

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 102 (1976)
Heft: 3: Le chemin de fer

Artikel: La modernisation des installations du tunnel du Simplon et de la ligne Brigue-Domodossola
Autor: Ammeter, André / Caponi, Giulio / Kallenbach, Jean-Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72907>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.06.2025

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

La modernisation des installations du tunnel du Simplon et de la ligne Brigue-Domodossola

par ANDRÉ AMMETER, GIULIO CAPONI et JEAN-PIERRE KALLENBACH

1. Historique

Lire le nom d'Istanbul sur la plaque des voitures avive la magie de l'invitation au voyage. L'horaire CFF précise que le train baptisé « Direct-Orient » effectue le trajet Calais - Paris - Trieste - Belgrade - Istanbul/Athènes.

Ce voyage, via Lausanne - Brigue, a été rendu possible par le percement du tunnel du Simplon. Les ingénieurs et voyageurs ont été émerveillés par sa réalisation. Le poète Virgile Rossel a salué cette grande percée des Alpes en quelques vers :

*Merveille qui s'ajoute aux merveilles du monde,
Triomphe du génie et gloire du travail,
Le Simplon est à nous ! Par sa brèche profonde,
Les peuples voleront à leur tâche féconde
Sur les ailes du rail.*

Le voyageur ignore souvent que le tunnel du Simplon est en réalité constitué par deux tunnels parallèles, reliés en leurs centres par un croisement et une station de gare.

Le premier tunnel a été mis en service en 1906. Il a été électrifié à son origine et alimenté par du courant triphasé de 3300 volts à $16 \frac{2}{3}$ Hz. Le deuxième tunnel était initialement une galerie parallèle permettant l'évacuation et le transport des matériaux. Tous les 200 m une percée transversale permettait une liaison entre tunnel et galerie, ce qui facilitait également l'aération. Cette seconde galerie parallèle a été agrandie pour être utilisée dès 1922 comme tunnel dit « II » du Simplon. Une convention passée entre la Confédération suisse et Sa Majesté le roi d'Italie réglait les modalités d'exploitation. Il fallait assurer une continuité du trafic en Italie. Le tronçon depuis la sortie du côté de l'Italie, c'est-à-dire d'Iselle à Domodossola, était également aménagé pour recevoir les trains venus de Brigue.

A la suite de diverses difficultés techniques rencontrées avec l'alimentation, il a été décidé d'électrifier les deux tunnels, ainsi que le tronçon Iselle - Domodossola, en courant monophasé avec une tension de 15 000 volts et une fréquence de $16 \frac{2}{3}$ Hz.

Cette alimentation était celle choisie pour tout le réseau CFF. La transformation fut réalisée et mise en service en 1930. Aujourd'hui encore, il incombe aux CFF d'entretenir et d'exploiter l'alimentation en énergie de la voie du Simplon de Brigue à Domodossola.

Lors de la mise en service du tunnel I en 1906, il a été créé au milieu du tunnel une station d'évitement équipée d'un appareil d'enclenchement mécanique, permettant la manœuvre à distance des deux aiguilles extrêmes et la commande des signaux d'entrée et de sortie des voies de la station. Le block de ligne à voie unique en liaison avec Brigue et Iselle permettait d'assurer la sécurité des trains dans le tunnel. Cette station était desservie en permanence par du personnel d'exploitation des CFF.

A la mise en exploitation du tunnel II en 1922, et par conséquent de la double voie, l'appareil d'enclenchement de la station du tunnel fut adapté à cette nouvelle situation. Deux nouvelles aiguilles furent posées pour assurer une communication entre les deux tunnels pour les deux sens de marche. La signalisation fut simplifiée et on réalisa une station de block intermédiaire ne comportant qu'un signal de distancement par direction, soit quatre signaux princi-

paux en tenant compte des possibilités d'exploitation en voie unique dans chacun des tronçons du tunnel. Le block fut transformé pour la double voie et équipé de compteurs d'essieux. Il fut ainsi possible de ne plus desservir la station du tunnel en période normale d'exploitation (double voie) tout en gardant la possibilité d'utiliser les signaux de la station du tunnel pour assurer le distancement des trains. En cas de travaux, nécessitant la mise hors service d'un tronçon de tunnel, il était nécessaire de modifier les installations et de desservir sur place l'appareil de la station.

