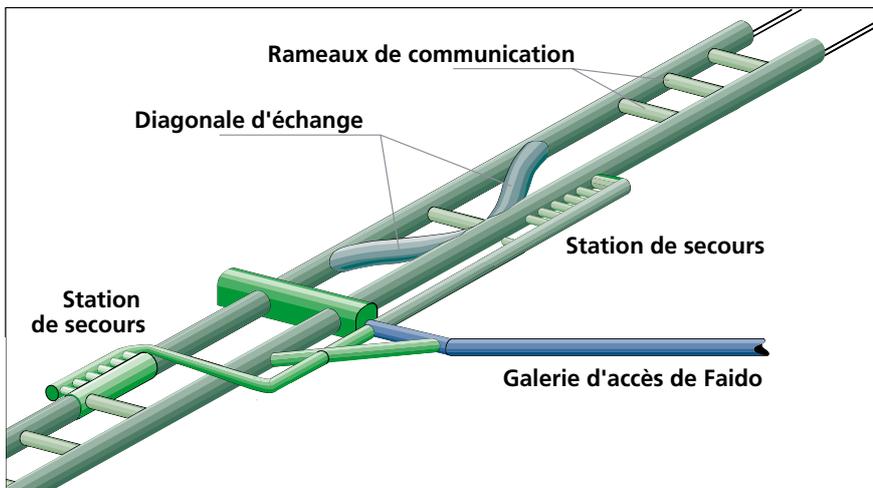
Deux galeries? Bien plus!

Le tunnel de base du Saint-Gothard se compose de deux galeries à voie unique reliées l'une à l'autre par des rameaux de communication. Les deux stations multifonctions situées au premier et au deuxième tiers de la longueur du tunnel comportent des échangeurs et des stations de secours, de même qu'elles abritent des locaux techniques pour la ligne ferroviaire ainsi que des installations de ventilation.

En approuvant l'avant-projet pour le tunnel de base du Saint-Gothard, le Conseil fédéral s'est prononcé pour un système comportant deux galeries à voie unique. Elles sont distantes l'une de l'autre de 40 m environ et sont reliées entre elles tous les 325 m par des rameaux de communication. Deux paires d'échangeurs permettent aux trains de passer d'une galerie à l'autre, ce qui pourrait

s'avérer nécessaire en cas de travaux de maintenance ou de dérangement. Les échangeurs sont situés dans les stations multifonctions de Sedrun et de Faido. Ces stations abritent également une partie des installations de ventilation, des locaux techniques contenant des équipements de sécurité et de distribution d'énergie électrique ainsi que deux stations de secours.

Les stations de secours sont prévues pour l'arrêt d'urgence d'un train mais servent également de zones de fuite et d'évacuation pour les voyageurs. L'itinéraire de sauvetage vers l'autre galerie évite tout franchissement de voie ou toute utilisation d'escalier ou d'ascenseur aux passagers. En cas de dérangement, de l'air frais est insufflé dans les stations de secours ainsi que dans leurs galeries latérales et de raccordement. La fumée est aspirée dans la galerie en dérangement. Une légère surpression suffit à assurer l'absence de fumée sur l'itinéraire de sauvetage vers l'autre galerie. Un train d'évacuation conduit les passagers hors du tunnel à partir de la station de secours. Si un train venait à s'arrêter en dehors d'une station de secours, les voyageurs pourraient emprunter les rameaux de communication vers l'autre galerie comme itinéraire de sauvetage.

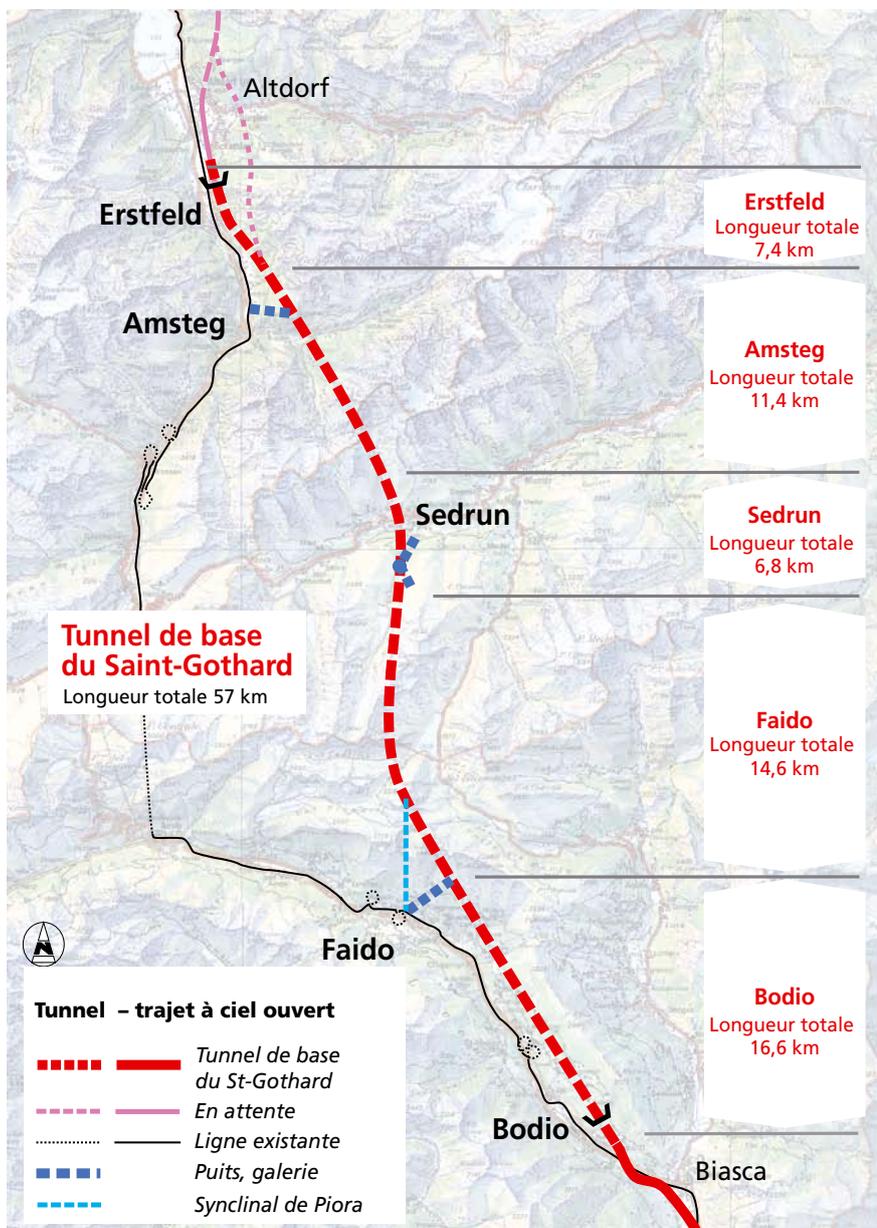


Représentation schématisée du système à deux galeries

Un tracé marquant l'élégance et l'efficacité

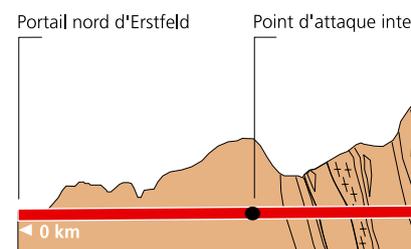
La ligne droite n'est pas toujours la liaison la plus judicieuse entre deux points, différents paramètres influant sur le tracé. Dans le cas du tunnel de base du Saint-Gothard, le meilleur itinéraire possible est en partie imposé par la géologie. Les prévisions établies par des géologues d'expérience renforcées par des sondages garantissent une bonne sécurité. Mais personne ne peut prévoir avec exactitude ce qui attendra réellement les mineurs sur le front de taille.

16



A l'air libre, le tracé est influencé d'une part par les requêtes formulées par les habitants des zones concernées et d'autre part par des décisions politiques. Une cellule de conseil pour l'aménagement, constituée d'architectes, d'aménageurs et de spécialistes de l'environnement, est chargée de veiller à la bonne harmonie entre le projet et le paysage ainsi qu'à une intégration esthétique des portails des tunnels dans leur environnement. Des considérations de nature géographique telles que la situation des agglomérations et des lacs de retenue ou les accès aux chantiers doivent par ailleurs être prises en compte.

Le tracé à travers la montagne n'est pas simple, lui non plus. Il y a plusieurs millions d'années, un océan recouvrait la zone actuellement occupée par les Alpes et des sédiments marins se sont déposés sur le socle cristallin. Lorsque les plaques européenne et africaine se rencontrèrent, ces roches furent soulevées hors de l'eau et s'imbriquèrent les unes dans les autres. Les sédiments furent enveloppés ou transportés loin vers le nord comme couverture. Les cœurs cristallins des massifs de



l'Aar et du Saint-Gothard furent pressés l'un contre l'autre, les couches situées au sud s'en trouvèrent laminées et s'empilèrent les unes sur les autres. La formation des Alpes s'est étalée sur plusieurs dizaines de millions d'années.

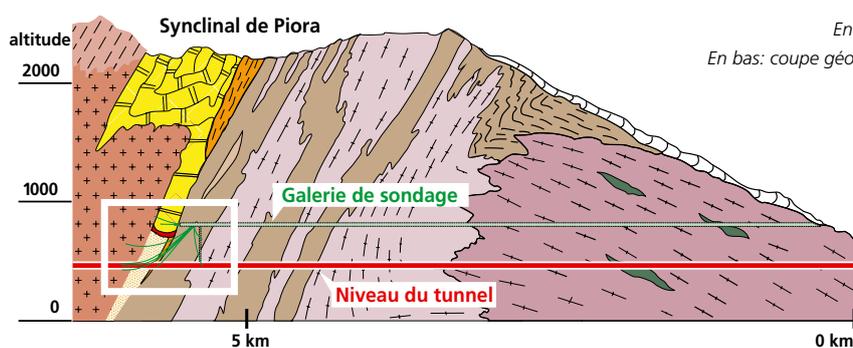
Les massifs de l'Aar et du Saint-Gothard constituent l'épine dorsale des Alpes suisses. Ils se composent essentiellement de gneiss et de granites. Des sédiments ont été pincés entre ces massifs et certaines parties sont très fracturées. C'est pourquoi les couches géologiques les plus diverses devront être traversées lors du percement du tunnel du Saint-Gothard, des granites les plus durs du massif du Saint-Gothard aux roches les plus tendres du massif intermédiaire du Tavetsch; en passant par le gneiss penninique chargé de tensions internes.

Le synclinal de Piora constituait un endroit clé pour la géologie: sa structure et son extension étaient inconnues au début du projet. Toutefois, quatre forages réalisés obliquement jusqu'au niveau du

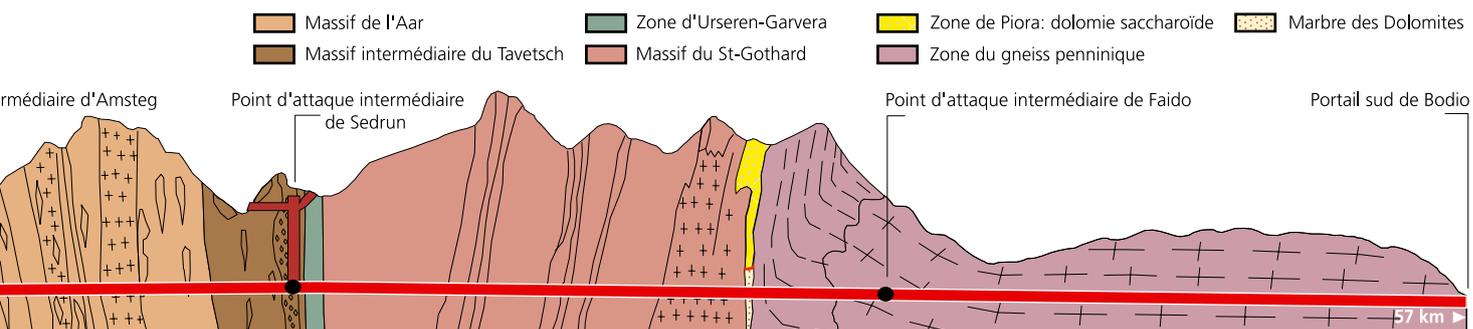
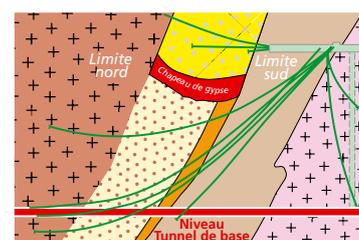
tunnel ont permis d'établir que l'on trouve principalement des roches stables à cette profondeur, sans circulation ni pression d'eau. Ce résultat particulièrement réjouissant pour le tunnel a été confirmé par des carottes, des mesures de température et des observations sismiques.

Pour ce qui est de la traversée du massif intermédiaire du Tavetsch, il faudra utiliser des méthodes de percement spéciales qui tiennent compte des conditions de pression très élevées par endroit.

Des points d'attaque intermédiaires, donc des accès supplémentaires au tunnel par le haut (puits) ou par les côtés (galeries), permettent de réduire la durée nécessaire au percement de longs tunnels. Les points d'attaque intermédiaires d'Amsteg, de Sedrun et de Faido réduisent de moitié la durée de creusement du tunnel de base du Saint-Gothard et le subdivisent en cinq tronçons: Erstfeld (comprenant le portail nord), Amsteg, Sedrun, Faido et Bodio (comprenant le portail sud).



En haut: géologie et galerie de sondage du synclinal de Piora
En bas: coupe géologique longitudinale du tunnel de base du Saint-Gothard



Le concept de construction du tunnel de base du Saint-Gothard

Le Conseil fédéral a fixé le tracé de la nouvelle ligne AlpTransit Gottard reliant Erstfeld à Giustizia en avril 1995. Afin d'optimiser la durée et les coûts de construction, le tunnel de base du Saint-Gothard prévoit le percement simultané de cinq tronçons de longueur inégale.

