

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 31 (1905)
Heft: 13

Artikel: Installation Gromo-Nembro (suite et fin)
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-24863>

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>

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction: M. F. GILLIARD, ingénieur.

SOMMAIRE: *Installation Gromo-Nembro. Premier transport de force à 40 000 volts en Europe* (suite et fin). — *La «voie étroite» et son rôle économique*, par M. Francis Reverdin, ingénieur, à Genève (suite). — **Divers**: Tunnel du Simplon: Etat des travaux au mois de juin 1905. — Tunnel du Ricken: Bulletin mensuel des travaux. Mai 1905. — Université de Lausanne. Ecole d'ingénieurs. — Chemin de fer Montreux-Oberland bernois. Fête d'inauguration. — *Sociétés*: Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne. Course annuelle. — Société suisse des ingénieurs et des architectes: XLI^e assemblée générale, à Zurich. — Cinquantenaire de la fondation de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich. — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes: Bibliothèques. — *Concours*: Etablissement de bains sulfureux de Lauenen. — Prix de la Rive.

Installation Gromo-Nembro.

(Suite et fin)¹.

L'interrupteur unipolaire à 40 000 volts présente des particularités intéressantes, que nous allons étudier en détail.

On manœuvre l'interrupteur à distance par un mouvement de rotation. Cette solution est de beaucoup la meilleure pour un appareil mécanique de ce genre; en outre, l'endroit où l'on veut placer l'interrupteur peut être choisi beaucoup plus indépendamment de celui où se trouvent les tableaux de manœuvre, qu'avec tout autre mouvement de commande. L'interruption de courant est multiple. Les contacts de rupture, ainsi que toutes les parties métalliques sous tension, se trouvent plongés dans un bain d'huile, de sorte que le niveau supérieur de l'huile ne touche que des matériaux isolants ou des parties d'appareils mises à la terre.

Les réservoirs à huile sont très facilement démontables et l'on peut ainsi vérifier commodément les contacts. Pour préserver les surfaces de contact principales, on a prévu des contacts secondaires, s'ouvrant après les contacts principaux, entre lesquels se produisent éventuellement les étincelles de rupture et qui se laissent facilement remplacer. Pour éteindre plus sûrement l'étincelle de rupture, on a pris des dispositions telles qu'au moment de la rupture l'huile est projetée avec force contre les contacts (fig. 9).

Par une bonne disposition des contacts de l'interrupteur à 40 000 volts, le courant est interrompu 6 fois simultanément pour chaque conducteur. Comme la course décrite par les contacts est d'environ 8 cm., la longueur totale d'interruption est d'environ 35 cm., en déduisant la hauteur des contacts. Cette distance est certainement bien suffisante dans l'huile pour une tension de 40 000 volts. En outre, il ne faut pas oublier que pour un circuit il y a deux conducteurs qui entrent en considération; cela fait donc que le courant est interrompu 12 fois simultanément par phase.

Les contacts sont fermés par un mouvement circulaire que met en jeu un système à manivelle, tandis que les ressorts des interrupteurs, fixés à des coulisseaux, sont tendus.

¹ Voir N° du 25 juin 1905, page 149.

Si l'on tourne la manivelle au delà du point mort, l'interrupteur reste de lui-même fermé, et cette disposition est employée lorsque l'interrupteur est toujours manœuvré à la main. Lorsque le déclenchement de l'interrupteur doit se produire automatiquement, la manivelle ne doit pas arriver tout à fait jusqu'au point mort, et l'interrupteur est main-

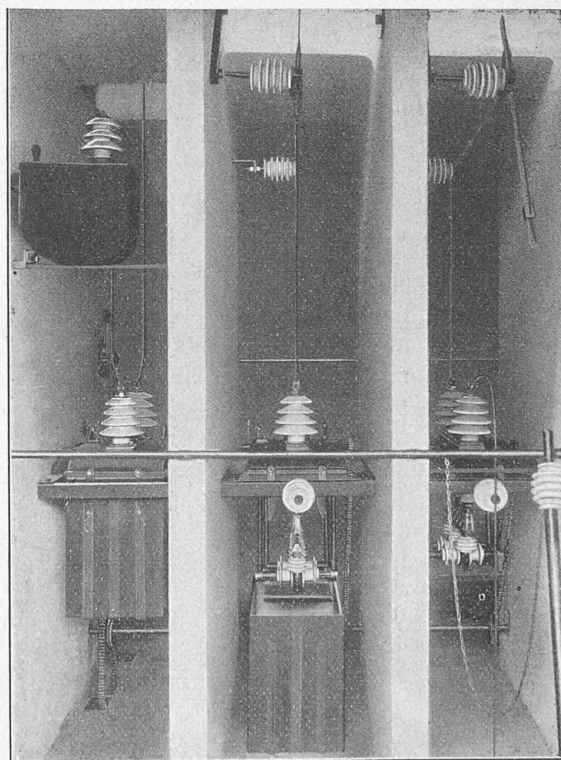


Fig. 9. — Vue de face des interrupteurs automatiques.