L'augmentation du trafic dans le tunnel et l'importance des travaux d'entretien à la voie et à la ligne de contact ont nécessité la modernisation des installations de sécurité. En 1959, l'appareil d'enclenchement mécanique de la station du tunnel fut remplacé par une installation électrique qui pouvait être télécommandée depuis Brigue. Le block a été également automatisé pour les parcours à contre-voie. Il ne fut dès lors plus nécessaire de desservir sur place la station du tunnel en cas de travaux impliquant l'exploitation en voie unique.

2. Modernisation des installations de la voie et travaux de génie civil dans le tunnel

Dès la mise en service du tunnel du Simplon, la voie a été équipée de rails types CFF II, de 49 kg/m (rails lourds pour l'époque), eu égard au fort tonnage de cette ligne et à la corrosion particulièrement forte régnant dans certaines zones du souterrain.

Depuis la première pose, toute la superstructure a été renouvelée deux fois, la deuxième fois avec des rails CFF III de 54 kg/m ; dès à présent, les renouvellements s'effectueront en adoptant le rail CFF VI de 60 kg/m.

Pour augmenter le confort des voyages, réduire les frais d'entretien et favoriser l'augmentation de la vitesse des trains, les rails ont été soudés entre eux de la sortie de la gare de Brigue jusqu'à l'entrée de la gare d'Iselle, constituant par là une voie sans joints.

La maçonnerie du tunnel s'est très bien conservée depuis sa construction. Les travaux d'entretien se sont limités jusqu'à présent à de simples réfections de joints de la maçonnerie dans les zones gypseuses et à des étanchements de la voûte. De plus, nous avons dû procéder à la réfection de certaines parties du canal d'écoulement des eaux désagrégées par les eaux séléniteuses.

C'est vers le km 11 que nous trouvons des sources d'eau chaude, qui à l'époque de la construction atteignaient une température de 46° C. Actuellement, la température de ces eaux est légèrement inférieure. Les sources d'eau froide sont plus importantes. Nous en trouvons un peu partout le long du tunnel, mais plus particulièrement vers le km 16. Le débit total de toutes ces sources, réuni presque en entier sur le versant sud, s'est chiffré à l'époque par plus de 1200 litres à la seconde. Au cours des années, certaines sources ont disparu, l'eau ayant trouvé probablement d'autres cheminements de sortie.

Anciennement, il existait deux stations de ventilation, sises aux deux portails. En 1915, la vieille installation du portail nord a été remplacée par un dispositif de ventilation moderne, tandis que celle du portail sud a été complé-

tement démontée en 1920. Actuellement, les appareils de ventilation ne sont mis en marche que pour les besoins des travaux, c'est-à-dire lorsque les conditions de travail deviennent trop pénibles pour l'ouvrier. En actionnant les ventilateurs, on injecte dans les deux galeries 90 m³ d'air frais à la seconde et ainsi on réussit à abaisser de quelques degrés la température de l'air et en même temps à évacuer la poussière et les gaz nocifs produits par les différents moteurs de chantier.

On pourrait croire que le tunnel n'est qu'un long trou sans vie. Mais lorsque vous faites quelques instants de silence dans la zone centrale du tunnel, vous vous apercevez qu'il y règne quand même une certaine vie. En effet, de petits grillons appelés « grillons de boulangers » indiquent par leurs petits chants que vous n'êtes pas seul dans cette immense galerie. L'obscurité, la chaleur, le silence et la présence de ces petites bestioles font rêver d'un beau soir d'été. D'autres petits animaux habitent également le tunnel. Ce sont des souris que vous ne pouvez apercevoir ; elles se nourrissent de tout ce qui tombe des convois et sont par là d'une extrême utilité, car elles se chargent du service de la voirie. Cette faune fait partie de la vie des tunnels. La modernisation des installations ne semble pas la gêner.