18

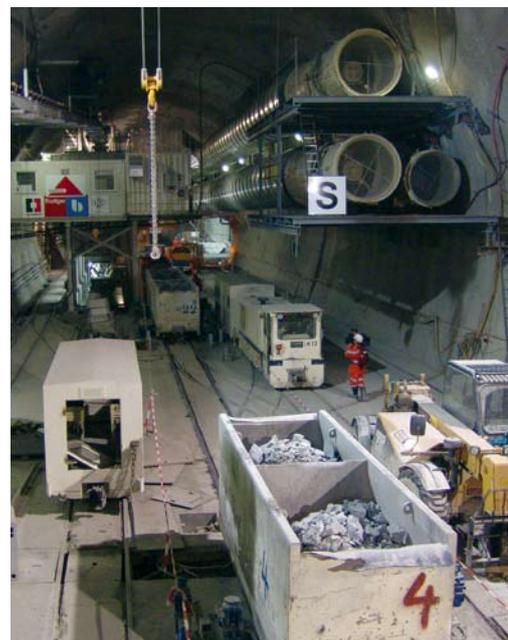
Les travaux de construction de la galerie de sondage du synclinal de Piora ont débuté en 1993 et ont permis de connaître la géologie de la zone de la Piora en 1998. Toutes les galeries d'accès ainsi que l'intégralité des puits d'accès ont été percés en 1996. Actuellement a lieu l'excavation des galeries du tunnel, des rameaux de communication et des stations multifonctions.

Les études menées dans le cadre de la planification du projet ont permis de déterminer où, à quel moment et dans quel ordre les travaux devaient s'effectuer, afin d'optimiser les durées et les coûts des chantiers. La solution retenue pour le tunnel de base du Saint-Gothard prévoit le percement simultané de cinq portions de longueur inégale appelés tronçons. Deux variantes ont été élaborées pour le projet,

se différenciant par les méthodes de percement envisagées, à savoir l'avancement à l'explosif ou le creusement par tunnelier.

La ligne d'accès à ciel ouvert, partant du portail nord à Erstfeld pour atteindre le raccordement Rynächt-Altdorf, rattache le tunnel de base du Saint-Gothard à la ligne ferroviaire existante des CFF.

Le tronçon d'Erstfeld constitue la partie la plus au nord du tunnel de base du Saint-Gothard. Il comprend également une jonction souterraine qui permettra éventuellement une prolongation du tunnel en direction nord sans pour autant devoir interrompre son fonctionnement. Dans sa partie initiale, le tunnel sera réalisé dans une fouille à ciel ouvert qui sera comblée une fois les travaux achevés.



Fond du puits de Sedrun



Amsteg

L'avancement au sein du tronçon d'Erstfeld sera effectué à l'aide de tunneliers.

Le tronçon d'Amsteg suit celui d'Erstfeld dans la partie nord. Une galerie d'accès de 1,8 km de longueur et une galerie de chantier ont été excavées à l'explosif pour permettre l'accès aux deux tubes du tunnel ainsi qu'à la caverne de montage. En 2003, deux tunneliers sont partis des cavernes et ont commencé leur avancée vers la limite du lot de Sedrun.

La desserte du tronçon de Sedrun

s'opérera au moyen d'une galerie d'accès d'une longueur de 1 km et de deux puits de 800 m de profondeur. Ce tronçon comportera également l'une des deux stations multifonctions, lesquelles abriteront, dans la phase d'exploitation, les installations techniques ferroviaires ainsi que des stations de secours et des diagonales d'échange (échangeurs) pour le passage d'une voie à l'autre. En 2004, il a pu être commencé avec l'excavation des tubes du tunnel en direction nord et sud. Celle-ci se fait par méthode traditionnelle du creusement à l'explosif. Les conditions géologiques rendent l'utilisation de tunneliers impossible.

La desserte du tronçon de Faido

s'opérera au moyen d'une galerie d'accès de 2,7 km de longueur d'une inclinaison de jusqu'à 13%. Pour l'aspect logistique,



Portail sud de Bodio

celle-ci est reliée au tronçon de Bodio. Le tronçon de Faido abrite par ailleurs la seconde station multifonctions. En raison des conditions géologiques, cette dernière a dû partiellement être déplacée en direction sud. Ici, les deux tunneliers en provenance de Bodio seront soumis à une révision technique et ensuite transformés, avant de poursuivre leur chemin en direction de la limite du lot de Sedrun.

Le tronçon de Bodio est le plus long tronçon du tunnel de base du Saint-Gothard. Les premiers mètres de tunnel furent exploités à ciel ouvert et suivis d'un tronçon en roche friable pour finalement

mettre à jour une roche dure permettant l'avancement au tunnelier. Une galerie de contournement est réalisée dans la zone du portail afin de permettre une desserte plus rapide des sites de montage souterrains. Ces cavernes formeront le point de départ de deux tunneliers qui commenceront leur avancée en direction de Faido au début de l'année 2003.

La ligne d'accès à ciel ouvert, partant du portail sud à Bodio pour atteindre Giustizia, rattache le tunnel de base du Saint-Gothard à la ligne ferroviaire existante des CFF.

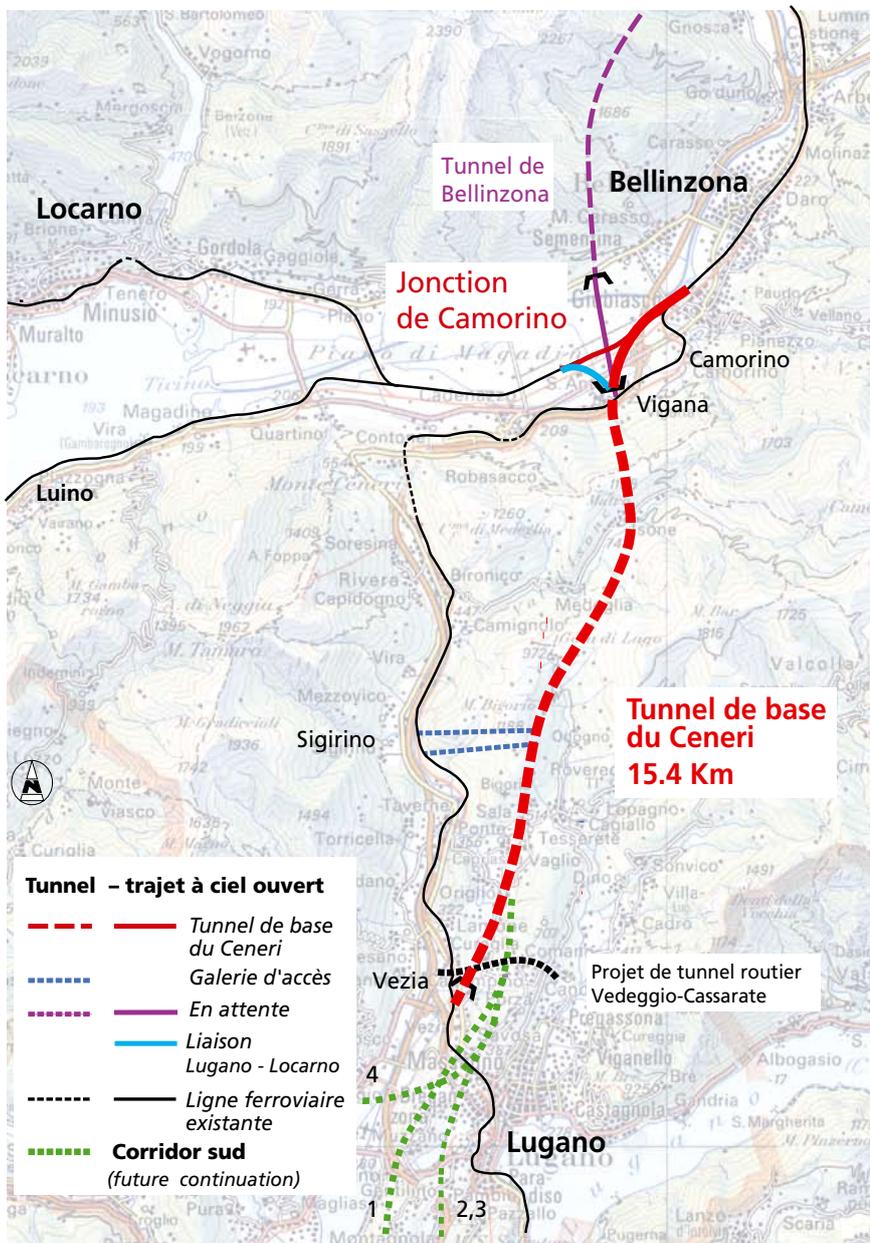
Faido



La suite logique - le tunnel de base du Ceneri

Ce n'est que grâce au tunnel de base du Ceneri que la nouvelle ligne du Saint-Gothard formera une ligne de plaine continue à travers les Alpes et qu'elle pourra jouir des avantages correspondants ainsi que de la rentabilité désirée. Par ailleurs, le canton du Tessin profitera ainsi d'améliorations notables au niveau du trafic régional.

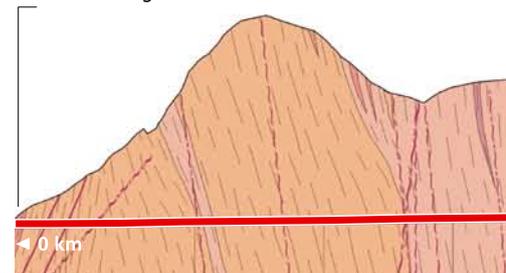
20



Les rampes des actuelles lignes ferroviaires sur le Saint-Gothard et le Ceneri affichent des inclinaisons de jusqu'à 26 pour mille. En revanche, la trace linéaire de la ligne de plaine - avec une inclinaison maximale de 12.5 pour mille sur la trace à l'air libre et de 8 pour mille au sein du tunnel de base - permet une conduite productive des trains à la fois longs et lourds, car cette dernière épargne toute manoeuvre entraînant des pertes de temps inutiles. En direction nord - sud, un convoi de marchandises de type lourd doit, de nos jours, être accompagné par une locomotive de pousse pour affronter les inclinaisons des lignes de montagne du Saint-Gothard et du Ceneri. Le but déclaré de conduire les trains de marchandises, dont le poids de la charge remorquée est supérieur à 2'000 tonnes, sans arrêt à Erstfeld ou Bellinzona et également sans locomotive de pousse ou locomotive intermédiaire à travers la Suisse, pourra uniquement être atteint avec la réalisation des deux tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri.

Paragneiss du Ceneri
Gneiss de type cornéen

Portail nord Vigana/Camorino





Convoi de marchandises près de Bellinzona

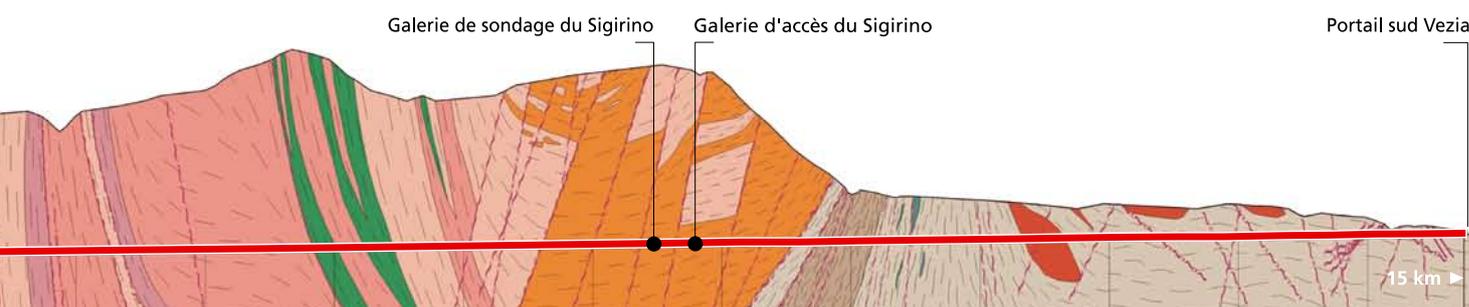
La réalisation de la ligne de plaine

permettra de formuler des offres à la fois économiques et rapides pour les convois de marchandises. Ces dernières constituent les conditions nécessaires au transfert visé du trafic de marchandises de la route au rail. En ce qui concerne les trains voyageurs, le tunnel de base du Ceneri consentira la mise en oeuvre de la réduction nécessaire de la durée de voyage aux fins de garantir des correspondances idéales des horaires suisses à Zurich et des horaires italiens à Milan.

Grâce au tunnel de base du Ceneri et aux deux raccordements nord en direction de Bellinzona et Locarno, le canton du Tessin sera à même de réaliser une ligne de RER. Des liaisons directes, rapides et fréquentes entre les agglomérations de Bellinzona, Locarno, Lugano, Mendrisio-Chiasso, Como et Varese verront le jour. La ligne ferroviaire régionale Tessin Lombardie (TILO) réduira de près de cinquante pour cent les durées de trajet actuelles. Dès son entrée en service, le temps de

trajet entre Lugano et Locarno sera ramené de 50 minutes actuellement à environ 22 minutes parce qu'il ne sera plus nécessaire de faire le détour par Bellinzona. Grâce à un raccordement débouchant directement dans le tunnel de base du Ceneri, la grande banlieue de Locarno pourra également être raccordée à la nouvelle ligne ferroviaire TILO.