(L'interrupteur de gauche appartient à l'interrupteur tripolaire de la ligne. Les deux autres interrupteurs appartiennent à un interrupteur tripolaire d'un groupe hydro-électrique-transformateur).

tenu fermé par une came et un cliquet. Si l'on soulève le cliquet, la tension des ressorts provoque le déclenchement de l'interrupteur. Dans les petits modèles, ce soulèvement du cliquet est effectué directement par un électro-aimant. Dans le cas qui nous occupe, où les trois interrupteurs doivent être déclenchés simultanément par un arbre commun de déclenchement, ce travail est effectué par la chute d'un

poids, chute provoquée par un électro-aimant (fig. 10). Lorsqu'on ferme l'interrupteur, le poids est ramené en même temps à sa position initiale et se tient prêt à une nouvelle chute. Un arbre de manœuvre, porté par des coussinets fixés à la maçonnerie, est commun aux trois interrupteurs. Cet arbre de manœuvre agit sur les arbres des interrupteurs au moyen de roues dentées et de chaînes.

Un volant de commande fixé aux tableaux de distribution met en mouvement cet arbre de manœuvre au moyen de câbles, roulettes de support, chaînes et roues dentées (fig. 7).

Lorsque le déclenchement des interrupteurs se produit, l'arbre de commande est retourné par la force emmagasinée dans les ressorts des interrupteurs, tandis que le système de commande à distance est ramené à vide à sa position initiale par l'homme de service aux tableaux, et cela immédiatement après que l'on a fermé l'interrupteur. Ce résultat est atteint de la façon suivante : la roue dentée de l'arbre de manœuvre n'est pas clavetée sur l'arbre, mais peut tourner librement : elle porte un ergot qui glisse dans un coulissem semi-circulaire, pratiqué dans une roue à câble fixée sur l'arbre de manœuvre. Lorsqu'on tourne la roue dentée dans la direction des aiguilles d'une montre pour fermer les contacts des interrupteurs, ce mouvement est transmis par l'ergot et la roue à câble à l'arbre de manœuvre, tandis que si la roue dentée tourne dans la direction contraire, l'ergot tourne à vide dans le coulissem. La roue à câble suit forcément les mouvements de l'arbre de commande et par conséquent ceux des arbres des interrupteurs : elle est reliée par un câble fin spécial à une aiguille située sur les

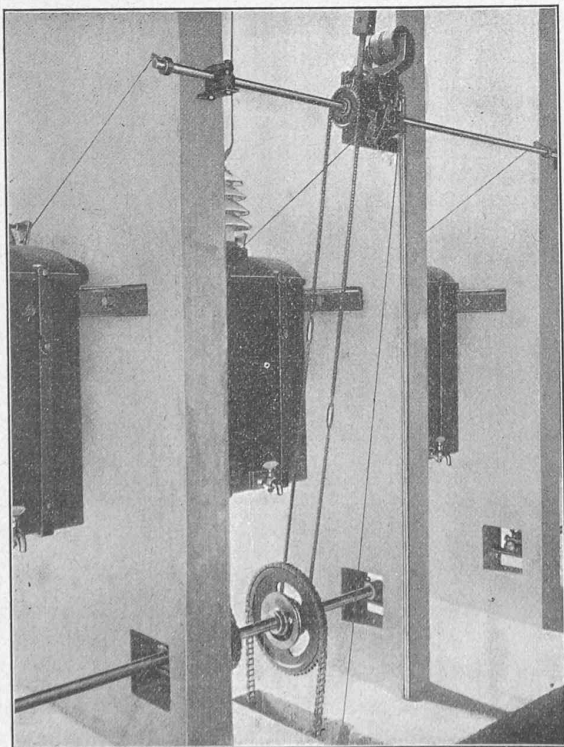


Fig. 10. — Arbres de manœuvre et de déclenchement des interrupteurs.

