

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 31 (1905)  
**Heft:** 12

**Artikel:** Installation Gromo-Nembro: premier transport de force à 40000 volts en Europe  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-24861>

### **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:** 14.03.2025

**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.* — *Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon: Géologie; hydrologie; thermique*, par M. H. Schardt, professeur (suite) (Planches 2 et 3). — **Divers:** Tunnel du Simplon: Etat des travaux au mois de mai 1905. — Collège primaire pour garçons, à Vevey: II<sup>e</sup> prix. Projet « Cygne », de M. Ch. Gunther, architecte, à Vevey. — *Bibliographie:* Traité théorique et pratique de la résistance des matériaux appliquée au béton et au ciment armé, par N. de Tedesco et A. Maurel. — *Sociétés:* Société fribourgeoise des ingénieurs et architectes: Course du printemps, le dimanche 30 avril 1905. — Association des anciens élèves de l'Ecole des Beaux-Arts: Séance du 27 mai.

## Installation Gromo-Nembro.

### Premier transport de force à 40 000 volts en Europe.

Cette entreprise a eu pour but l'utilisation de la puissance hydraulique disponible sur le cours supérieur du fleuve Serio, qui a son origine dans les « monti Orobii » et se jette dans l'Adda, après un parcours d'environ cent kilomètres.

La maison Crespi & C<sup>ie</sup>, de Milan, est concessionnaire dans le Val Seriana d'une puissance totale d'environ 4000 chevaux. Ceux-ci pouvaient être utilisés en créant deux

dérivations et deux chutes, dont l'énergie, transportée électriquement à distance, fournirait la force motrice à l'établissement dont la maison Crespi est propriétaire à Nembro, et à d'autres industries de cette région.

La première installation fut faite à Gromo. Cette station centrale a une puissance de 2000 chevaux et le transport de l'énergie aux établissements de Nembro, à environ 32 km. en aval de l'usine génératrice, se fait sous forme de courants triphasés. Une seconde installation de même puissance devant s'exécuter en amont de Gromo, et un transport de force à une plus grande distance étant prévu pour plus tard, on en tint compte en choisissant déjà, pour les 32 km. de