- | | | | |
|---|--|--|--|
|  Gneiss mixte |  Amphibolite, serpentinite, gneiss, schiste ardoisier à amphibole |  Phyllade, mylonite |  Orthogneiss Bernardo |
|  Orthogneiss du Ceneri |  Gneiss du Giumello |  Gneiss du Stabiello | |



Coupe géologique longitudinale du tunnel de base du Ceneri

Le concept de construction du tunnel de base du Ceneri

En 1999, le Conseil fédéral a approuvé l'avant-projet du tunnel de base du Ceneri qui reliera Camorino à Vezia sur une longueur de 15,4 km. Les travaux de construction des deux tubes à une voie commenceront en 2006. La mise en service est prévue pour l'année 2016.

22

Après l'approbation de l'avant-projet

en 1999, l'Office fédéral des transports (OFT) a mandaté la société AlpTransit Gottard SA avec la préparation d'un projet de mise à l'enquête pour le tunnel de base du Ceneri. En juillet 2001, le Conseil fédéral a opté pour un système de tunnel formé de deux tubes à simple voie reliés par des rameaux de communication et cela principalement pour des raisons de sécurité. L'exposition publique des plans de construction a eu lieu en avril 2003. L'ouverture des crédits correspondants fut tout d'abord consentie par le Conseil des Etats en décembre 2003, puis par la suite également par le Conseil national en juin 2004. Ainsi, les travaux de construction du tunnel de base du Ceneri pourront être commencés en 2006.

Le système de tunnel formé de deux tubes à simple voie et de rameaux de communication n'améliore pas seulement la sécurité. Ce nouveau système répartit la section initialement prévue pour le tube à double voie sur deux tubes à simple voie de taille inférieure. Le percement du tunnel pourra ainsi être accéléré grâce à l'utilisation de tunneliers et d'explosif pour l'avancée au sein du tunnel. De cette manière, la durée de construction pourra être réduite de deux à trois ans par rapport au premier concept de construction. La mise en service du tunnel de base du Ceneri est prévue pour l'année 2016. De plus, le système choisi permettra une future continuation souterraine du tunnel en direction sud, respectivement la traversée de la plaine de Magadino au nord sans que le service ferroviaire du tunnel de base du Ceneri doive pour autant être interrompu.



Plaine de Mogadino avec le secteur du portail Vigana/Camorino au nord



Secteur du portail „Vezia“ au sud



Sigirino, galerie de reconnaissance à gauche, dépôt à droite



Galerie de reconnaissance de Sigirino

Sur le trajet du portail nord de Viganà/Camorino au portail sud à Vezia, le tunnel de base du Ceneri franchit des couches de roches d'une grande variété. On y construira deux tubes à voie unique, reliés tous les 300 m environ par des rameaux de communication. Aucune diagonale d'échange ou de station multifonctions n'a été prévue en raison de la longueur

réduite du tunnel de base du Ceneri, atteignant 15,4 km seulement. En revanche, des cavernes de jonction souterraine seront construites dans les deux tubes du tunnel après le portail nord. La dérivation de deux rampes de raccordement qui permettront la future traversée de la plaine de Magadino y est prévue. La dérivation souterraine de Sarè se trouve à environ 2,5 km du portail sud. Celle-ci servira à la future prolongation du tunnel en direction sud.

De 1997 à l'an 2000, une galerie de reconnaissance d'une longueur de 3,1 km a été excavée à peu près au milieu du tunnel. Cette dernière a permis de recueillir des informations importantes concernant la formation géologique à laquelle on serait confronté lors de la construction du tunnel. Pour permettre le percement du tunnel de base du Ceneri, des travaux préliminaires de mise en œuvre de la

fenêtre de Sigirino doivent tout d'abord être effectués. Le percement du tube principal en direction nord et en direction sud se fera à partir des cavernes souterraines (caverna operativa) situées à la fin des puits. Fidèle au modèle du tunnel de base du Saint-Gothard, les déblais seront, dans la mesure du possible, réutilisés ou entreposés près du chantier, grâce à des aménagements du territoire, pour éviter des trajets d'acheminement trop longs.

Outre à Sigirino, des chantiers sont également créés à hauteur du portail nord et du portail sud du tunnel. Ces derniers ne servent pas exclusivement aux travaux d'excavation des tronçons voisins des portails ou à la mise en œuvre des portails. Pour permettre le raccordement du tunnel de base du Ceneri aux lignes ferroviaires existantes, au nord, le nœud de correspondance de Camorino doit être réalisé à l'aide de divers ouvrages.

Excavation partielle de la « caverna operativa » à Sigirino



Installation et raccordement

Quelles questions doivent être réglées avant que les tunneliers se mettent à creuser? Le percement d'un tunnel exige une préparation du site de surface minutieuse et respectueuse de l'environnement – de sa desserte à son approvisionnement, en passant par l'évacuation.

24



Des quantités impressionnantes de matériaux de construction et de déblais doivent transiter par les différents chantiers du tunnel de base du Saint-Gothard. La livraison des matériaux de construction et l'évacuation des déblais doivent s'effectuer dans le respect de l'environnement. Le fonctionnement du site de surface ainsi que les travaux de construction proprement dits requièrent par ailleurs de l'eau et de l'électricité en quantités trop importantes pour les réseaux locaux. Des capacités exactement définies doivent être requises auprès des centrales électriques et les possibilités d'alimentation en eau doivent, elles aussi, faire l'objet d'un examen minutieux. D'autre part, les besoins des effectifs occupés viennent s'y ajouter, ce qui soulève de nouvelles questions:

En haut: stations de traitement des eaux à Amsteg

En bas: le pont construit spécialement pour la desserte ferroviaire du chantier de Sedrun avec le remblayage du Val Bugnei

où construire les baraques de chantier? Quelles seront les quantités d'eaux usées? Comment recycler l'eau du tunnel? Comment introduire les eaux usées de la place d'installation dans la station d'épuration locale?

Concernant l'approvisionnement en eau, une distinction est établie entre l'eau potable et l'eau industrielle dans le cas de travaux de construction. L'eau potable peut être prélevée sur le réseau local, la consommation journalière d'une personne étant évaluée à 300 l. Les besoins en eau industrielle sont notablement plus élevés (jusqu'à 500 000 l/jour), mais cette eau ne doit toutefois pas répondre aux mêmes exigences. Elle est généralement captée en d'autres endroits, comme une rivière ou des nappes d'eau souterraines, car il est inutile de faire supporter des charges excessives au réseau local. Cette eau est utilisée dans le tunnel et sur le site de surface pour la fabrication du béton, pour le refroidissement ou tout simplement pour le lavage des machines. Des réserves d'eau constituées sur les chantiers garantissent la présence de capacités d'eau suffisant à l'extinction d'éventuels incen-



dies. En fin de chaîne, les eaux retraitées sont restituées au cycle naturel.

L'alimentation en courant électrique nécessite une longue préparation: le chantier d'Amsteg a, par exemple, besoin d'une puissance électrique de 11 mégawatts les jours de pointe, c'est-à-dire le double de la consommation journalière du village de Sedrun lors de la période de Noël, lorsque les remontées mécaniques fonctionnent et que tous les hôtels affichent complet. Il est donc évident que l'alimentation électrique des chantiers ne peut pas simplement s'opérer à partir



En haut: transformateur pour l'alimentation en courant électrique du chantier d'Amsteg dans la centrale électrique d'Arniberg

En bas: place d'installation de Sedrun, en avant-plan: les logements des mineurs

des réseaux de distribution locaux. Cette solution serait par ailleurs inappropriée, même en cas de capacité suffisante des réseaux, pour la simple raison que la plupart des machines mises en œuvre dans le cadre du percement du tunnel utilisent des branchements à haute tension. Le tunnelier requiert, par exemple, une puissance électrique de 5 mégawatts, ce qui correspond environ à la consommation de 2'500 plaques de cuisson, utilisées simultanément ou à celle de 50'000 ampoules à incandescence. L'alimentation électrique du chantier est par conséquent assurée par des lignes à haute tension: les

lignes existantes doivent être étendues, des dérivations prévues, des autorisations obtenues, des sous-stations agrandies et de nouveaux transformateurs installés.

L'agencement et la construction des installations doivent non seulement garantir le déroulement optimal des travaux mais également protéger les riverains de la poussière et des nuisances sonores. L'établissement d'un site de surface, travaux de desserte compris, dure de trois à six mois: les conduites de réseaux existants doivent être déplacées et de nouveaux raccords mis en place.

Les routes et les chemins sont également à adapter aux nouveaux besoins. Un décapage de la surface doit être entrepris avant le début des travaux principaux sur le site, afin de retirer la couche de terre végétale qui sera stockée. Les logements, la centrale à béton, les ateliers, les entrepôts, etc., sont ensuite construits. Le percement du tunnel ne débute que lorsque les conditions permettant au chantier de fonctionner d'une manière parfaitement fluide et respectueuse de l'environnement sont réunies.

A travers le Saint-Gothard au centimètre près

Des méthodes de mensuration de très haute précision permettent aux mineurs de connaître en permanence la direction d'avancement et garantissent la réalisation effective des jonctions. Ainsi, les topographes assurent que les dispositifs de la ligne de plaine satisfont aux exigences élevées du trafic à grande vitesse.

26

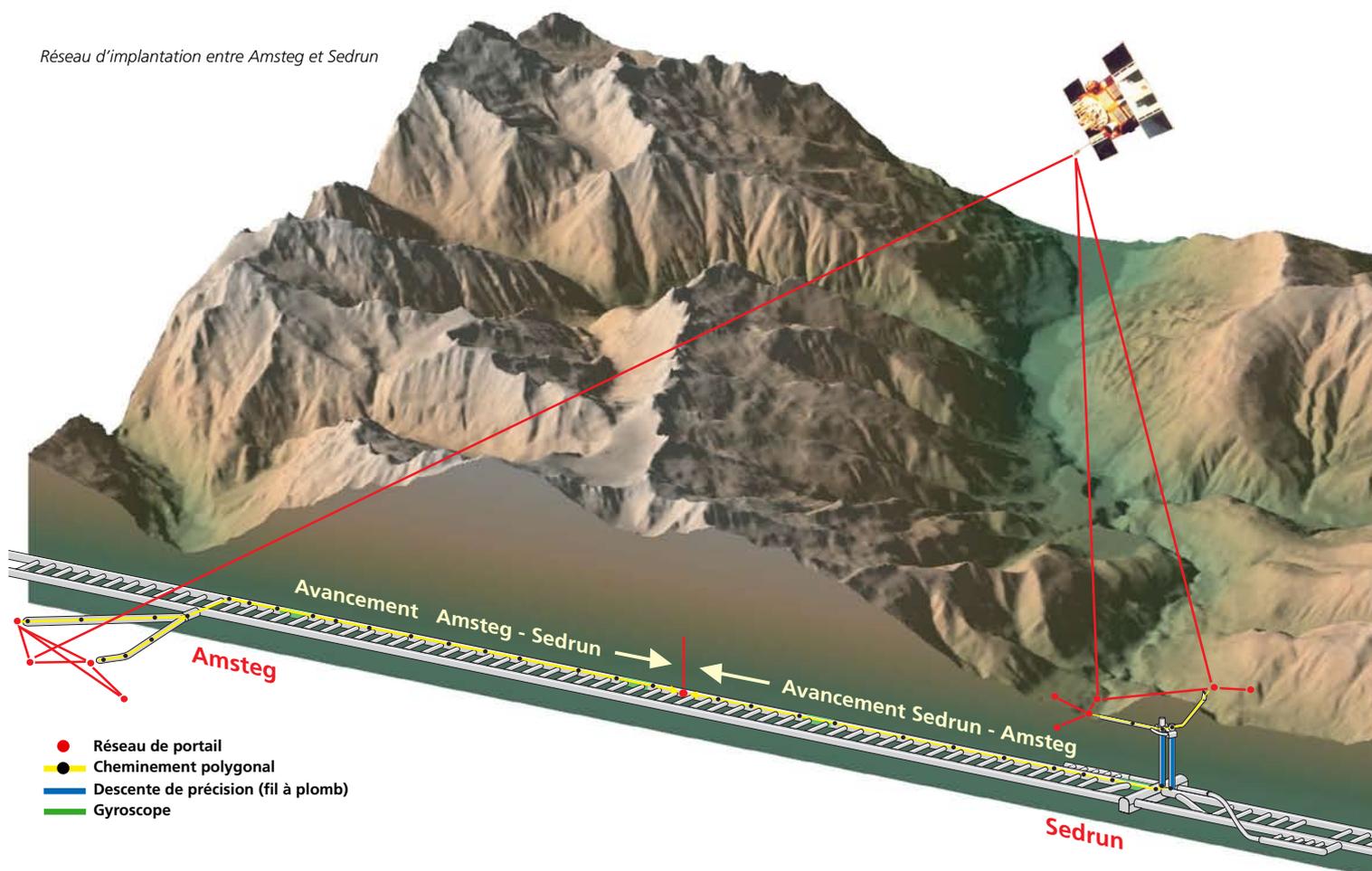
La position des tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri ayant été fixée, tous ses composants, qu'ils se trouvent en surface ou dans les profondeurs de la montagne, doivent être implantés avec exactitude aux emplacements qui leur ont été assignés. Lors du percement des tunnels actuels du Saint-Gothard et du Lötschberg, au siècle dernier, les topographes durent préalablement implanter l'axe projeté du tunnel à l'air libre afin de pouvoir contrôler leurs calculs. Aujourd'hui, les programmes de simulation sont suffisamment sûrs pour qu'il

puisse être renoncé aux implantations à ciel ouvert. Divers systèmes de mesure ainsi que des mesures de contrôle indépendantes permettent du reste la détection des erreurs de mesure et accroissent la fiabilité et l'exactitude du percement.