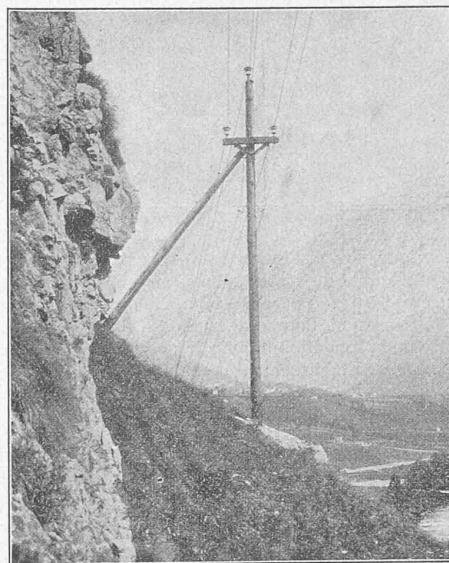


Fig. 11. — Angle de la ligne au pont « del Riso ».

tableaux de distribution, concentriquement au volant de manœuvre, et indiquant à chaque instant, indépendamment de ce dernier, la position de l'interrupteur. Comme il a été dit plus haut, le volant de manœuvre, et avec lui tout le dispositif de commande à distance, doit être ramené à la position initiale aussitôt après que l'interrupteur a été fermé. Une inscription « Volant à retourner en arrière », apparaissant lorsqu'on ferme l'interrupteur, rappelle cette prescription au préposé aux tableaux de distribution. Si l'on oubliait de le faire, la force emmagasinée dans les ressorts des interrupteurs suffirait, lors du déclenchement de ces derniers, à ramener tout le dispositif de commande à sa position initiale, comme des essais l'ont démontré.

Le déclenchement des interrupteurs peut, s'il n'est pas produit par le relais à maxima, avoir lieu à la main, au moyen d'une poignée que l'on tire et qui fait tourner l'arbre de déclenchement. En outre, par un contact à pression, on peut fermer le circuit de l'électro-aimant, ce qui provoque la chute du poids et par là le déclenchement des interrupteurs.

Les tableaux de manœuvre et de distribution (fig. 6) ont la forme de pupitres, avec une certaine inclinaison dans la direction de celui qui les surveille ; la table est en fonte et les appareils de mesure sont encastrés dans cette table. Les tableaux sont placés sur une galerie surélevée, dans l'ouverture donnant du bâtiment des appareils dans la salle des machines, de telle façon que le préposé aux appareils puisse facilement surveiller, et ses appareils, et les machines. Les tableaux de manœuvre ne contiennent que des appareils et des pièces traversées par du courant à basse tension. Toute la construction est divisée en 5 panneaux, 3 pour les génératrices, 1 pour la ligne de départ et 1 pour l'excitation.

Chacun des panneaux pour les génératrices et la ligne de départ possède deux volants de commande, l'un pour la manœuvre des interrupteurs à huile à haute tension, l'autre

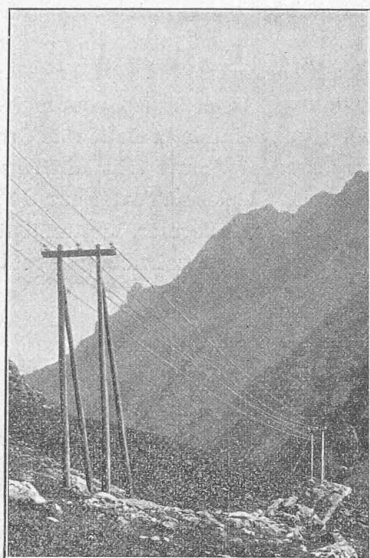


Fig. 12. — Angle de la ligne (145°)
au pont « del Costone ».

tre pour le réglage de la tension. Les volants de manœuvre des régulateurs de tension des trois génératrices peuvent être accouplés au moyen d'un levier, de sorte que de chacun des panneaux pour les génératrices on peut régler simultanément les trois unités. Sous chacun de ces volants se trouve enfermé dans la paroi, pour chaque panneau des génératrices, un relais bipolaire à maxima, et pour le panneau de la ligne de départ, un relais tripolaire à maxima. Les contacts à pression pour le déclenchement électrique des interrupteurs à haute tension, les lampes de phase et les interrupteurs pour celles-ci se trouvent montés sur la table; la poignée pour le déclenchement mécanique des deux interrupteurs est montée dans le volant de manœuvre. Le tableau pour l'excitation comprend deux volants pour le réglage du shunt des génératrices et deux leviers doubles pour les interrupteurs bipolaires.