3. Modernisation des installations de sécurité du tunnel

Par suite de l'augmentation constante du trafic sur la ligne du Simplon et plus spécialement entre Brigue et Iselle, en raison de la circulation des trains d'autos, l'existence de deux cantons de block de 10 km de longueur chacun dans le tunnel constituait un goulet qui rendait l'exploitation très difficile. Il devenait urgent d'accroître la capacité du tunnel en augmentant le nombre des cantons de block. En 1965, une étude a été faite pour la création de cantons de block de 3 km maximum, soit au total 8 dans le sens Brigue - Iselle et 10 dans le sens Iselle - Brigue.

Une première étape a été réalisée en 1969. Le nombre des cantons est de 5 dans le sens Brigue - Iselle et 6 dans le sens Iselle - Brigue. La longueur des cantons varie de 1,2 à 5,7 km, elle est plus courte pour les cantons situés aux entrées du tunnel pour tenir compte de la vitesse réduite dans les courbes ; elle est plus grande au milieu du tunnel où les trains rapides circulent à la vitesse de 140 km/h.

La banalisation complète des deux voies du tunnel a été réalisée, c'est-à-dire que chaque voie est équipée de signaux pour les deux sens de marche et que la circulation de deux trains peut se faire en parallèle sur les deux voies voisines et que le dépassement d'un train lent (train d'autos ou de marchandises) par un train rapide peut avoir lieu sur les 10 km séparant Brigue et la station du tunnel, respectivement cette dernière et Iselle.

La commande des installations de sécurité de la station du tunnel se fait à distance depuis le poste directeur de la gare de Brigue (fig. 61).

Le contrôle de l'occupation des cantons de block est réalisé au moyen de circuits de voie à l'extérieur et jusqu'à 1 km à l'intérieur du tunnel, et au moyen de compteurs d'essieux électroniques dans les 18 km restants à l'intérieur du tunnel.

L'appareillage est centralisé : au poste directeur de Brigue (télécommande et télécontrôle complet de la circulation des trains dans le tunnel), au poste d'aiguillage n° 3 de Brigue pour les signaux de Brigue et ceux du tunnel jusqu'au km 5, à la station du tunnel pour les aiguilles et les signaux de la station, à Iselle pour les signaux du km 15 jusqu'à Iselle y compris.

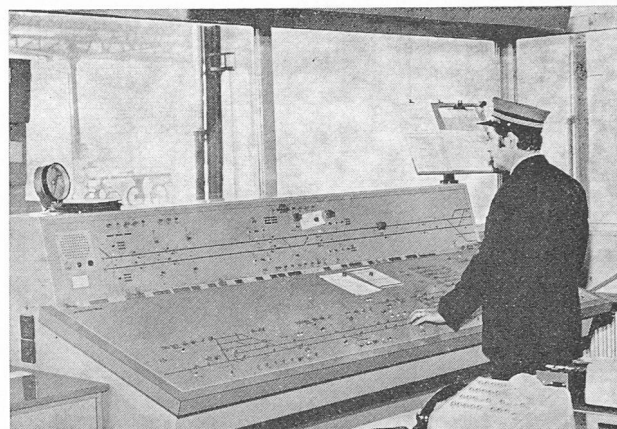


Fig. 61. — Brigue, poste directeur.
Vue du pupitre de télécommande et d'autorisation.

En haut : tunnel du Simplon avec au milieu du parcours la station du tunnel et ses deux diagonales d'échange ; à droite les voies de la gare d'Iselle.

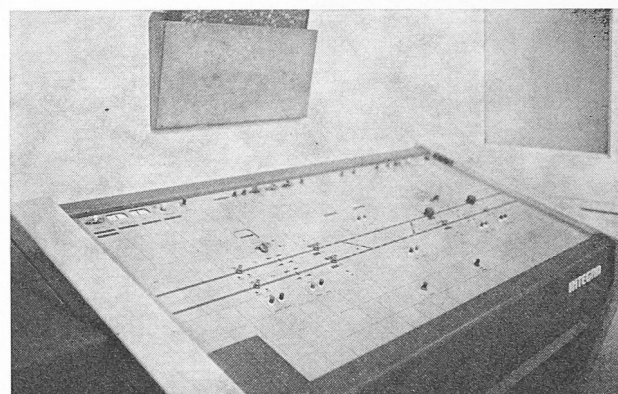


Fig. 62. — Station du tunnel.