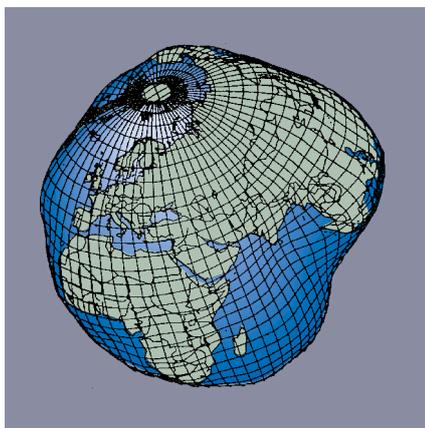
Les topographes ont mis en place un réseau de points fixes couvrant l'ensemble de la zone du projet, établissant ainsi le lien entre les plans et le terrain en recourant pour cela aux méthodes de localisation par satellites. La qualité atteinte est stupéfiante: la liaison entre les points des

portails nord et sud du tunnel de base du Saint-Gothard distants de 57 km a été réalisée à une précision inférieure au centimètre en planimétrie comme en altimétrie. A titre de comparaison, la mesure de réseaux de cet ordre requérait autrefois l'implantation pénible de points de station sur les sommets et les arêtes des montagnes. Les campagnes de mesures et les calculs qui s'ensuivaient (alors effectués sans l'aide d'ordinateurs) dureraient plusieurs mois. Ceux-ci ne requièrent aujourd'hui que quelques semaines à peine.

Réseau d'implantation entre Amsteg et Sedrun



Nivellement au fonds du puits de Sedrun



Forme de la Terre
(altitudes sur le géoïde grossies 15 000 fois)



L'implantation d'ouvrages linéaires de grande longueur tels que le tunnel de base du Saint-Gothard ne peut pas s'effectuer par les méthodes de mensuration courantes: pour la détermination des directions entreprises au cœur de la montagne (c'est-à-dire opérée sans visibilité directe vers des étoiles, des points hauts ou des satellites artificiels), on utilise le gyroscope en rotation rapide autour de son axe horizontal, oscillant autour de la direction du nord géographique en raison de la rotation terrestre. Un compas magnétique n'offre pas la précision désirée.

Des dispositifs de descente de base de très haute précision ont été développés pour le transfert des coordonnées au fond du puits de Sedrun, d'une profondeur de 800 m.

Les sources d'erreurs les plus minimales, d'ordinaire négligeables en mensuration technique et industrielle, doivent ici être prises en compte: la masse imposante constituée par le massif du Saint-Gothard cause une déviation de la verticale entre la forme mathématique de la Terre, l'ellipsoïde de révolution, et sa forme effective, le géoïde. Des différences de tempéra-

ture dans le tunnel peuvent également occasionner des déviations du rayon de mesure.

La simulation de toutes les mesures prévues par un modèle informatique a permis d'établir que la jonction entre deux galeries de percement s'opérerait avec une erreur maximale de 20 cm, et ce avec une probabilité de 95%. Cette valeur correspond à peu de chose près à la largeur de cette feuille!

Le massif alpin apparemment stable est en réalité en mouvement jusqu'à aujourd'hui. Outre un mouvement de soulèvement général des Alpes d'environ 1 mm par an, on constate des déplacements géotectoniques entre formations géologiques différentes, lesquels peuvent avoir des répercussions sur la construction du tunnel de base. Les topographes surveillent ces mouvements sur un réseau de stations établies en surface et dans des tunnels existants. Les informations ainsi recueillies permettent aux spécialistes du génie civil de prévoir des mesures visant à garantir la stabilité du tracé de la future voie ferrée.

La gestion des données, afin que tous œuvrent au même projet

Pour un projet d'une ampleur telle que celui de la nouvelle ligne ferroviaire du Saint-Gothard, il doit être garanti à tout instant que tous les intervenants disposent de la version la plus récente et la plus actuelle du projet pendant la longue phase de planification et de construction. Une fois le projet achevé, une documentation complète de l'ouvrage doit être remise au futur propriétaire et exploitant des installations.

La société AlpTransit Gottard SA produit ces informations sous forme numérique, les gère et en permet l'échange entre les divers intervenants du projet. Ces données donnent naissance aux plans sur support papier, dont la présence est indispensable sur les chantiers.

Des classes, des postes et des hommes

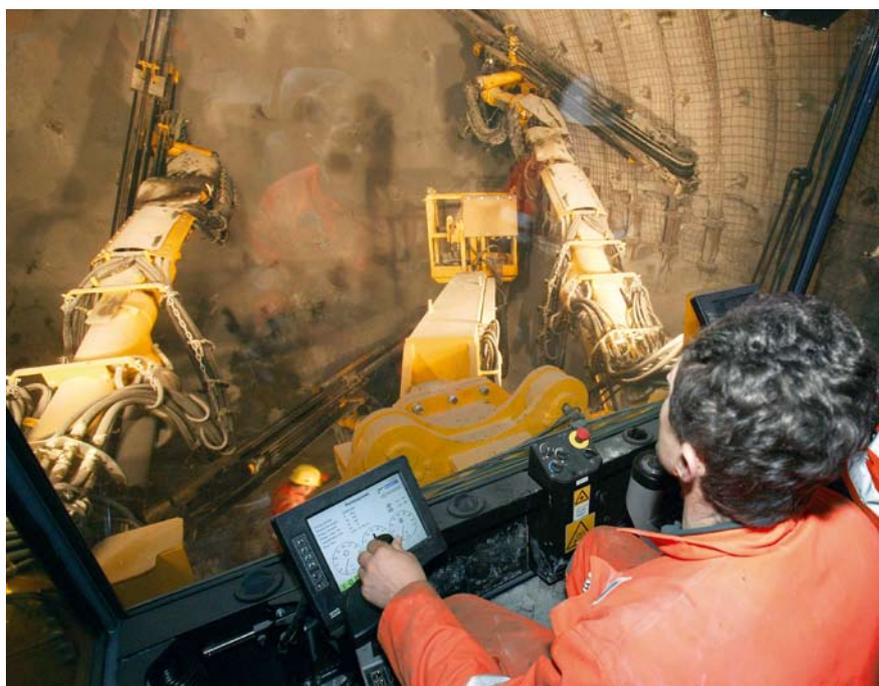
Les performances du percement dépendent avant tout de la géologie. La vitesse d'avancement est fonction de la puissance des machines mises en œuvre, des hommes qui les pilotent et du choix du fonctionnement par postes.

28

Les prévisions géologiques renseignent sur la situation à laquelle il faut s'attendre au cœur de la montagne. Les ingénieurs s'appuient sur ces prévisions pour subdiviser le terrain en différentes classes. La vitesse d'avancement que l'on peut espérer varie alors en fonction de la qualité du terrain. Dans les zones de terrain favorables, des vitesses de percement de jusqu'à vingt mètres par jour peuvent être atteintes alors que la performance peut chuter ailleurs jusqu'à des valeurs inférieures au mètre.

L'explication de ces différences réside principalement dans l'étendue des moyens à mettre en action pour consolider la calotte: plus les mesures à prendre sont nombreuses, plus le laps de temps s'écoulant jusqu'à l'excavation du mètre suivant est long. Si le percement et le soutènement peuvent s'effectuer simultanément dans un gneiss compact, la progression dans un terrain moins favorable impose une consolidation immédiate de tout tronçon foré par le tunnelier ou excavé à l'explosif. La mise en place de cintres métalliques nécessite beaucoup de temps et plus la roche rencontrée est friable, plus la couche de béton projetée doit être épaisse.

L'état actuel de la technique permet une très grande mécanisation du percement, avec pour corollaire une élévation des exigences posées aux ouvriers qui pilotent les machines. Des spécialistes sont donc requis. Il ne suffit plus de «sentir» le rocher et de maîtriser l'usage des explosifs, car de nouveaux matériels sont apparus: des tunneliers pilotés par ordinateur



Pupitre de commande d'un jumbo à plusieurs bras à Faido

(TBM), des jumbos d'avancement équipés de plusieurs affûts de perçage, des véhicules bennes, des lasers et des chariots à commande hydraulique pour la pose de cintres métalliques.

Le travail s'effectue partout par postes, des spécialistes formant une équipe très soudée se relayant les uns les autres. La rotation des équipes est prévue pour que chaque minute d'une journée de 24 heures soit utilisée de manière optimale.

Le choix du percement, à savoir à l'explosif ou au tunnelier, dépend des conditions escomptées au sein de la montagne.

L'abattage à l'explosif est une méthode d'avancement extrêmement souple. Les étapes de l'excavation et l'utilisation des moyens de sécurisation (tels que béton projeté, ancrage, cintre métallique, treillis) peuvent être adaptés en tous temps aux

Le cycle de percement à l'explosif

Le travail s'effectue en trois postes de huit heures chacun.

Perçage, charge, explosion, ventilation, consolidation/déblaiement: si la roche est de bonne qualité, l'ensemble de ces opérations peut être réalisé au cours d'un même poste de huit heures. Si les conditions rencontrées sont moins favorables, le soutènement est plus long et le déblaiement (évacuation des débris produits par l'explosion) ne peut s'effectuer qu'une fois les travaux de consolidation achevés. Le cycle de travail s'étend alors sur plusieurs postes.



conditions rencontrées. L'avancement à l'explosif permet d'atteindre en moyenne des vitesses de 6 à 10 mètres par jour de travail.

Il est nettement plus difficile d'adapter l'avancement au tunnelier à des conditions changeantes: le dispositif d'avancement (tunnelier et train suiveur d'une longueur totale de jusqu'à 400 m) forme une unité fixe, en grande partie rigide et dont les déroulements sont pour la plupart normalisés. En terrain favorable, le tunnelier peut progresser en moyenne de 20 à 25 m par jour de travail. En terrain défavorable, les progrès journaliers sont nettement inférieurs. Il peut arriver que seuls quelques mètres puissent être creusés et consolidés par jour. Il faut, de surcroît, souvent avoir recours à des mesures auxiliaires.

L'avancement au tunnelier engendre des coûts d'investissement nettement plus élevés que l'avancement à l'explosif. Son approvisionnement et sa mise en service nécessitent en règle générale également plus de temps que pour la mise en place d'un avancement à l'explosif.

Pour apprécier si un tronçon doit être excavé au tunnelier ou à l'explosif, il faut tenir compte de différents facteurs comme la marge de fluctuation des conditions du terrain que l'on compte trouver, la longueur du tronçon ainsi que le laps de temps total à disposition pour la construction. Les avantages de l'avancement à l'explosif s'accroissent plus le terrain est variable et plus le tronçon est court, et vice-versa.



Montage d'un tunnelier à Bodio

Malgré toutes les reconnaissances de terrain entreprises, la géologie reste une inconnue jusqu'au dernier mètre du tunnel: si son importance diminue à mesure que le percement progresse, elle peut toutefois réserver des surprises jusqu'au dernier moment. En dépit du

degré de mécanisation élevé, la prise de décision dans le tunnel reste l'apanage des hommes. L'expérience des spécialistes, qu'ils soient géologues de chantier, maîtres foreurs ou ouvrier sur poste, est irremplaçable.

Cycle de travail d'un tunnelier

Le travail s'effectue en trois postes de huit heures chacun.

1er et 2ème poste:

Creusement sur 2 mètres à chaque fois (longueur de course), extraction simultanée des matériaux excavés; consolidation à partir de la machine (ancrage, béton projeté, cintres métalliques); avancée du tunnelier d'une longueur de course. Le cycle décrit est répété plusieurs fois lors de chaque poste.

3ème poste:

Révision de la machine / maintenance, remplacement des molettes usées, nettoyage.

La montagne née de la montagne

La construction du tunnel de base du Saint-Gothard va produire des millions de tonnes de déblais, une montagne va pour ainsi dire naître de la montagne. Cette énorme quantité de déblais constitue un très important gisement potentiel de matériaux bruts. Son exploitation requiert la mise au point de techniques novatrices pour la fabrication du béton.

30

La construction d'une ligne de chemin de fer traversant les Alpes implique le percement de tunnels de très grande longueur, lesquels produisent à leur tour d'imposantes montagnes de déblais: 24 millions de tonnes (soit 13,3 millions de m³) pour le seul tunnel de base du Saint-Gothard. Dans le même temps, l'extraction du gravier devient de plus en plus difficile sur le Plateau suisse, bien que les réserves restent abondantes. Compte tenu de cette situation, les déblais issus du creusement du tunnel constituent une solution de remplacement appréciée pour la fabrication du béton.

Les méthodes modernes de percement de tunnels s'appuient de plus en plus fréquemment sur l'utilisation de tunneliers pour procéder à l'excavation. Comparés au gravier traditionnel provenant du Plateau suisse, les déblais produits par le tunnelier présentent des grains très fins et un aspect très aplati (comme des «chips»). Ainsi, ils ne satisfont pas à certaines exi-



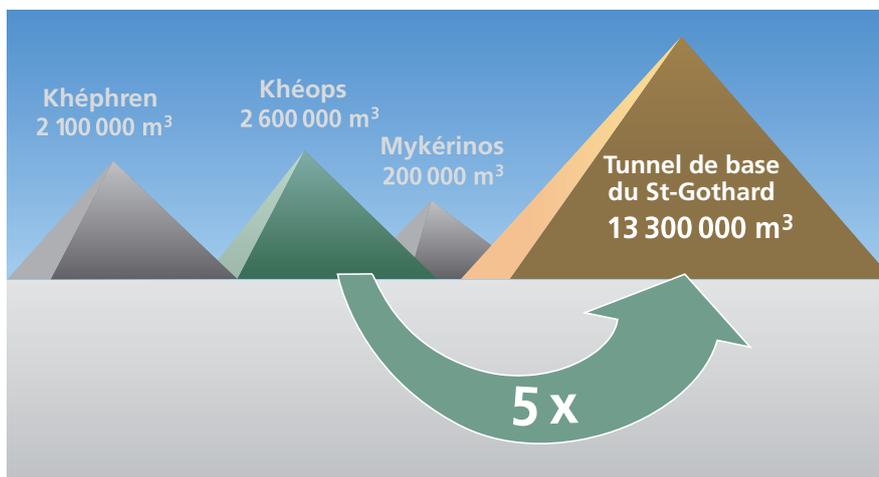
Remblayage à Uri

gences importantes des normes relatives aux granulats à béton, raison pour laquelle ils ont jusqu'à récemment été écartés de la fabrication de bétons à haute performance pour être utilisés comme remblais sur des levées de terre ou être entreposés sur des décharges.