Toute la construction des tableaux de distribution est en fer; les parois sont formées de tôle bosselée. Le volt-mètre général est monté sur une console, au-dessus du milieu des tableaux de distribution. Les rhéostats de réglage pour les champs des génératrices se trouvent dans le sous-sol, directement au-dessous des tableaux de distribution, et peuvent être contrôlés sans aucun danger durant la marche de l'usine (fig. 7).

Au troisième étage du bâtiment des appareils se trouvent les parafoudres, chaque phase séparée de l'autre par un mur. Ces parafoudres sont du type bien connu à rouleaux de Wurtz, et isolés plusieurs fois de la terre au moyen d'isolateurs en porcelaine (fig. 17).

A la même hauteur que les parafoudres se trouvent les départs de la ligne à haute tension. Chaque fil sort de l'usine par une fenêtre, à travers un trou pratiqué dans les vitres. A cet endroit le fil passe dans un tube de verre à parois épaisses, qui est maintenu dans sa position normale par deux petits entonnoirs en cuivre soudés au fil. La dis-

tance minimum entre chaque fil de départ et tout corps non isolé est de 250 mm.

Ligne. — La ligne (fig. 11 et 12) a une longueur d'environ 32 km. Elle suit plus ou moins le cours de la rivière Serio dans le « Val Seriana » et part de Gromo pour aboutir à Nembro, aux usines pour le traitement du coton de la maison Crespi & C^{ie}, de Milan.

Elle a été calculée pour transporter l'énergie totale de 4000 chevaux, avec une perte maximum de 5 %. Elle est constituée par 3 fils de cuivre de 6,5 mm. de diamètre, montés sur isolateurs Delta de la fabrique de porcelaine Hermsdorf (fig. 13). Ces isolateurs, protégés par brevet, sont d'un modèle nouveau étudié spécialement pour cette installation. On a trouvé par des essais rigoureux :

Que l'étincelle sautait par dessus l'isolateur à la tension de 89 000 volts dans une atmosphère dont l'humidité relative était de 62 % ;

Que l'étincelle sautait par dessus l'isolateur à la tension d'environ 54 000 volts lorsque celui-ci était soumis à une pluie artificielle intense, déposant sur le sol une couche d'eau dont la hauteur atteignait 35 à 40 mm. par minute ;

Que le pouvoir isolant de chaque isolateur atteignait dans une atmosphère sèche plusieurs millions de mégohms ;

Que le pouvoir isolant de chaque isolateur atteignait dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau (humidité relative de 40-50 %) quelques dizaines de mille de mégohms.

Chaque isolateur fut soumis avant sa livraison à une tension de 80 000 volts. Cette épreuve assure une sécurité bien satisfaisante pour l'isolation de la ligne.

Les isolateurs sont fixés sur des poteaux et traverses en bois. En général, la ligne montée sur un seul poteau forme un triangle de 850 mm. de côté (fig. 11). Les poteaux normaux ont une hauteur de 8 m. au-dessus du sol (9,0 m. pour les croisements). Les isolateurs inférieurs sont à une hauteur de 7,5 m. au-dessus du sol (8,5 m. pour les croisements). Dans les cas de grandes portées et d'angles vifs, on a mis deux poteaux et les isolateurs sont fixés, les trois

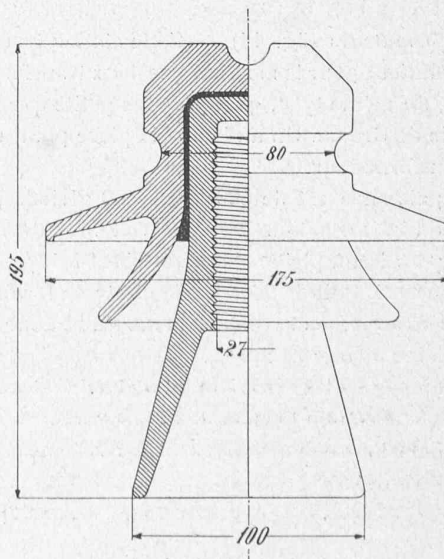


Fig. 13. — Isolateur de la ligne.

à la même hauteur, sur une seule traverse à la distance l'un de l'autre de 1000 mm. La plus grande portée a 120 m. et l'angle le plus aigu est de 145° (fig. 12). A San Carlo, la ligne doit croiser une ligne monophasée à 2000 volts et à Albino une ligne et un canal.