Vue du pupitre de commande local pour la desserte de secours en cas de dérangement.



Fig. 63. — Iselle.

Au premier plan : appareil d'enclenchement à touches d'itinéraires pour la gare d'Iselle avec tableau de voies lumineux. A l'arrière-plan : tableau de télécommande du tunnel, à gauche Iselle, à droite la station du tunnel avec l'indication lumineuse d'un parcours établi par la diagonale d'échange tunnel I Brigue - tunnel II Iselle.

La station du tunnel est équipée d'une installation comportant un pupitre de commande géographique pour permettre d'assurer une desserte locale de secours en cas de dérangement à l'appareillage de télétransmission (fig. 62).

La gare d'Iselle possède, en plus de l'appareil d'enclenchement électrique FS (chemins de fer de l'Etat italien), un tableau de télécommande et de télécontrôle pour le tronçon station du tunnel - Iselle (fig. 63).

4. Modernisation des installations des lignes de contact du tunnel

Après les transformations de 1930, les caténaires des tunnels du Simplon étaient composées de deux fils porteurs en cuivre de 50 mm² de section et d'un fil de contact en cuivre de 107 mm² de section. Par mesure d'économie, le constructeur avait utilisé les fils provenant du système triphasé comme fils porteurs. La vitesse et la charge des trains permettaient une exploitation rationnelle du tunnel. Les dérangements étaient peu fréquents. Dès 1960, la charge des trains augmenta constamment. La caténaire donna des signes de surcharge et de fatigue. En 1967, après avoir eu dix ruptures de caténaire en quelques mois, les CFF décidèrent de limiter provisoirement la vitesse de circulation des trains et d'entreprendre les études et travaux nécessaires pour adapter la ligne de contact aux besoins futurs. Des essais ainsi que de nombreuses mesures démontrèrent que nos malheurs avaient quatre origines.

En premier lieu, les vitesses au-delà de 125 km/h n'étaient pas favorables pour le système caténaire-pantographe utilisé. L'expérience réalisée consiste à équiper spécialement une locomotive dans le but de mesurer les mouvements du pantographe. Lorsque l'amplitude de ce mouvement devient trop grande, la caténaire est soumise à des oscillations.

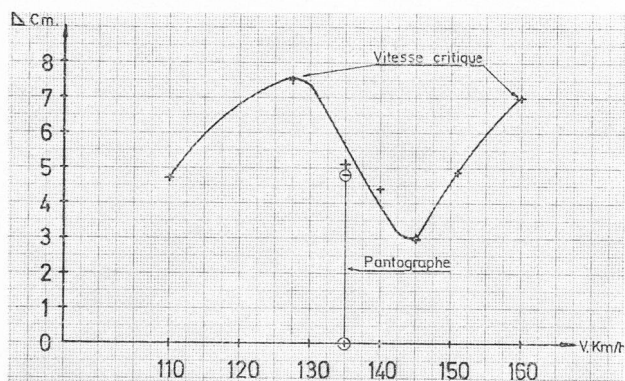
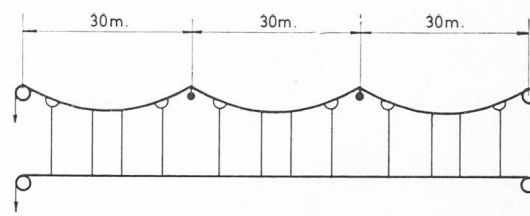


Fig. 64. — Variation des amplitudes du système pantographe — fil de contact en fonction des vitesses.

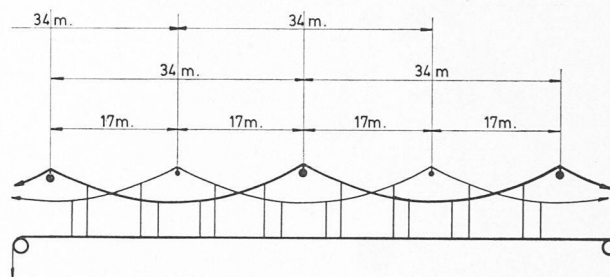
Le graphique de la figure 64 représente les variations des amplitudes d'oscillations en fonction de la vitesse des locomotives. La fréquence des oscillations se situait aux environs de 1,1 Hz. En outre, il était souhaitable d'augmenter la section totale des conducteurs. Le profil du tunnel étant donné, les solutions envisagées devaient tenir compte de l'espace réduit disponible pour la construction d'une nouvelle caténaire. L'introduction de conducteurs supplémentaires n'était pas toujours possible. Les ingénieurs décidèrent d'alimenter le tunnel par ses deux extrémités. D'un côté la caténaire est alimentée par Brigue. De l'autre côté, les CFF installèrent une station avec transformateurs à Varzo.

