

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 111 (1985)
Heft: 12

Artikel: Chemin de fer des superlatifs: le métro alpin de Saas-Fee
Autor: Weibel, Jean-Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-75634>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Industrie et technique

Chemin de fer des superlatifs: le Métro alpin de Saas-Fee

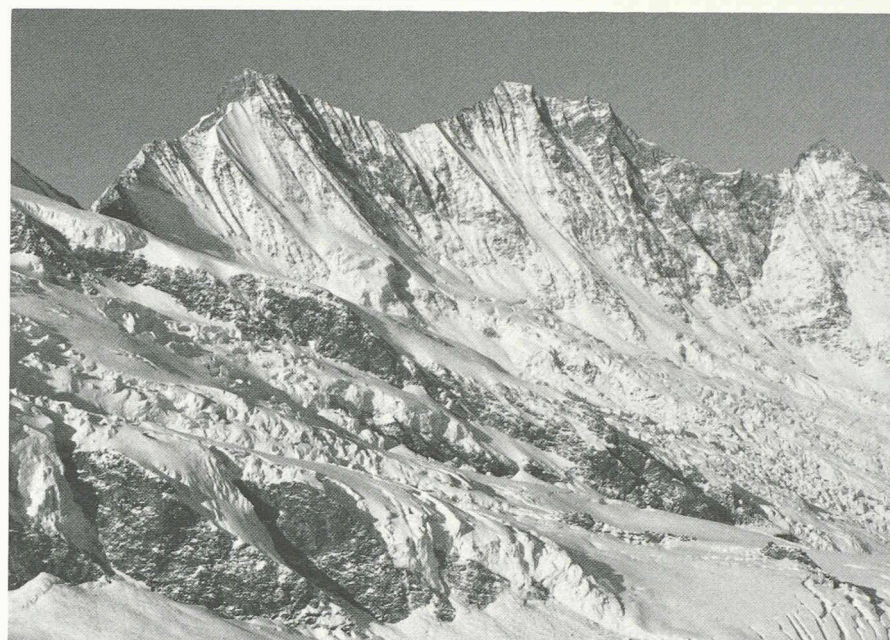
Station supérieure: 3456 m d'altitude! Ce chiffre confère au Métro alpin de Saas-Fee le titre de plus haut funiculaire souterrain du monde, mais rend bien imparfaitement compte des prouesses réalisées par ses constructeurs. Une visite a permis récemment à la presse technique de mieux apprécier les difficultés qu'il a fallu vaincre pour mener à bien ce projet ambitieux.

Pourquoi un métro alpin?

Les stations de sport d'hiver sont en concurrence serrée pour attirer une clientèle qui n'est pas extensible à l'infini. C'est sur la qualité du domaine skiable et de ses équipements que se concentre la lutte. Il ne suffit toutefois pas de propulser les skieurs à des altitudes toujours plus élevées; il faut également leur offrir un confort amélioré et diminuer les temps d'attente. L'extension vers le haut des champs de ski accessibles par des moyens mécaniques permet de diluer la foule des skieurs mais elle doit s'accompagner de capacités de transport élevées.

La station supérieure du téléphérique du Felskinn fournissait une base de départ, à 2990 mètres, pour un prolongement vers le glacier du Mittelallalin. Deux solutions ont été envisagées par les responsables de Saas-Fee: la construction d'un téléphérique ou celle d'un chemin de fer souterrain, sur le modèle de celui existant à Zermatt.

Malgré le coût sensiblement plus élevé, c'est le funiculaire souterrain qui a été choisi, bien qu'une concession eût déjà été accordée pour un téléphérique. Les arguments décisifs ont été la suppression radicale de tout impact sur la nature et le paysage de haute montagne, une capacité de transport supérieure, l'insensibilité



En quelques minutes, le Métro alpin conduit ses passagers au cœur du monde alpin, à 3500 m d'altitude.

aux facteurs atmosphériques et les frais d'entretien inférieurs à ceux d'un téléphérique.