La distance moyenne des poteaux est de 40 m.

Station transformatrice de Nembro.

A Nembro se trouve la station transformatrice pour l'établissement Crespi. Le voltage est réglé à la station centrale de façon qu'il ait à Nembro une valeur constante de 38 000 volts.

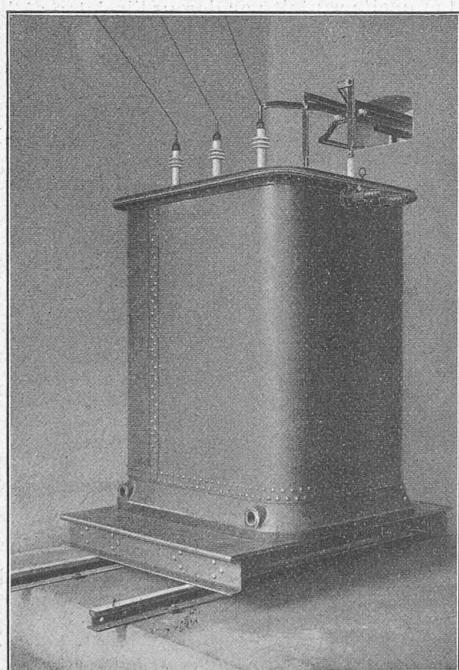


Fig. 14. — Vue extérieure d'un transformateur.

Transformateurs (fig. 14). — Cette station transformatrice ne contient pour le moment que deux transformateurs triphasés, du même type, quoique plus petits que ceux de la centrale de Gromo. On a réservé la place pour un troisième transformateur.

Leur puissance est de 500 kva., à 50 périodes, avec le rapport de transformation 38 000/500 volts. Leur rendement pour $\cos \varphi = 1$ et à pleine charge atteint 97,6 %; le rendement garanti était de 96,8 %; la chute de tension pour $\cos \varphi = 1$ et à pleine charge est de 0,8 %, et pour $\cos \varphi = 0,7$ et à pleine charge de 2,9 %.

L'isolation entre les enroulements primaire et secondaire a été essayée avec une tension de 57 000 volts.

Les dimensions d'encombrement de ces transformateurs sont les suivantes :

Longueur	1600 mm.
Largeur	1155 »
Hauteur	2005 »

Il faut 13 litres d'eau par minute pour le refroidissement de chacun de ces transformateurs.

Schéma des connexions. — Le schéma de cette station (fig. 15) est dans ses grandes lignes, pour le circuit à haute tension, le même que celui de la station de Gromo.

Un interrupteur de secours tripolaire (fig. 16), monté sur poteaux en bois, est placé à l'extérieur du bâtiment et l'on peut, au moyen de ce dernier, mettre toute la station secondaire hors circuit. La construction de cet interrupteur

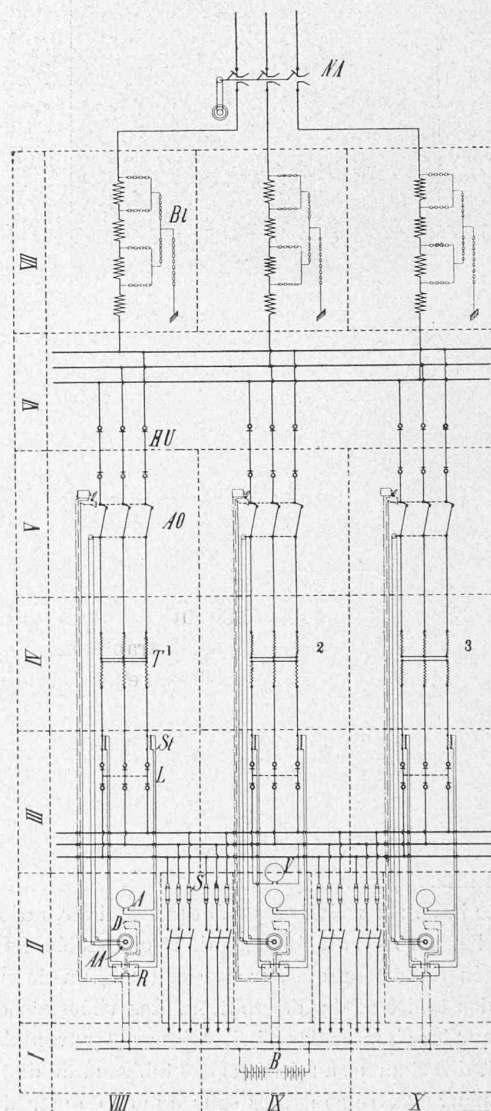


Fig. 15. — Schéma des connexions de la station réceptrice de Nembro.