La sous-station de Varzo est elle-même alimentée à partir de l'usine de Massaboden. La ligne à haute tension est mise sous câble dans le tunnel du Simplon. A la sortie du tunnel, depuis Iselle et jusqu'à Varzo, la ligne est portée par des pylônes. La sous-station de Varzo peut transformer du courant de 132 kV en 15 kV nécessaire pour la traction des convois.

Dans le but d'éviter la mauvaise captation du courant dans le tunnel, les CFF développèrent une caténaire particulière. Celle-ci est composée de deux systèmes parallèles. Chaque système comporte un câble porteur et un fil de contact. La suspension fixe du porteur dans les voûtes se



Caténaires réglées aux extrémités des tunnels
2 caténaires parallèles sur supports mobiles



Caténaires aux centres des tunnels
2 caténaires alternées sur supports fixes

Fig. 65. — Schéma des caténaires du Simplon.

fait alternativement. Lorsque le premier câble porteur est fixé, le second est situé au milieu de sa portée (fig. 65). Ce dispositif améliore considérablement le captage du courant.

Une deuxième cause de perturbation est l'influence de la température. Au centre des tunnels règne une température relativement constante, située entre 20°C et 30°C. Aux extrémités des tunnels, cette température devient celle qui est donnée par le climat local de Brigue ou d'Iselle. Dans ces régions, les caténaires subissent des allongements ou contractions beaucoup plus importants qu'au centre du tunnel. Il est donc souhaitable d'introduire un système de tendeurs qui permette d'obtenir un fil de contact réglé dans un plan parallèle à la surface des voies (fig. 66). Pour que le système soit efficace dans les cas de grandes variations de température, le réglage doit être réalisé aussi bien pour le fil de contact que pour les câbles porteurs. Ce principe a été adopté pour moderniser la caténaire depuis les portails des tunnels jusqu'à une distance d'environ 4 km. Dans les régions des centres des tunnels, seuls les

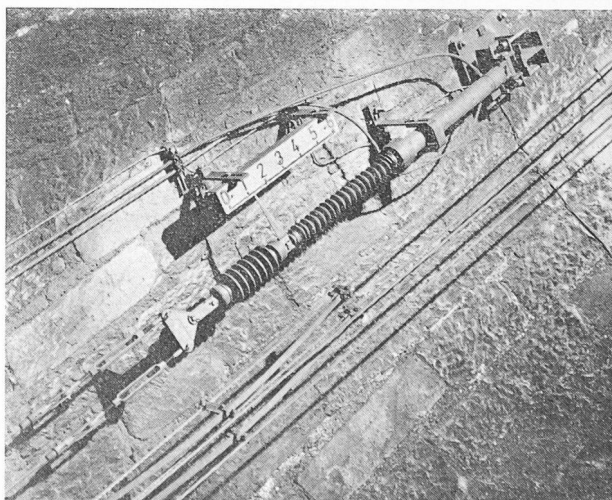


Fig. 66. — Ligne de contact du tunnel.

Système de tendeurs pour caténaires. Le manque de place nécessite le développement de systèmes hydrauliques particuliers à encombrement réduit.