Il fut clair dès le départ que l'on ne pouvait pas se résoudre à cette situation

dans le cadre du projet AlpTransit Saint-Gothard. Un vaste programme de test fut lancé dès 1993. Durant quatre années, des essais et des recherches ont été menés en collaboration avec des grandes écoles, des instituts de recherche et les industriels du béton dans des laboratoires et sur des chantiers, de sorte que la preuve put finalement être apportée que des bétons à haute performance pouvaient effectivement être produits à partir des déblais excavés par le tunnelier. La condition préalable reste toutefois la mise en œuvre des techniques les plus récentes dans la fabrication du béton et des granulats à béton de même qu'un système de test

Le volume des déblais comparé aux pyramides de Gizeh



Termes techniques

Criblage-concassage:

Les déblais excavés du tunnel sont concassés, lavés, puis passés par des cribles pour obtenir des matériaux de forme et de qualité adaptées à leur utilisation future.

Granulats à béton:

Outre de l'eau et du ciment, la fabrication du béton nécessite également l'apport de graviers de calibres différents, appelés granulats.

Convoi de matériaux
dans le port industriel
de Flüelen

Installations de criblage-
concassage à Faido



innovant pour les mélanges de béton, garantissant que le produit contrôlé répond aux exigences élevées posées aux bétons de tunnels.

Les précieux déblais passent dans une installation de criblage-concassage et servent ainsi à fabriquer 5 millions de tonnes de granulats à béton. Le criblage-concassage s'effectue directement sur le chantier. Ce processus produit 0,8 million de tonnes de déchets sous forme de boues ultra-fines, lesquelles peuvent en partie être recyclées pour la production de briques.

Les déblais excédentaires sont proposés aux tiers qu'ils peuvent intéresser. Une grande importance est accordée au transport, celui-ci devant s'effectuer de manière à préserver l'environnement. Les matériaux en provenance d'Erstfeld et d'Amsteg sont acheminés par train et par bateau jusqu'à l'embouchure toute proche de la Reuss et entreposés dans le lac pour régénérer le delta. Les besoins en gravier de toute la région de Sedrun sont couverts par la réutilisation d'une partie des excédents de déblais. Le reste est stocké dans le Val Bugnèi et le Val da Claus. A Faido et à Bodio, la partie de matériaux excédentaires qui n'est pas utilisée pour remblayer des levées de terre sur la nouvelle ligne est transportée par convoyeurs vers les carrières proches de Cavienna et de Buzza di Biasca pour y servir à la régénération du site.

Cette exploitation des matériaux tournée vers l'avenir présente un double intérêt: des économies considérables peuvent, d'une part, être réalisées et des ressources naturelles précieuses sont, d'autre part, préservées.

Extension et consolidation - solides et durables

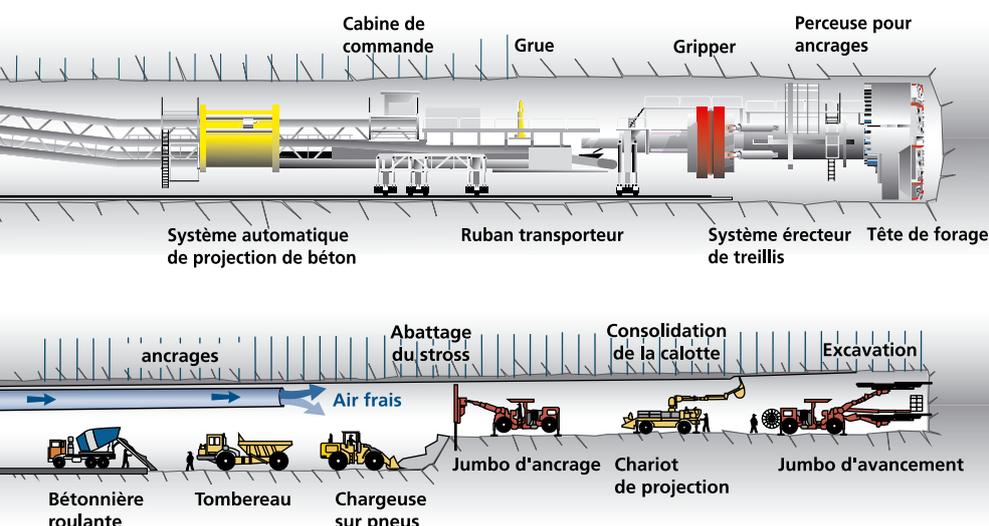
Dès qu'une voie ferrée traverse un massif montagneux, les exigences posées aux techniques des matériaux sont plus élevées et toute opération d'assainissement est plus onéreuse que dans le cas d'un tracé à ciel ouvert. Les matériaux de construction utilisés pour le tunnel de base du Saint-Gothard doivent par conséquent posséder d'excellentes caractéristiques de durabilité.

32

Le choix des bons matériaux pour la consolidation de l'excavation, l'imperméabilisation et le revêtement des parois des galeries constitue la condition indispensable pour garantir à tout instant la sécurité des ouvriers du tunnel et le bon fonctionnement de l'ouvrage pour les 100 prochaines années au moins.

Les zones difficiles peuvent être traitées avant que le percement proprement dit soit effectué. Des injections sont fréquemment utilisées lorsque le forage s'opère dans le rocher. Elles sont en règle générale constituées de ciment et servent à la consolidation préalable du terrain ainsi qu'à la réduction de sa perméabilité à l'eau; elles doivent également avoir un effet stabilisateur à long terme.

Le soutènement de l'excavation empêche la chute de fragments de rocher avant la pose définitive de la voûte. Selon les



caractéristiques géologiques du terrain, les constructeurs peuvent recourir à différents moyens de sécurisation: ancrages, béton projeté ou cintres métalliques peuvent être combinés entre eux, leur nombre et leur solidité pouvant être modulés. Le soutènement est en contact direct avec le rocher et est donc fortement soumis aux influences exercées par le terrain et les eaux d'infiltration.

Photo en haut: montage de cintres métalliques à Faido

En bas: avancement au tunnelier (en haut), respectivement percement à l'explosif (en bas)



Imperméabilisation du tunnel à Bodio

Expressions propres au domaine du percement de tunnel

Pression (mécanique) du rocher:

la création d'une excavation au cœur de la montagne entraîne l'apparition de tensions autour de celle-ci. Si l'ouvrage est profondément enfoui sous la surface, des déformations de la cavité sont à craindre si la roche est tendre. C'est pour cette raison que des ancrages, du béton projeté et des cintres métalliques sont utilisés pour contrecarrer l'effet des forces exercées par le rocher et réduire de la sorte les déformations de l'excavation.

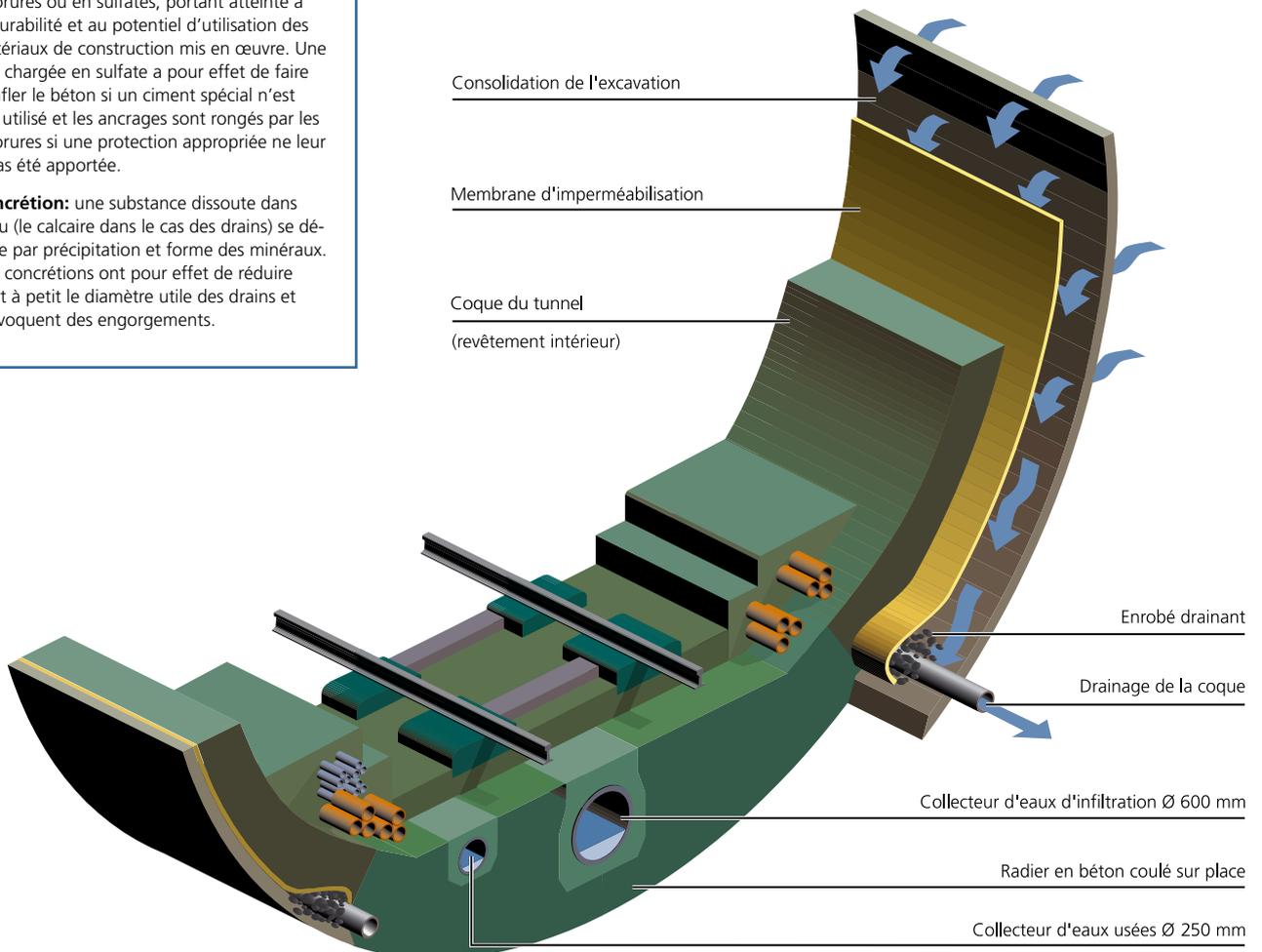
Eaux d'infiltration agressive:

on entend par là des eaux chargées en chlorures ou en sulfates, portant atteinte à la durabilité et au potentiel d'utilisation des matériaux de construction mis en œuvre. Une eau chargée en sulfate a pour effet de faire gonfler le béton si un ciment spécial n'est pas utilisé et les ancrages sont rongés par les chlorures si une protection appropriée ne leur a pas été apportée.

Concrétion: une substance dissoute dans l'eau (le calcaire dans le cas des drains) se dépose par précipitation et forme des minéraux. Ces concrétions ont pour effet de réduire petit à petit le diamètre utile des drains et provoquent des engorgements.

La solution d'exhaure retenue pour le tunnel de base du Saint-Gothard prévoit de diriger les eaux d'infiltration vers les conduites d'évacuation par l'intermédiaire d'un drainage surfacique et d'empêcher la venue directe d'eau dans le tunnel par l'emploi d'une membrane d'imperméabilisation. Ce système satisfait aux exigences posées par les techniques ferroviaires tout en empêchant la formation d'une pression par les eaux d'infiltration.

La vitesse élevée des trains en exploitation exige un revêtement intérieur lisse en béton. Etant donné que le soutènement ne garantit l'exigence de stabilité statique que pendant une période limitée, l'épaisseur interne doit être de 30 cm au minimum, de manière à garantir à elle seule la sécurité structurale ou portance. Pour soutenir des charges plus élevées, le revêtement intérieur est renforcé par une barre d'armature.



La sécurité au travail la priorité numéro un

La sécurité des acteurs se trouve au centre de l'attention pendant la construction de la nouvelle ligne du Saint-Gothard. La sécurité au travail constitue un thème clef de la société AlpTransit Gottard SA. La prise en compte de ce facteur lors de la planification du projet, des appels d'offre et des contrats d'entreprise ainsi que l'application conséquente des dispositions légales et contractuelles contribuent à une culture de la sécurité exemplaire et, par conséquent, à des chantiers peu accidentés.

34

Le percement des grands tunnels à travers les Alpes entrepris à la fin du 19ème siècle a vu périr de nombreux ouvriers: certains furent écrasés par la chute de rochers, surpris par le jaillissement d'eaux souterraines ou mutilés à la suite de manipulations incorrectes des explosifs; d'autres furent victimes de la silicose, maladie insidieuse et incurable des poumons, causée par l'inhalation sans protection de poussières riches en quartz.