LÉGENDE

I et III = Local pour les appareils à basse tension, à 500 volts.	B = Batterie.
II = Local des tableaux de manœuvre.	L = Pièces de connexion amovibles à basse tension.
IV = Local des transformateurs.	St = Transformateur de courant.
V = Local des interrupteurs.	S = Coupe-circuits fusibles.
VI = Local des barres collectrices.	D = Contact de pression.
VII = Local des parafoudres.	NA = Interrupteur de secours.
1 T = Transformateur 1.	AO = Interrupteur automatique dans l'huile.
2 T = Transformateur 2.	AA = Commande de l'interrupteur
3 T = Transformateur 3.	HU = Pièces de connexion amovibles à haute tension.
A = Ampèremètre.	Bl = Parafoudre.
V = Voltmètre.	
R = Relais.	

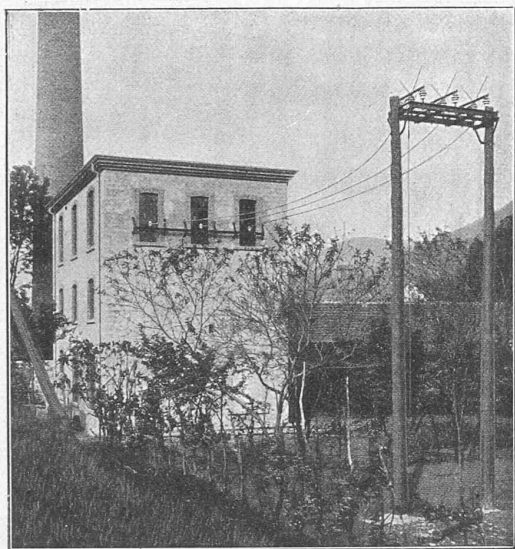


Fig. 16. — Interrupteur de secours et entrée de la ligne dans la station transformatrice.

à cornes est connue. Comme cet interrupteur est monté à l'air libre, il pourrait se faire que, la station secondaire étant hors circuit, des décharges de courant se produisent entre la conduite sous tension et la conduite entrant dans la station, soit parce qu'un corps étranger, oiseau ou autre, se trouve entre les cornes de l'interrupteur, soit parce qu'un temps humide provoque ces décharges. Pour éviter tout danger de cette nature, on a monté sur l'interrupteur trois contacts, de telle façon que, l'interrupteur étant ouvert, ces contacts mettent les trois lignes pénétrant dans la station secondaire en court-circuit entre elles et en communication avec la terre.

Depuis son entrée dans la station et avec le même dispositif qu'au départ, à Gromo, la ligne traverse les parafoudres (fig. 17) et aboutit aux barres collectrices primaires à 38 000 volts. De ces barres collectrices partent les condui-

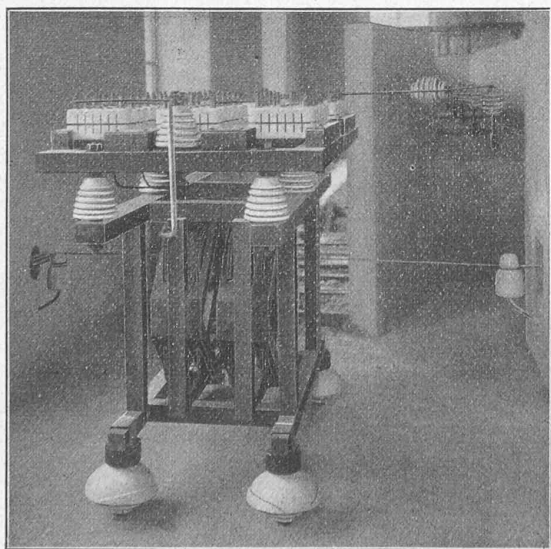


Fig. 17. — Parafoudres et barres collectrices à 40 000 volts.

tes allant aux transformateurs. Sur chacune de celles-ci sont branchées trois pièces de connexion amovibles, unipolaires, et trois interrupteurs automatiques dans l'huile, à haute tension et unipolaires. Dans le circuit secondaire de chacun des transformateurs se trouvent des pièces de connexion amovibles tripolaires et deux transformateurs de courant, dont l'un alimente le relais à maxima et l'ampèremètre, et l'autre le relais seul (fig. 18). Les transformateurs travaillent sur des barres collectrices à 500 volts, d'où partent des feeders avec interrupteur et coupe-circuits fusibles. Les moteurs travaillent sous la tension de 500 volts. Un grand voltmètre de station est branché sur les barres collectrices à 500 volts.