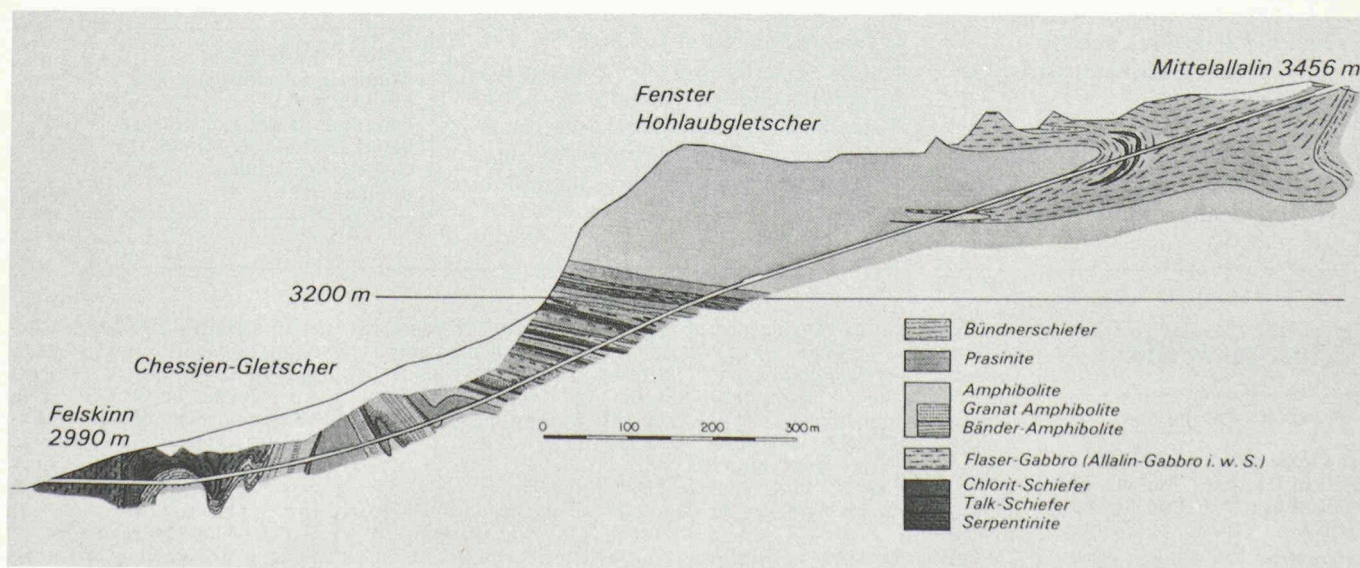
Difficultés principales

On ne saurait énumérer ici toutes les contraintes liées à la planification et à la réalisation de cet ouvrage exceptionnel. La première est constituée par la situation du chantier, entre 3000 et 3500 mètres d'altitude, avec tous les problèmes de transport, d'approvisionnement et météorologiques que cela comporte. Plutôt que d'amener et de reconduire chaque jour le personnel du chantier, il a été décidé de le loger à la base inférieure, au terminus du téléphérique du Felskinn. Cela signifiait un certain risque, puisque c'est la vie de l'ensemble du personnel qu'il fallait assurer à 3000 m/mer, sans que soit garantis les services du téléphérique. Un exemple: il s'est révélé impossible de ravitailler en eau le chantier en faisant fondre neige ou glace, ou de trans-

porter l'eau par téléphérique. Il a donc fallu construire une conduite partant de Saas-Fee et amenant 100 m³ par jour au chantier.

Une partie des travaux s'effectuait à la station supérieure, inaccessible autrement que par hélicoptère.

La topographie et la géologie ont apporté plus que leur lot usuel de difficultés. Le tracé prévu passant sous un glacier — le «Chessjengletscher» — il fallait absolument connaître sa limite inférieure pour en rester à une distance sûre. Le dépouillement de quelque 130 sondages, de 10 à 60 m de profondeur, exigeait des relevés topographiques immédiats, en raison des mouvements du glacier. Le tracé tridimensionnel de la ligne est le résultat de ces mensurations. La distance verticale minimale entre le tunnel et le glacier est de 15 m, alors qu'elle n'est latéralement que de 5 à 6 m dans la partie supérieure. Si on ajoute que la température à l'intérieur du tunnel est tombée de 7-9 °C à des



Profil géologique.



Avancement dans une zone perturbée, à 1100 m environ.

valeurs inférieures à 0° dès que la fenêtre médiane a été ouverte, avec le gel de toutes les intrusions d'eau, on aura mentionné une autre difficulté: impossible de percer autrement qu'à sec.

Profil

Le profil utile pour la voie et le matériel roulant a été défini comme un cercle de 3,6 m de diamètre, ce qui a conduit à un diamètre de percement de 4,2 m, toute correction à l'explosif étant exclue tant par les conditions géologiques que par le programme d'avancement.

Tout au long de l'axe de percement prévu, des couches minces, de dureté variable, alternaient fréquemment. Vu la proximité du glacier, il fallait éviter d'ébranler les couches voisines du tracé. C'est pourquoi on a recouru à un tunnelier Robbins. D'une masse totale de 150 tonnes, cette machine a dû être démontée en éléments de 12 tonnes au maximum, pour pouvoir être acheminée par le téléphérique du Felskinn jusqu'au chantier.

Exécution

La bonne qualité de la roche (classe I selon norme SIA 198 sur 80% de la longueur) n'a demandé que 750 ancrages et 400 m² de filets métalliques.