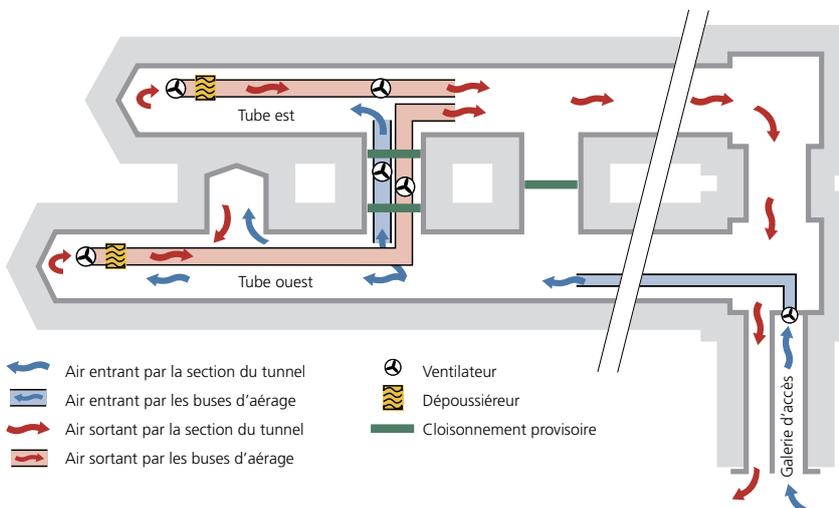
Ces temps sont heureusement révolus! Les solutions prévues pour le percement et en particulier celles relatives à la ventilation et au refroidissement accordent un maximum d'attention aux aspects concernant la santé. La sécurité sur le lieu de travail est améliorée par un grand nombre de mesures préventives touchant tant le plan technique que celui de la construction et de l'organisation et dont il est tenu compte lors des phases de planification.



Installations de ventilation à Faido

La sécurité au travail a toujours été un aspect essentiel des contrats d'entreprise conclus lors de l'adjudication de mandats par la société AlpTransit Gottard SA et elle

ne cessera de l'être. Les dispositions contractuelles et légales, respectivement leur application sur les chantiers, sont contrôlées et menées à bien en collaboration



Système de ventilation des galeries durant la phase de construction

Système de ventilation

Ventilation: un système de circulation d'air à ventilation soufflante est utilisé dans la plupart des tronçons de tunnels de la société AlpTransit Gottard SA. L'air frais est aspiré depuis les portails ou les points d'attaque intermédiaires puis soufflé vers les lieux d'excavation dans des conduits (ou buses d'aéragage). Les substances nocives en concentration réduite sont donc évacuées en retour par la section du tunnel et parviennent au portail, soit automatiquement soit sous l'action de ventilateurs. Dans le système de circulation d'air utilisé, l'un des tubes du tunnel sert de «buse d'aéragage pour l'air frais», tandis que l'autre est utilisé comme canal d'évacuation de l'air sortant.



avec la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (CNA). La ventilation et le refroidissement constituent les aspects les plus importants pour la garantie de la sécurité au sein du tunnel.

La ventilation réduit les concentrations en substances nocives libérées durant l'avancement des travaux par les explosions d'une part et par les véhicules utilisés pour l'évacuation des déblais d'autre part. La législation définit clairement les valeurs limites autorisées. La concentration en poussière sur le lieu de travail peut être ultérieurement réduite par l'arrosage des déblais. Les affections pulmonaires telles que la silicose font aujourd'hui partie du passé.

La présence de gaz constitue un danger particulier pour le percement de tunnels. Une réaction explosive, appelée le coup de grisou, peut se produire selon le mélange d'oxygène et de méthane présent. Une proportion de méthane de 4% dans l'air suffisant à déclencher une explosion, le coup de grisou forme un danger redouté lors du percement de tunnels. Dans ce cas également, la seule mesure préventive possible consiste à réduire la concentration de méthane à moins de

1%. L'utilisation de détecteurs de gaz sur le front de taille permet de surveiller la présence de gaz et de prévenir les risques à temps.

Plus un ouvrage est implanté profondément sous la terre, plus le phénomène géothermique augmente. Concernant la construction du tunnel de base du Saint-Gothard, on estime que la température de la roche pourra atteindre jusqu'à 45°C à plus de 2000 m de la surface. Parallèlement, des machines de plus en plus performantes sont utilisées en nombre toujours croissant pour le percement de tunnels. Celles-ci produisent un surcroît de chaleur. La température deviendrait ainsi rapidement intolérable pour le personnel en activité dans le tunnel si aucune mesure de refroidissement n'était prise sur le lieu de travail. Jusqu'à un certain point, la chaleur est évacuée par la ventilation de l'ouvrage. Les tunnels doivent cependant être pourvus d'un système de refroidissement supplémentaire afin de respecter les valeurs imposées par la CNA. Le refroidissement s'effectue par de l'eau circulant dans un système de conduites et évacuant la chaleur dégagée par la montagne et les engins de chantier. La température ambiante peut ainsi être abaissée jusqu'à 28°C.

Travaux de construction à Bodio



Pour atteindre un degré de sécurité optimale, la société AlpTransit Gottard SA, en collaboration avec la CNA et les principales entreprises présentes sur les chantiers, a lancé une campagne « Stop Risk ». Son objectif est de sensibiliser en profondeur tous les partenaires à la construction.

L'ensemble des mesures doit contribuer à atteindre une continuation des travaux pratiquement immunisée contre les accidents. Il persiste néanmoins un risque résiduel menaçant la santé et la vie des travailleurs – mais les prescriptions et mesures de sécurité garantissent, dans le cadre donné, les meilleures conditions de travail possibles.

Les gardiens de l'environnement

Les questions relatives à l'écologie sont intégrées dans la planification de la société AlpTransit Gottard SA moyennant un système de management environnemental ainsi qu'une étude sur l'impact de l'environnement en trois phases. La cellule d'accompagnement environnemental sur place de même qu'un service de coordination au niveau général du projet veillent à l'application uniforme et au contrôle des mesures de protection de l'environnement sur tous les chantiers.

36

En même temps qu'elle octroie le permis de construire, la Confédération arrête également les obligations à respecter vis-à-vis de l'environnement. La cellule d'accompagnement environnemental, faisant partie de la direction locale des travaux, a pour tâche de veiller à la mise en application de ces contraintes sur le chantier. Elle est également responsable de la prise rapide des mesures de réaction appropriées en cas d'incident. Une gestion harmonisée des démarches a été fixée dans le cadre du service de coordination général.

Les services techniques compétents de la Confédération et des cantons sont périodiquement invités à des visites des lieux, aux fins de surveiller l'environnement. Les organisations de protection de l'environnement sont également

informées de manière régulière. Durant l'intégralité de la phase de construction, les mesures les plus diverses visant à protéger l'environnement sont prises sur les chantiers. Ainsi, les dépôts temporaires de terre végétale sont par exemple organisés de telle manière qu'ils puissent servir en même temps de murs antibruit. Toutes les installations, telles que les centrales à béton, les ateliers, les entrepôts et même les convoyeurs, sont conçues volontairement en tant que systèmes clos.

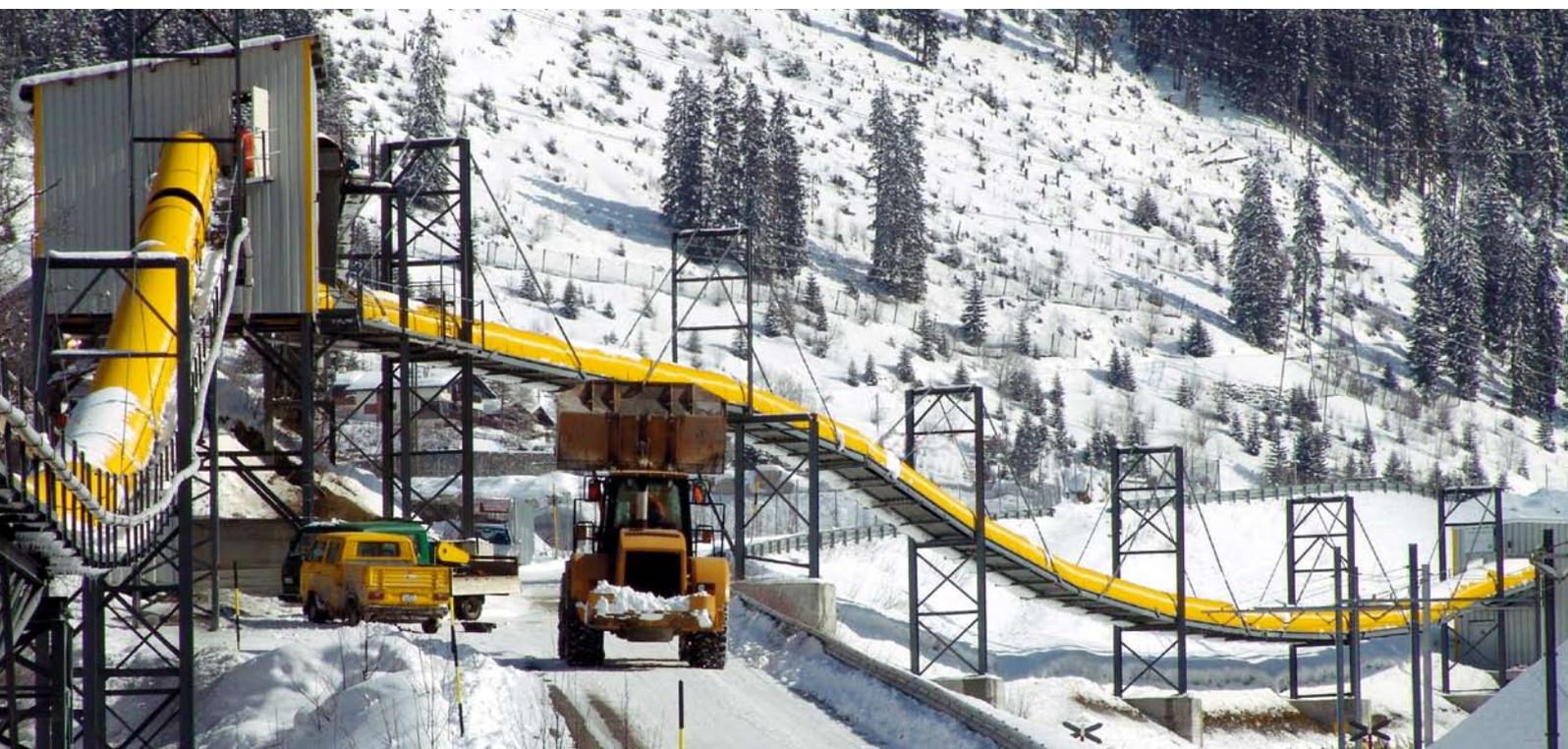
La pollution atmosphérique causée par les travaux de construction doit être réduite au minimum. Le principe suivant prévaut donc pour le transport de matériaux: tous les produits en vrac doivent transiter par convoyeur, par voie ferrée ou par bateau. Mis à part quelques rares



Contrôle de la qualité de l'eau à Amsteg

exceptions, seuls des véhicules équipés de filtres à particules ont le droit de circuler sur les chantiers d'AlpTransit Gottard SA afin de réduire au maximum les quantités de polluants dispersés dans l'air.

Convoyeurs à système clos à Sedrun

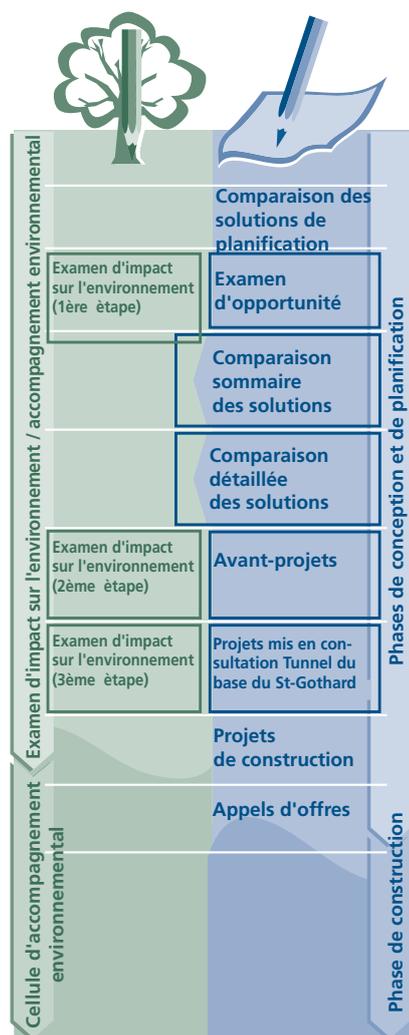


Les eaux de ruissellement et d'infiltration sont polluées par le fonctionnement du chantier et par la circulation sur ce dernier. Elles sont retraitées conformément aux prescriptions légales, refroidies puis reversées dans le cours des fleuves dans le respect de directives strictes. Les méthodes de traitement sont optimisées par des mesures de contrôle régulières. Une fois les travaux de construction achevés, l'état de départ des sites de surface sera restitué. Les surfaces retrouveront leur productivité initiale de même que leur fonction écologique.

Le paysage sera en partie modifié par la nouvelle ligne. Le groupe de conseil en aménagement élabore des directives afin que les ouvrages s'intègrent bien dans le paysage. Le projet de construction touche également à des espaces vitaux pour la flore et la faune. Ils seront pour une partie temporairement atteints par le chantier, mais l'affectation d'une autre partie sera durablement modifiée. Des mesures de restauration de l'état initial sont prévues pour les espaces utilisés temporairement, les surfaces dont l'affectation est durablement modifiée étant déjà remplacées en partie avant le début des travaux.

Les lois sur la protection de l'environnement prévoient que des installations susceptibles de lui porter préjudice sont soumises à une étude de l'impact sur l'environnement (EIE). Une telle étude est réalisée en trois étapes dans le cadre du projet de la nouvelle ligne du Saint-Gothard: la première étape s'est effectuée dans l'optique du message relatif à la construction des transversales ferroviaires alpines suisses du 23 mai 1990, les avant-projets ont fait l'objet de la deuxième étape et les projets mis en consultation de la troisième.