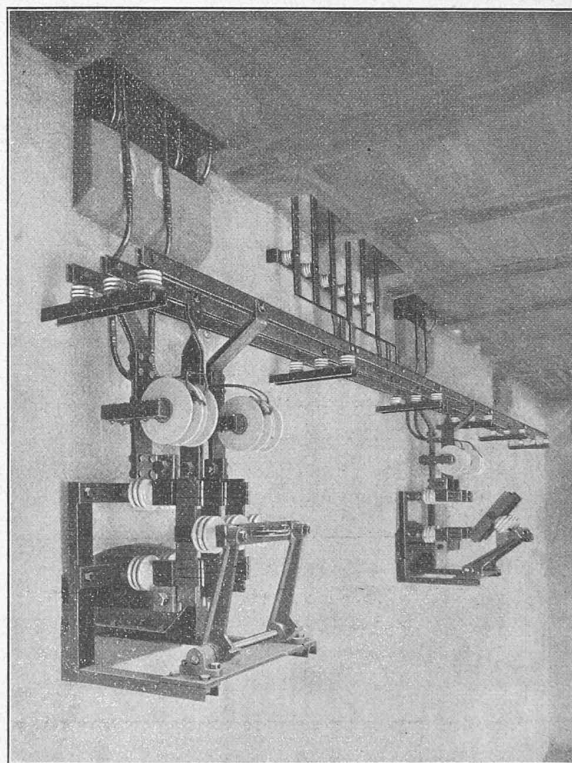


Fig. 18. — Barres collectrices secondaires avec transformateurs de courant et pièces de connexion amovibles.

Disposition des appareils (fig. 19). — La station transformatrice a un rez-de-chaussée et deux étages. Le rez-de-chaussée et le premier étage sont divisés en deux parties : au rez-de-chaussée se trouvent les transformateurs, dans la partie arrière ; dans la partie avant se trouvent, adossées au mur mitoyen, les barres collectrices secondaires, les pièces de connexion amovibles et les transformateurs de courant (fig. 18).

Au premier étage, au-dessus de l'espace occupé par les transformateurs, se trouvent les interrupteurs automatiques à haute tension ; ils offrent la même disposition et la même construction qu'à Gromo. Dans la partie avant se trouvent pour le moment deux tables de manœuvre pour le service des deux interrupteurs à huile à haute tension, et un échafaudage pour appareils, contenant deux interrup-

teurs à 500 volts et les fusibles des feeders à 500 volts. Les tables de manœuvre ont un aspect extérieur rappelant celui des tableaux de Gromo; cependant il n'y a qu'un volant de manœuvre pour les interrupteurs à haute tension et, au-dessous, les relais bipolaires à maxima (fig. 20).

Le fonctionnement de ces interrupteurs et de l'aiguille qui indique leur position, est le même qu'à Gromo.

Sur la table inclinée en marbre se trouve encastré un ampèremètre, qui est branché sur le circuit secondaire des transformateurs, au moyen d'un transformateur de courant.

L'échafaudage pour les appareils à 500 volts est construit tout en fer. Toutes les parties conductrices de courant sont protégées par un revêtement en tôle. Les feeders partent de l'échafaudage par la partie supérieure pour sortir ensuite du bâtiment. Le voltmètre de station est monté séparément sur une petite plaque de marbre (fig. 20).

Au deuxième étage se trouvent les barres collectrices à 38 000 volts. Elles présentent absolument la même disposition qu'à Gromo, et à la même hauteur se trouvent les parafoudres et l'entrée de la ligne à haute tension.

Cette installation a été mise en marche le 11 juillet 1904 et a donné jusqu'à ce jour entière satisfaction.