L'excavation s'est faite depuis le bas, le tunnelier étant poussé selon l'axe calculé: 150 mètres d'accès à la station aval, à l'horizontale, puis une pente variant de 170 à 480‰ jusqu'à la station médiane et constante de 330‰ jusqu'à la station amont. Le rayon vertical atteint 1200 m, le rayon horizontal 500 mètres, d'où une courbe tridimensionnelle à suivre avec précision par le tunnelier. Les écarts prévus étaient de ± 13 cm.

En principe, le tunnel a été laissé tel qu'excavé, à l'exception de la station d'évitement médiane. Plutôt que d'apporter des corrections de part et d'autre de l'axe médian, on a choisi de suivre le tracé de l'une des voies de l'évitement, de façon à n'avoir à corriger qu'un côté du tunnel. La précision du percement et des mensurations ont autorisé cette manière de faire.

Les voies

Pour recevoir les rails, des éléments préfabriqués en béton de 5 m de long ont été posés derrière le tunnelier au fur et à mesure de son avance. Ils ne sont pas reliés transversalement, mais fixés sur le fond du tunnel par des ancrages collés (quatre par élément). De la sorte, l'espace entre les éléments (62 cm de haut au droit des rails) est laissé libre pour le passage des câbles et le montage des poulies, ce qui a constitué un avantage appréciable eu égard à la géométrie compliquée du tracé.

Les rails sont fixés à intervalles d'un mètre sur des attaches élastiques. Ils sont entièrement soudés.

Installations techniques

Guider les câbles sur une longueur de 1447 m, avec une dénivellation de 465 m et des rayons verticaux dans les deux sens, n'est pas aisé. Cette tâche est assurée par 248 poulies, munies de bandages de caoutchouc destinés à ménager le câble et amortir efficacement le bruit.

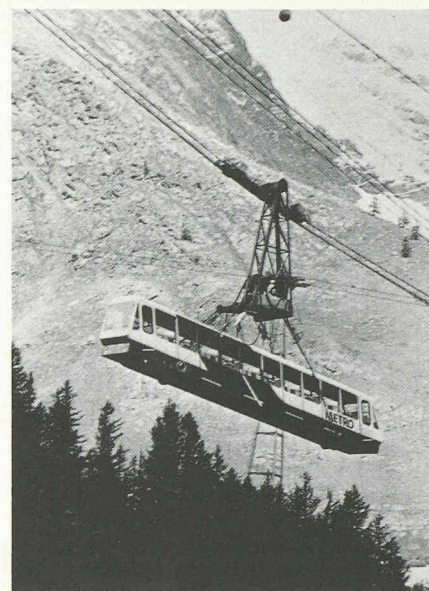
L'installation est conçue pour une vitesse maximale de 10 m/sec. La traction est assurée par un moteur électrique à courant continu de 545 kW de puissance nominale (998 kW au maximum), alimenté par un groupe Ward-Léonard. La vitesse maximale n'est utilisée qu'en cas de besoin, lorsqu'une capacité élevée est demandée; une vitesse réduite ménage le matériel et diminue la consommation d'énergie électrique.

Chacune des deux voitures, de construction autoportante, offre 115 places et repose sur quatre roues indépendantes. L'évitement, sans aiguillage mobile, est assuré par le système Abt (deux roues à double boudin, deux roues cylindriques).

Le transport de ces voitures a posé de délicats problèmes, à la limite des possibilités du téléphérique du Felskinn.



La ligne suit un tracé complexe, d'où de délicats problèmes pour le guidage du câble d'entraînement: 248 poulies!



A la limite des capacités du téléphérique de Felskinn: transport de l'une des voitures du Métro alpin.

La sécurité a fait l'objet d'une attention particulière; les systèmes de commande et de surveillance sont conçus pour une exploitation par un seul agent à la station aval. Non seulement les perturbations éventuelles sont signalées, mais les mesures à prendre sont indiquées de cas en cas.

Tant pour des raisons topographiques qu'en raison de la circulation des voitures dans un profil minimal, de violents courants d'air sont à attendre. C'est pourquoi les stations amont et aval sont équipées de sas automatiques, de sorte qu'elles ne sont jamais entièrement ouvertes. Ces sas servent également à régulariser le flot des passagers. Actuellement, il n'existe pas de sortie à la station médiane. Toutefois, elle est équipée pour permettre également l'embarquement et le débarquement des passagers dans une phase ultérieure.