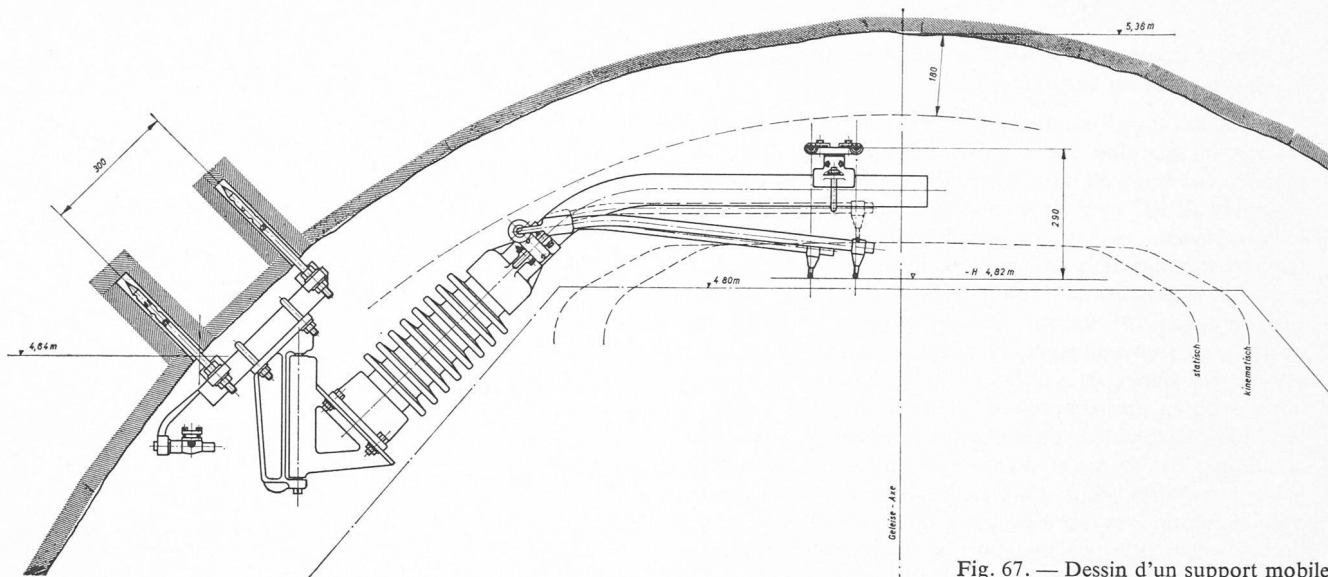


Fig. 67. — Dessin d'un support mobile.

fil de contact sont dotés de systèmes de tendeurs. La construction de tendeurs implique l'introduction de contrepoids ou d'installations hydrauliques. Dans les deux cas, il faut construire des niches supplémentaires dans le rocher. Pour permettre la tension mécanique des câbles, des supports mobiles ont été scellés dans les parois du tunnel (fig. 67).

La troisième cause de perturbation est la charge croissante des convois. Ceux-ci exigent un apport supplémentaire d'énergie. L'échauffement du fil de contact dû au passage de grandes intensités de courant ne doit pas dépasser 80°C. Au-delà de cette température, les valeurs des paramètres mécaniques de la caténaire diminuent rapidement. Pour remédier à ces dangers, il convenait d'augmenter la section des conducteurs de courant. La modernisation des caténaires permettra de disposer d'une section de cuivre de 400 mm² par tunnel. En effet, aux extrémités des tunnels, les deux lignes de contact parallèles sur supports mobiles représentent une section de cuivre de 390 mm². Au centre des tunnels, les deux lignes de contact alternées sur supports fixes avec chacune un feeder représentent une section de cuivre de 500 mm².

Enfin, le dernier mal n'est pas le moindre. La pollution à laquelle est soumis le matériel installé dans le Simplon est énorme. Les effets conjugués de la température, des courants d'air humide et de la poussière des sabots de freins encrassent les installations. La présence de sources minérales augmente la corrosion des caténaires. Les matériaux isolants doivent être régulièrement nettoyés. L'exploitation de la ligne exige une surveillance constante et de nombreux travaux d'entretien. La modernisation des installations n'apportera pas d'améliorations dans ce domaine.

Le coût total du renouvellement des installations électriques des tunnels du Simplon est de l'ordre de 13 millions de francs. La part des coûts du matériel est de 5,5 millions de francs.

Simultanément aux travaux de renouvellement de la caténaire, des travaux sont entrepris pour renouveler les postes de distribution d'énergie, situés entre Brigue et Domodossola. Ces postes de distribution seront télécommandés depuis une centrale située dans l'usine électrique de Massaboden (fig. 68).