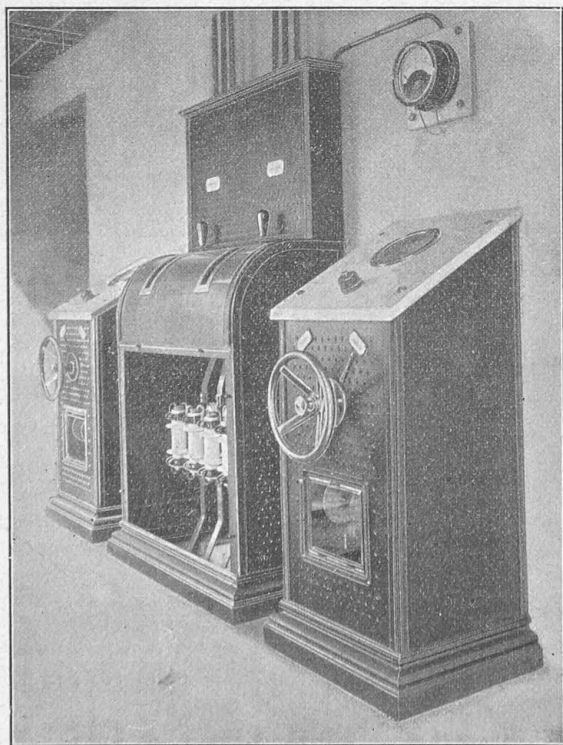


Fig. 20. — Tableaux de manœuvre pour les primaires et secondaires des transformateurs et pour les feeders à 500 volts.

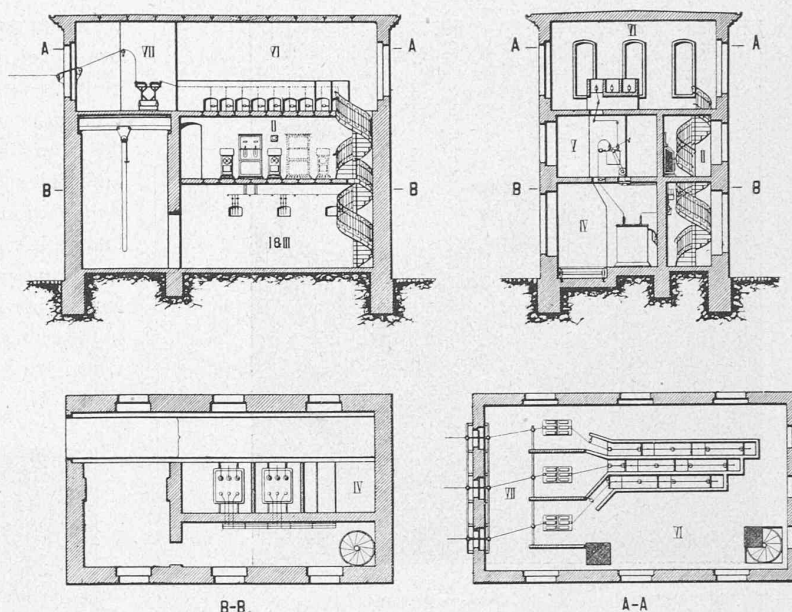


Fig. 19. — Plan et coupes de la station réceptrice de Nembro.

LÉGENDE :

I et III = Local pour les appareils à basse tension, à 500 volts.
II = Local des tableaux de manœuvre.
IV = Local des transformateurs.

V = Local des interrupteurs.
VI = Local des barres collectrices.
VII = Local des parafoudres.

La « voie étroite » et son rôle économique.

Par M. Francis REVERDIN, ingénieur.

(Suite)¹.

III

Le reproche que l'on entend faire le plus souvent au système de chemins de fer à voie étroite, c'est son soi-disant défaut de capacité pour les transports, et qu'il oblige aux gares de jonction à faire le transbordement des marchandises voyageant en wagons complets. Il faudrait d'abord savoir quelle est la proportion de celles-ci par rapport au tonnage total d'une ligne, et cela est très variable suivant le genre de trafic que la ligne est appelée à recevoir.

Nous trouvons, dans la statistique des chemins de fer suisses pour 1902, que les principales divisions du trafic sont : les denrées alimentaires, pour 26 %; les combustibles, pour 17 %; les matériaux de construction, pour 19 %; les objets de l'industrie métallurgique, pour 10 %; les matières agricoles, pour 9 %; les ouvrages en bois, pour 6 %. Le reste, soit 13 %, se subdivise en diverses fractions. Or les denrées alimentaires, qui sont en sacs ou en caisses, sont facilement transbordées, ainsi que les marchandises diverses formant le 13 % ci-dessus. Il reste donc comme voyageant principalement par wagons complets le 61 % des marchandises, ce qui peut se réduire effectivement à 50 %.

¹ Voir N° du 25 mai 1905, page 128.