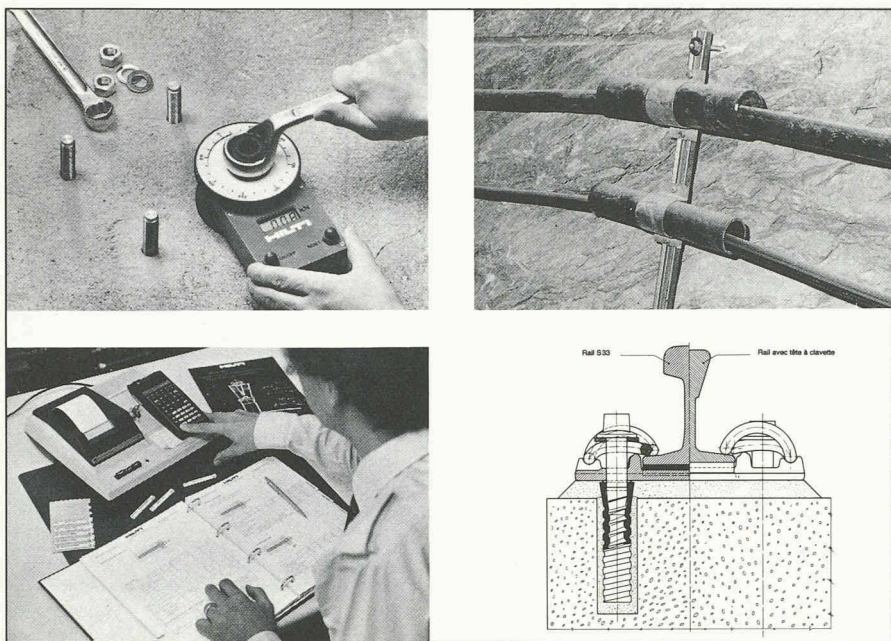
Fixations

Dès le stade de l'avant-projet, l'ingénieur était confronté au problème de fixer l'équipement à la paroi du tunnel: câbles, conduites, par exemple. Le mode de fixation conditionnait en effet les plans de l'ouvrage.

En cours d'exécution, autres tâches: pour revêtir les parois de béton projeté, il fallait y fixer un treillis d'armature.

Ce n'est pas par hasard que le voyage de presse qui nous a permis de découvrir le métro alpin a été organisé par la maison Hilti, à Schaan; en effet, c'est elle qui a apporté son expérience et ses produits pour résoudre les épineux problèmes de fixation dont la solution conditionnait dans une large mesure la réussite de cet ambitieux projet.

Les participants à ce voyage ont été frappés par la douceur de roulement du métro alpin, même roulant à sa vitesse nominale de 10 m/sec. Ce confort résulte à la fois de la précision du tracé et de la



Sécurité et confort dépendent des fixations : de gauche en bas, dans le sens de la montre : calcul des ancrages, vérifications de la résistance in situ, fixation de conduites et de câbles au moyen d'éléments Hilt, système d'attache de rail Vossloh.



Le groupe d'entraînement du Métro alpin.

Liste des bureaux et entreprises ayant participé à la construction du métro alpin

1. Tunnel

Schneller & Schmidhalter-Ritz,
ingénieurs-conseils, Brigue
Elektrowatt, Zurich
Geotest SA, Zollikofen/Bern
Prader SA, Zurich

Projet
Conseil
Géologie
Exécution

2. Funiculaire

Von Roll Habegger, Thoune

Caisse des voitures
Fatzner SA, Romanshorn
Bibus SA, Zumikon
Thyssen SA, Herne (RFA)
Vanoli SA, Zofingue

Projet, construction, livraison
et montage
Gangloff SA, Berne
Câble de traction
Entraînement auxiliaire
Engrenages et accouplements
Montage de la voie

pose de la voie, de la commande du mécanisme d'entraînement, de la conception des véhicules et de leur train de roulement. Toujours au chapitre des fixations, il faut mentionner à ce sujet le système d'attache des rails sur le support de béton (système Vossloh), exempt d'entretien et répondant aux critères de sécurité et de confort les plus stricts.

Conclusions

Cette description sommaire ne traduit guère les difficultés qu'ont eu à surmonter les initiateurs, les planificateurs et les artisans de cette réalisation en tout point remarquable. Le risque technique et financier s'est immédiatement révélé payant : les faibles chutes de neige du début de l'hiver ont chassé les skieurs vers les hauteurs et la capacité élevée du métro alpin s'est révélée précieuse. Les responsables valaisans se sont montrés conscients des contraintes qui existent, dès lors que l'on débarque des skieurs «normaux» à 3500 m d'altitude : les pistes ont été préparées, notamment sur le plan de la sécurité, de façon à ne pas poser de problèmes aux milliers d'usagers du métro alpin. Il est vraisemblable que nombre d'entre eux se souviendront de cette expérience lorsque le printemps viendra limiter les possibilités de skier à plus faible altitude.

Les promoteurs du Métro alpin de Saas-Fee doivent être rassurés sur l'issue de leur coûteux pari : à mi-avril, le funiculaire accueillait déjà son 500 000^e passager ! La démonstration est faite qu'on ne se ruine forcément pas en ménageant l'intégrité des sites alpins. Puisse Saas-Fee avoir valeur d'exemple.

Jean-Pierre Weibel