5. Modernisation des installations de sécurité de la ligne Iselle - Domodossola

La ligne d'Iselle à Domodossola, sur laquelle ne circulent que des trains suisses (CFF et BLS), est équipée

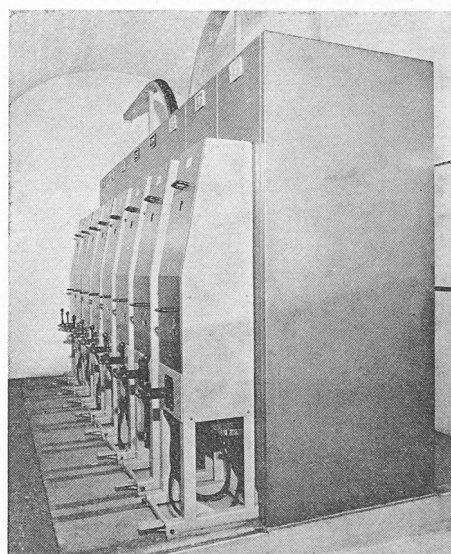


Fig. 68. — Poste de distribution de la station du tunnel. Installations d'alimentation au centre du tunnel.

conformément au règlement des signaux des chemins de fer suisses. Les installations de sécurité dans les gares et en pleine voie ont été construites par les FS selon une technique particulière à ce réseau. L'emplacement des signaux et les différentes images présentées par ceux-ci ont été fixés en étroite collaboration entre les FS et les CFF.

Les gares d'Iselle (fig. 63), Varzo, Preglia et Domodossola sont équipées d'appareils d'enclenchement électriques à touches d'itinéraires, installés dans les bureaux de gare. Elles sont desservies pour tous les trains et, contrairement à la technique adoptée par les CFF, elles ne comportent pas de dispositif de transit automatique permettant d'assurer la circulation des trains sans la présence de personnel d'exploitation.

La sécurité des trains en pleine voie est assurée par le block automatique à circuits de voie, adapté pour la circulation des trains à simple voie avec utilisation des signaux (de la voie normale de gauche en double voie).

La section entre Iselle et Varzo est partagée en deux cantons par une station de block automatique, située dans le tunnel hélicoïdal reliant ces deux gares. Entre Varzo et Preglia, il existe deux stations de block automatique partageant la section en trois cantons.

Les installations décrites ci-dessus ont été mises en service entre 1971 et 1973.

6. Projet de renouvellement des installations de la ligne de contact entre Iselle et Domodossola

L'effort fait pour adapter les installations du tunnel du Simplon aux conditions de trafic actuel a été décrit dans les paragraphes précédents.

Il est évident que la capacité de transport des voies CFF ne s'arrête pas à la sortie du Simplon, en Italie. Brigue étant le nœud ferroviaire d'où partent les voies du Simplon, du Valais et du Loetschberg, il est indispensable d'assurer une continuité des moyens jusqu'à la gare de Domodossola. Divers projets étant à l'étude, il est prématuré de parler de réalisation. Il convient simplement de préciser que la capacité des caténaires, qui sera pleinement disponible dans les tunnels dès 1979, devra être prolongée de la même manière jusqu'à Domodossola. Le coût de ces travaux est estimé à 10 millions de francs.

7. Conclusion

Les travaux entrepris pour renouveler les installations des tunnels du Simplon et de la ligne Iselle - Domodossola

sont les premiers grands travaux entrepris sur ce tronçon depuis 1930. Ils permettront de rendre au Simplon la capacité de transport qui lui revient de par sa situation géographique en Europe. Cette œuvre de modernisation pourra être terminée en 1985. Elle dépend en partie de la volonté du gouvernement italien de poursuivre les travaux dans l'esprit des premiers pionniers qui, depuis Napoléon, tracèrent ce passage des Alpes.