Etapes de l'accompagnement environnemental



Mesures de compensation écologique d'Insla près de Sedrun



La politique de l'environnement pour AlpTransit au Saint-Gothard

- En tant que maître d'ouvrage de la NLFA axe Gothard, la AlpTransit Gottard SA réalise une ligne de plaine écologique à travers les Alpes et attache une très grande importance aux aspects environnementaux de celle-ci.
- La AlpTransit Gottard SA planifie et réalise des solutions durables du projet en tenant compte à la fois de la compatibilité écologique et économique de ce dernier ainsi que de la relation coût - bénéfice optimale.
- La société AlpTransit Gottard SA veille à la réduction des émissions / immissions et à la conservation des ressources.
- La société AlpTransit Gottard SA respecte de manière conséquente les prescriptions légales concernant la loi sur la protection de l'environnement ainsi que les contraintes et informe sans détour en matière d'environnement.

Aucune crainte de dangers

Du fait de la grande longueur du tunnel du Saint-Gothard, une importance particulière est accordée à la sécurité. L'objectif déclaré est d'atteindre un niveau de sécurité adéquat. Nonobstant toutes les mesures de sécurité, il persiste cependant un risque résiduel.

38

L'exploitation des futurs tunnels de base n'est pas entièrement exempte de dangers. Des mesures de sécurité appropriées doivent donc permettre d'y faire face grâce à une combinaison harmonieuse des mesures prises aux niveaux de la construction, de la technique et de l'exploitation. Une analyse du risque a, entre autres, permis de déterminer le nombre de stations de secours et de rameaux de communication nécessaires ainsi que d'autres éléments du projet. Selon l'état actuel des connaissances, la part de risque dans les tunnels de la nouvelle ligne ferroviaire est inférieure à celle du reste du réseau des CFF.

En collaboration avec d'autres compagnies ferroviaires européennes ainsi

qu'avec les autorités de surveillance compétentes, les CFF ont défini des objectifs de protection pour l'exploitation de leur nouvelle installation. Le plan de sécurité est progressivement affiné jusqu'à la mise en service de la ligne du Saint-Gothard, les expériences issues d'incidents, tel l'incendie intervenu dans le tunnel sous la Manche, étant pris en compte.

Les mesures ont été élaborées suivant quatre axes principaux: empêcher la survenance de tout incident constitue le souci primordial. Si un incident survenait toutefois, la priorité irait alors à la réduction de ses conséquences et à la protection des vies humaines. Des itinéraires de sauvetage adéquats ainsi que des stations de secours et des trottoirs latéraux per-

mettant à ceux qui le peuvent de se mettre en sécurité par leurs propres moyens. L'efficacité du sauvetage des autres personnes requiert des équipes de secours parfaitement organisées ainsi qu'un plan de sauvetage adapté aux caractéristiques de l'ouvrage.

Des échanges réguliers d'informations ont lieu avec les équipes des projets des autres tunnels alpins (Lötschberg, Brenner, Mont-d'Ambin, Semmering et Eurotunnel). Ils confirment en outre le bien-fondé du choix du système basé sur deux tubes à voie unique sans galerie de service pour les tunnels de grande longueur traversant les Alpes.

Train d'extinction et de sauvetage





Véhicule de sauvetage du train d'extinction et de sauvetage

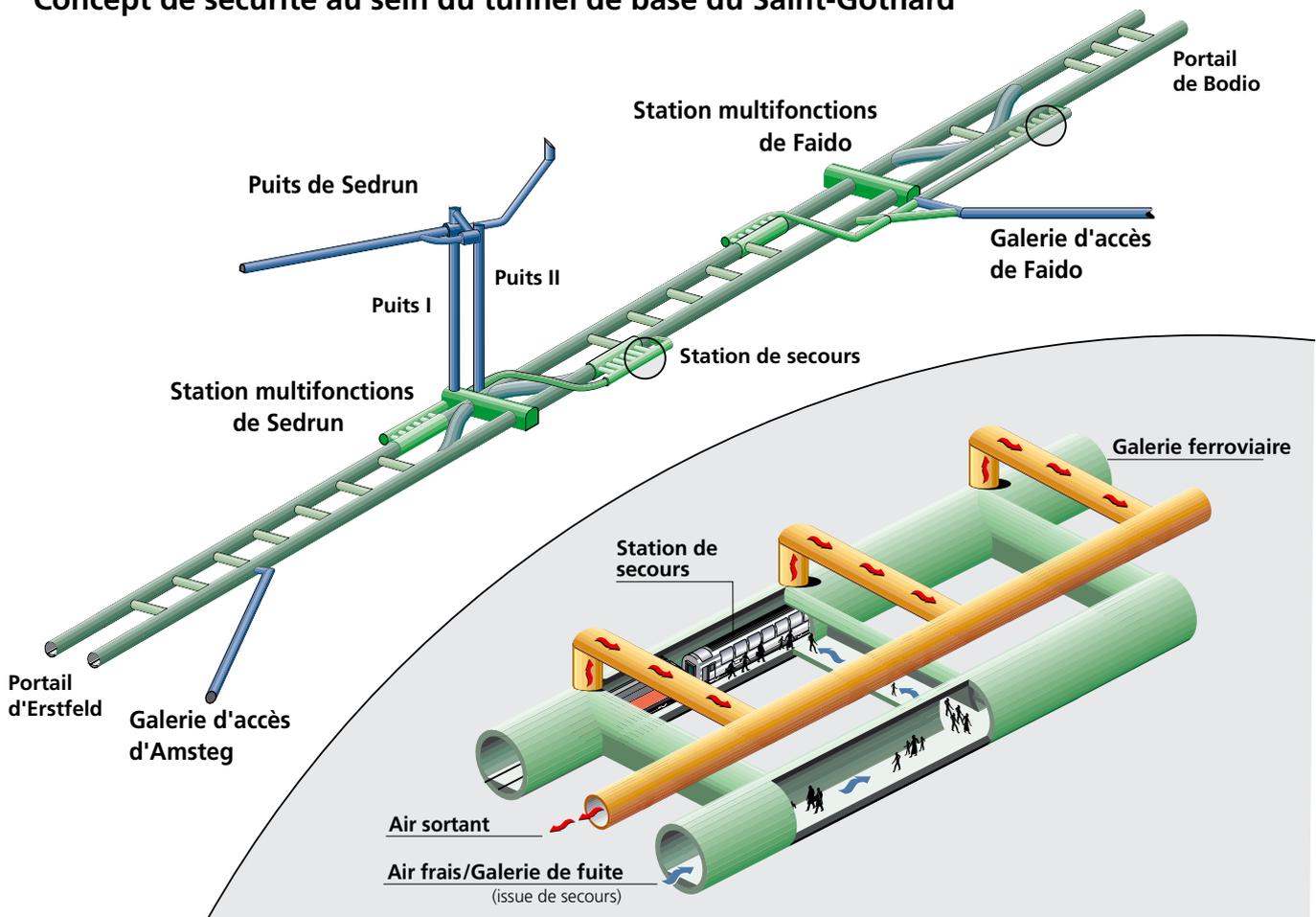
Tous ceux qui espèrent vivre la traversée des Alpes comme une aventure passionnante risquent donc d'être fortement déçus par le voyage. En raison des mesures de sécurité qui y ont été prises, les tunnels du nouvel axe du Saint-Gothard ne devraient guère donner lieu à des incidents.

Particularités en matière de sécurité

Particularités des nouveaux tunnels de la ligne du Saint-Gothard en matière de sécurité:

- la longueur des tunnels (Saint-Gothard 57 km, Zimmerberg 20 km, Ceneri 16 km)
- la profondeur de certaines parties des tunnels (2300 m sous la surface au Saint-Gothard) entraînant des conditions de pression particulières ainsi que des contraintes climatiques
- les vitesses de circulation atteignant 250 km/h
- un trafic dense, voire très dense, avec une forte proportion de trains de marchandises
- la grande importance de l'ouvrage sur le plan international, son statut de transversale alpine imposant des exigences plus élevées en matière de fiabilité et de sécurité.

Concept de sécurité au sein du tunnel de base du Saint-Gothard



La technique au service de demain

Le plan d'exploitation prévoit des processus simples et clairement structurés ainsi qu'une infrastructure réduite au strict minimum. Les équipements ferroviaires doivent permettre une exploitation sûre et résolument tournée vers l'avenir.

40

Les équipements techniques des tunnels de la nouvelle ligne du Saint-Gothard conduisent à une exploitation largement automatisée de l'ouvrage et réduisent les interventions humaines au minimum. L'intégration d'installations techniques suit un principe selon lequel tous les équipements dont la présence à l'intérieur du tunnel n'est pas obligatoire sont placés à l'extérieur. Il en résulte une bonne accessibilité, une grande disponibilité et un taux de perturbations du trafic très faible.

Les éléments d'équipement ferroviaire de la ligne peuvent être regroupés au sein des catégories suivantes:

- les superstructures: la voie, les aiguillages, la commande des aiguillages, la plate-forme sur laquelle sont posés les rails
- les installations de sécurité et d'automatisation: les dispositifs de détection des trains, la signalisation, les postes d'aiguillage, la surveillance des aiguillages
- les installations de télécommunication: la radiotéléphonie mobile, la transmission et la commutation de données



- les installations du courant de traction: les caténaires, les installations de distribution de courant à 15kV/16.7Hz
- les installations électriques: l'éclairage, l'alimentation électrique à 50Hz, le câblage.

Au niveau des superstructures également, on s'est efforcé avant tout de réduire les coûts de maintenance et de

limiter au possible la probabilité d'incidents. Trois principes sont suivis pour parvenir à cet objectif:

- un minimum d'aiguilles
- un tracé aussi rectiligne que possible
- une voie sans ballast.

Les installations de sécurité constituent une partie importante des équipements ferroviaires. Le poste d'aiguillage pilote et contrôle les aiguilles et transmet l'autorisation de circuler aux trains par l'intermédiaire de signaux fixes ou d'indications en cabine. La signalisation en cabine garantit, grâce à l'utilisation de techniques de pointe, le respect des espaces de circulation assignés au train. La nouvelle norme ETCS (European Train Control System, système européen de contrôle de train)



Montage d'une voie sans ballast

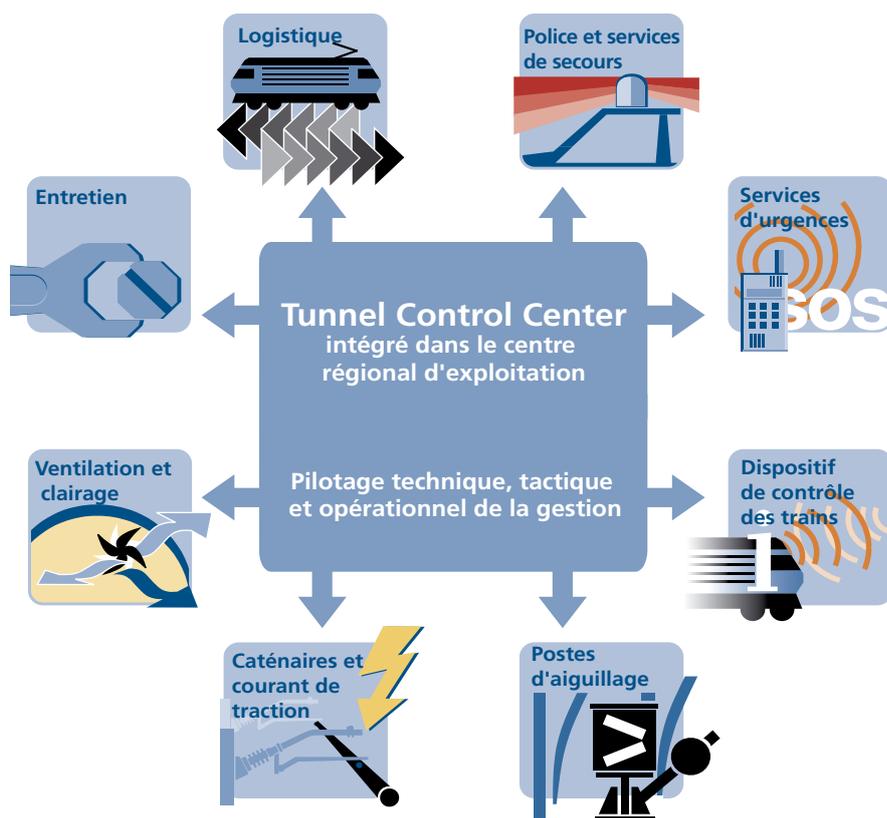


Tunnel Control Center

Level 2 est utilisée pour le projet AlpTransit au Saint-Gothard; elle est simultanément introduite sur d'autres réseaux ferroviaires européens.

Les caractéristiques des installations de sécurité et d'automatisation du projet AlpTransit Saint-Gothard sont les suivantes:

- une surveillance continue des trains en circulation sur la ligne par le biais de la signalisation en cabine
- des perturbations réduites grâce à la disponibilité élevée des équipements techniques et des trains
- l'interopérabilité avec les autres réseaux ferroviaires européens grâce à l'homogénéisation des systèmes de signalisation
- la simplification des systèmes de signalisation grâce à la transmission des données par un réseau de radio-téléphonie numérique
- la gestion centralisée de la ligne et l'automatisation des processus ferroviaires au moyen de commandes à distance aménagées dans le centre d'exploitation régional avec intégration du Tunnel Control Center.