LITTÉRATURE

P. GRELLET : *Simplon 1906-1956*.

A. DUDLER : *Die Entwicklung der schweizerischen Bahnen im Lichte der Elektrifizierung*.

R. ENNING, R. DUTOIT : *Notices techniques*.

Adresse des auteurs :

André Ammeter, ing. dipl.
chef de la section des installations de sécurité

Giulio Caponi, ing. dipl.
chef de la 2^e section de la voie

Jean-Pierre Kallenbach, ing. dipl.
chef de la section des lignes de contact
Division des travaux I, 1^{er} arr. CFF, Lausanne

Les rames de banlieue à thyristors des CFF

par THÉO WEISS, Yverdon

Dans le cadre du renouvellement du parc des véhicules moteurs et des voitures, les CFF ont mis l'accent au cours de ces vingt dernières années sur l'acquisition de véhicules d'un emploi universel.

Ainsi par exemple, les 224 puissantes locomotives de la série Re 4/4^{II} et Re 4/4^{III} sont utilisées aujourd'hui aussi bien pour la traction des trains directs que pour celle des trains omnibus ou de marchandises ; il en va de même des voitures unifiées du trafic interne, contruites en grandes séries et qui circulent dans les trains intervalles comme sur les lignes secondaires. Il est ainsi possible de couvrir un large éventail de besoins de transport avec un matériel unifié, solution rationnelle pour l'utilisation et l'entretien et qui influence favorablement les frais d'exploitation.

Le trafic de banlieue, par contre, présente une série de caractéristiques déterminantes pour la conception du matériel roulant : la capacité des trains doit pouvoir être adaptée facilement aux besoins du trafic (trafic de pointe) ; pour réduire la durée des arrêts, les mouvements des voyageurs dans les gares doivent s'effectuer de manière aussi fluide que possible ; enfin les faibles distances entre les arrêts imposent de bonnes facultés d'accélération et de freinage. Les rames automotrices permettent de mieux remplir ces conditions. De par leur destination spécifique, ces rames occupent une place particulière dans le parc du matériel roulant.

Une première série de rames de banlieue a été mise en service par les Chemins de fer fédéraux suisses en 1967, pour assurer le trafic sur la rive droite du lac de Zurich (Zurich-Meilen-Rapperswil). Il s'agit de rames automotrices à trois éléments, de la série RABDe 12/12, d'une tare de 170 t, dont tous les essieux sont entraînés par un moteur. Conformément aux techniques d'alors, les caisses de ces véhicules sont des constructions allégées en acier et l'équipement de traction conçu de manière conventionnelle comprend un transformateur à gradins et une commande par contacteurs électropneumatiques.

Sur la base des expériences réalisées avec ces rames, les CFF ont commandé à fin 1970 quatre prototypes d'une nouvelle rame de banlieue du type RABDe 8/16 (fig. 34),¹ rames faisant l'objet de la description qui suit.

1. Impératifs d'exploitation

Pour permettre une adaptation plus souple aux nécessités des différentes lignes, la nouvelle rame doit pouvoir être constituée, selon les besoins de trois ou — par adjonction d'une voiture intermédiaire — de quatre éléments. Il faut pouvoir coupler en unités multiples jusqu'à quatre de ces rames, qui circulent alors conduites par un seul mécanicien.

Un attelage automatique central permet l'accouplement des rames entre elles sans intervention manuelle.

Afin d'obtenir une vitesse moyenne acceptable malgré de faibles distances entre stations, le train complètement occupé doit pouvoir atteindre en palier les accélérations suivantes :

	Rame à 3 éléments	Rame à 4 éléments
0- 80 km/h	0,85 m/s ²	0,75 m/s ²
0-100 km/h	0,75 m/s ²	0,70 m/s ²
0-125 km/h	0,65 m/s ²	0,60 m/s ²

2. Conception de la rame

L'aspect général de la rame ressort du dessin type, figure 69. Les données techniques les plus importantes sont résumées dans le tableau II. Contrairement aux rames du type RABDe 12/12 déjà mentionnées, il a été possible ici d'obtenir les accélérations désirées sans qu'il soit nécessaire d'entraîner tous les essieux. Ce résultat ne pouvait être atteint que par une importante réduction du poids, rendue possible par l'exécution de toutes les caisses sous forme de constructions autoportantes soudées en alliage d'aluminium.

La puissance de traction nécessaire est répartie sur huit essieux moteurs, installés sur les deux automotrices

¹ Voir *Bulletin technique de la Suisse romande* n° 23 du 6 novembre 1975, p. 385.