Montage de la caténaire

On appelle approvisionnement en courant de traction la production et l'acheminement de l'énergie de traction. La caténaire sert à la distribution fine de l'énergie de traction. Cet élément est essentiel et ne peut être dédoublé. Sa disponibilité est optimisée par les moyens suivants:

- la mise en œuvre de techniques éprouvées adaptées aux conditions rencontrées en tunnel
- la subdivision en sections de longueur optimale: un nombre de tronçons aussi réduit que possible
- un intervalle suffisamment important entre le point le plus haut du train et le câble conducteur, de manière à minimiser la probabilité que des dommages ou un court-circuit soient provoqués par le train.

L'approvisionnement en courant de traction provient des centrales électriques et aboutit aux caténaires en transitant par des sous-stations, dans lesquelles la très haute tension des lignes de transport est transformée en tension de 15 kV pour les trains. Les sous-stations sont conçues de telle façon que, même en cas de panne générale de l'une d'entre elles, les autres seraient en mesure d'assurer l'alimentation en courant de toute la ligne.

L'approvisionnement en courant de 50 Hz fournit l'électricité aux équipements fixes le long de la ligne ainsi qu'aux installations centrales. La consommation se concentre non seulement sur les postes d'aiguillage et les installations de communication, mais également sur la climatisation et l'éclairage. L'approvisionnement se fait le long du tracé par des câbles logés dans des batteries de tubes ou des caniveaux de câbles dont la fiabilité et la disponibilité doivent être optimales, car ils influent indirectement sur la sécurité.

La conservation et les conditions climatiques

Le climat influe sur les processus de vieillissement: des conditions optimales dans le tunnel ont pour effet de diminuer les perturbations du trafic et les travaux de maintenance. La fréquence et le nombre des travaux de conservation à entreprendre exercent une influence directe sur la capacité de la nouvelle ligne, raison pour laquelle on cherchera à les restreindre.



Coque du tunnel à Bodio

Le plan de maintenance d'AlpTransit Saint-Gothard se différencie fondamentalement de celui des lignes des CFF existantes par les points suivants:

- un tronçon est soit ouvert à la circulation soit fermé en raison de travaux de maintenance
- la coordination de différents services spécialisés permet une exécution de travaux de conservation concentrée sur les tronçons fermés à la circulation.

La solution retenue permet un accroissement important de l'efficacité (rentabilité) et du niveau de sécurité (accidents du travail): la simplification des installations réduit le volume des travaux de maintenance à entreprendre, les coûts ainsi que la fréquence des perturbations. La séparation entre le trafic ferroviaire et le chantier conduit à davantage de sécurité, la qualité du travail et les performances étant améliorées par l'absence d'interruptions et de perturbations dues au trafic ferroviaire.

Dans les tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri, des mesures préventives telles que des dispositions prises au stade de la construction pour contrôler les conditions climatiques régnant dans le tunnel constituent également une part importante du programme de conservation. La température dans le tunnel dépend d'un grand nombre de facteurs liés entre eux: la température du rocher est d'autant plus élevée que le tunnel est plus profondément enfoui sous la surface; à cela s'ajoutent les déperditions de chaleur des motrices. Ainsi la température s'élève-t-elle rapidement sans renouvellement de l'air du tunnel. Le renouvellement d'air nécessaire est assuré par les trains eux-mêmes (effet de piston).

La décision de revêtir la paroi intérieure du tunnel de base du Saint-Gothard d'une coque continue de béton coulée sur place constitue un résultat important atteint par les travaux du projet. Cette disposition de la construction diminue la résistance de l'air et donc l'apport de chaleur par les trains, elle favorise la circulation naturelle de l'air dans le tunnel, abaisse le degré hygrométrique et limite les infiltrations d'eau de montagne dans le tunnel.

Conditions climatiques

Les valeurs suivantes ne doivent pas être dépassées sur des tronçons d'une certaine longueur:

Température:	35°C
Humidité relative de l'air:	70%
Infiltration d'eau:	35g/s et km par les parois du tunnel

Voyager vite en toute détente

En comparaison d'autrefois, nous voyageons aujourd'hui plus confortablement et surtout bien plus rapidement tout en étant plus ponctuels. Le choix du moyen de transport n'est pas uniquement basé sur le critère de l'efficacité, la sécurité jouant un rôle de plus en plus important. Statistiquement, la ligne ferroviaire à grande vitesse est le moyen de transport le plus sûr qui soit.



La probabilité qu'un accident se produise au cours d'un voyage s'est considérablement réduite au cours du 20ème siècle. Aujourd'hui, un voyage en train ou en avion recèle un risque d'accident très faible, bien inférieur à celui d'un trajet en voiture. Et rien n'est plus sûr que les voies à grande vitesse: emprunter ces lignes est 100 fois moins dangereux que circuler sur la route!

Il y a plusieurs raisons à cela: la grande vitesse nécessite l'élaboration d'un catalogue détaillé de mesures visant à optimiser la sécurité et à prévenir les accidents, tant concernant la conception et la construction des lignes qu'au niveau des matériels roulants mis en œuvre. Les lignes à grande vitesse sont par exemple construites de telle façon que certaines causes d'accidents peuvent être écartées d'emblée: il n'y a pas de passages à niveau, moins d'aiguillages et une distance plus grande entre les voies que sur les lignes normales. On minimise ainsi les risques de collision avec un autre moyen de transport, de déraillement ou d'incident entre deux trains se croisant. Les trains sont eux-mêmes équipés d'un système de sécurité automatique, il leur est donc impossible de dépasser la vitesse maximale admissible ou de franchir un signal d'arrêt.



Les nouvelles lignes suisses ne constituent pas des lignes purement réservées à la grande vitesse, mais sont partagées entre les trafics voyageurs et marchandises. Une conception et une planification très soignées ainsi que des mesures de sécurité couvrant tous les cas de figure possibles leur permettent d'être encore plus fiables que le reste du réseau ferroviaire. L'importance des lignes au plan international leur impose de fonctionner sans le moindre incident.

Dans les tunnels de base du Saint-Gothard et du Ceneri, certains types d'événements sont exclus par hypothèse: la possibilité de collision frontale de deux trains circulant en sens opposés peut par exemple être écartée en raison du choix d'un système comportant deux galeries à voie unique. Un ensemble de mesures hautement spécialisées veille par ailleurs à assurer une parfaite sécurité. Toutefois, si un incident devait réellement se produire un jour, les passagers ne seraient pas

livrés aux événements sans la moindre assistance: des stations de secours et des rameaux de communication permettraient leur fuite immédiate en garantissant une sortie rapide et sans danger du tunnel.

Les voyageurs peuvent donc se sentir en sécurité dans le train à grande vitesse: apprécier l'extrême vitesse et arriver parfaitement détendus à destination.



La ligne du futur attrayante et fiable

Les nouvelles transversales alpines mettent la Suisse sur les rails de l'avenir. Elles permettent aux chemins de fer de proposer une offre attrayante au cœur du système international de transport de passagers et de marchandises, placée sous le triple signe de la rapidité, de la rentabilité et de la sécurité. Les lignes à grande vitesse marquent le grand retour du rail sur la scène européenne en tant que moyen de transport de l'avenir.

46

Voilà plus de cent ans qu'est né le premier réseau ferroviaire d'Europe traversant les Alpes. Sa conception fut considérée comme étant révolutionnaire: elle se basait sur un tunnel sommital au centre desservi par des lignes d'accès au tracé audacieux comportant des galeries hélicoïdales. Les percements réalisés au Saint-Gothard, au Lötschberg et au Simplon signifièrent l'entrée dans une nouvelle ère du trafic à travers les Alpes.

Ce système est actuellement adapté aux changements intervenus dans les conditions de circulation des personnes et des marchandises. La modernisation n'est pas moins impressionnante que la construction initiale. Elle se base sur la définition de principes de planification clairs, simples et homogènes, de même que sur l'utilisation des technologies les plus modernes, normalisées sur le plan européen. Les nouvelles lignes se situent ainsi à un niveau encore jamais atteint, tant en ce qui concerne leur fiabilité que leur sécurité ou leur rentabilité.

Des lignes nouvelles complémentaires, dont le tracé est déjà garanti par le plan sectoriel d'AlpTransit, compléteront et relieront un jour les tunnels de base du Zimmerberg, du Saint-Gothard et du Ceneri: les lacunes entre Lugano et Milan, respectivement entre Arth-Goldau et Erstfeld que des études ont pu mettre en évidence aujourd'hui seulement seront comblées. Le temps de trajet entre Zurich et Lugano passera alors à une heure et celui entre Munich et Milan à un peu moins de quatre heures. Milan ne sera plus alors qu'à une heure et demie de Zurich par le train.

Les liaisons européennes les plus rapides traverseront alors la Suisse, comme le faisaient les trains prestigieux de jadis tels que l'Orient Express (Londres – Paris – Lausanne – Istanbul) ou l'Arlberg Express (Paris – Zurich – Vienne). Des liaisons autrefois courantes comme la ligne Hambourg – Stuttgart – Zurich – Milan connaîtront une seconde jeunesse: la nostalgie des jours anciens sera toutefois balayée par les temps de trajet actuels.

Le rail conquiert actuellement une nouvelle place sur le marché européen des transports. L'intégration de la Suisse dans le réseau ferroviaire de l'ère moderne lui impose d'offrir des lignes sur lesquelles des trains puissent circuler à grande vitesse: la construction de la nouvelle ligne du Saint-Gothard constitue le premier pas vers les chemins de fer suisses du futur, et la mise en place des lignes d'accès parachèvera l'ouvrage du siècle.

Etude de design du Cisalpino, train pendulaire à grande vitesse



Ensemble et droit au but à l'aide d'une information ouverte

La nouvelle ligne du Saint-Gothard donne vraisemblablement naissance au projet environnemental le plus durable de Suisse, qui alimente un intense intérêt de la part de la population. La société AlpTransit Gottard SA désire, dans sa fonction de maître d'ouvrage, offrir à tout moment une information compétente, détaillée et transparente sur le déroulement, les progrès, les jalons et les défis du projet.

Internet est le support médiatique permettant l'échange d'informations le plus rapide. La société AlpTransit Gottard SA dispose d'un vaste site Internet plurilingue, toujours parfaitement mis à jour. A l'adresse www.alptransit.ch, on trouve les informations les plus récentes relatives à l'avancée des travaux ainsi que de nombreux détails passionnants sur la construction de la nouvelle ligne du Saint-Gothard.

Les brochures et prospectus offrent un condensé de connaissances de base sous forme imprimée. Des communiqués relatifs à l'avancée des travaux des différents chantiers sont publiés plusieurs fois par an. Ceux-ci sont directement expédiés aux riverains. Il est également possible de les commander sur Internet ou à travers les secrétariats de la société AlpTransit Gottard SA.

Les visites de chantiers constituent une opportunité bienvenue, permettant aux adultes de s'informer sur place de l'avancée des travaux. En raison du grand intérêt que suscitent ces visites, ces dernières doivent être annoncées et réservées à l'avance. Les chantiers d'Amsteg et de Bodio disposent de chemins aménagés spécialement pour les visiteurs et agrémentés de tableaux d'information. Ces promenades faciles permettent de découvrir indépendamment et en toute liberté les chantiers. Pour tout ultérieur détail ou adresse de contact, veuillez consulter le site Internet.

Les journées portes ouvertes sont organisées chaque année sur tous les

chantiers. Des experts y informent avec compétence et une tente des festivités veille à ce que personne ne reste sur sa faim. Et, une fois n'est pas coutume, les enfants ont eux aussi le droit de découvrir le monde sous terre ce jour-là. Les dates correspondantes sont publiées sur Internet.

Outre les visites guidées payantes des chantiers, les centres d'information offrent également des expositions d'importante envergure, réparties sur plusieurs centaines de mètres carré. Grâce à des supports audio-visuels, des modèles et des objets originaux, la construction de la nouvelle ligne du Saint-Gothard se transforme en une expérience passionnante.

La visite des expositions est entièrement gratuite. Vous trouverez les informations concernant les heures d'ouverture et les adresses de contact sur Internet.

Les films documentaires illustrent par des images intensives et impressionnantes la progression des travaux de la nouvelle ligne du Saint-Gothard ainsi que le travail souvent ardu et difficile accompli au sein de la montagne. Une suite du documentaire sortira chaque année jusqu'à l'ouverture du tunnel de base du Saint-Gothard. Les films peuvent être commandés ou achetés directement dans les centres d'information. Les informations utiles relatives au déroulement de la commande se trouvent également sur la page Web.

Journée des portes ouvertes sur le chantier d'Amsteg



Crédits photos

Alain D. Boillat, service photo des CFF, Berne
pages 3, 8, 9, 10, 21, 38, 40, 41 (en haut)
42, 44, 45
Guy Perrenoud, service photo des CFF, Berne
Page 41 (en bas)
zVg, service photo des CFF, Berne
Page 46
BLS AlpTransit SA, Thoun
Page 40 (en bas)
Alexander Dietz
Page 4 (à gauche)
Hans Eggermann
Pages 12, 27, 29 (en bas)
Foto Studio Battaglia
Page 22
Travaux de remblaiement du lac à Uri
Page 30 (en haut)
Martin Rüttschi/Keystone
Pages 28 & 29 (en haut)
Armin Schmutz
Pages 15 & 31 (en haut)
Philipp Unterschütz, ATG
Pages 4/5 (au centre), 13, 18, 19, 23, 24, 25 (en bas),
31 (en bas), 32, 33, 34, 35, 36, 37, 43, 47

Editeur

AlpTransit Gotthard SA
Zentralstrasse 5
6003 Luzern
Téléphone 041 226 06 06

Rédaction / Réalisation

Philipp Unterschütz
Brigitta Schamberger, Graphique
Communication AlpTransit Gotthard SA, Lucerne

Impression

Engelberger Druck AG, Stans

Tirage

10/2004, 10'000 Ex.
11/2005, 10'000 Ex.

© AlpTransit Gotthard AG, 2005

www.alptransit.ch