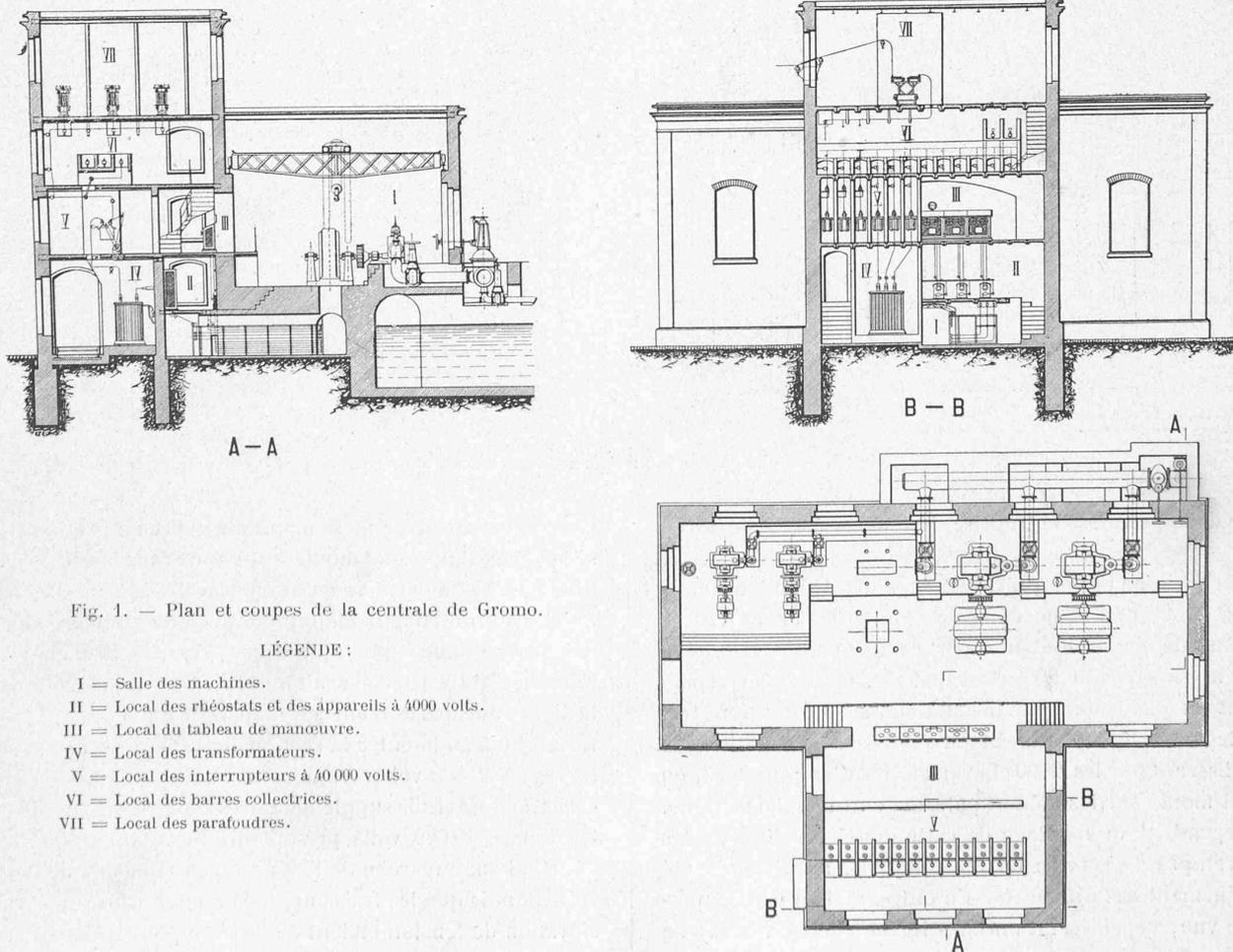
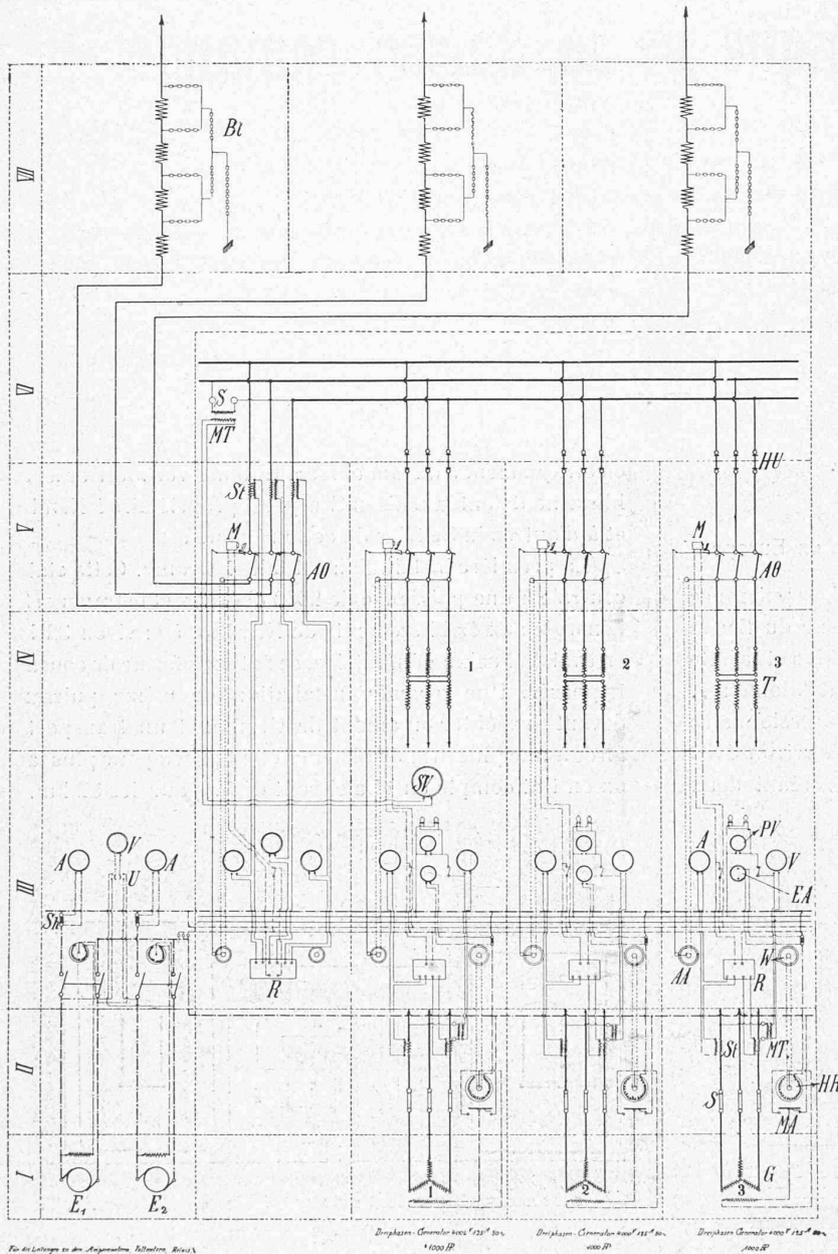


Fig. 1. — Plan et coupes de la centrale de Gromo.

#### LÉGENDE :

- I = Salle des machines.
- II = Local des rhéostats et des appareils à 4000 volts.
- III = Local du tableau de manœuvre.
- IV = Local des transformateurs.
- V = Local des interrupteurs à 40 000 volts.
- VI = Local des barres collectrices.
- VII = Local des parafoudres.



LÉGENDE :

- I = Salle des machines.
- II = Local des rhéostats et des coupe-circuits.
- III = Local du tableau de manœuvre.
- IV = Local des transformateurs.
- V = Local des interrupteurs.
- VI = Local des barres collectrices.
- VII = Local des parafoudres.
- 1 G = Génératrice 1.
- 2 G = Génératrice 2.
- 3 G = Génératrice 3.
- 1 T = Transformateur 1.
- 2 T = Transformateur 2.
- 3 T = Transformateur 3.
- E<sub>1</sub> = Excitatrice 1.
- E<sub>2</sub> = Excitatrice 2.
- A = Ampèremètre.
- V = Voltmètre.
- R = Relais.
- P V = Voltmètre de phase.
- E A = Ampèremètre d'excitation.
- S V = Voltmètre des barres collectrices.
- Sh = Shunt.
- St = Transformateur de courant.
- M T = Transformateur de tension.
- S = Coupe-circuits fusibles.
- U = Contact de pression.
- MA = Interrupteur pour le circuit d'excitation.
- HR = Rhéostat d'excitation en série.
- W = Commande pour ce dernier.
- M = Electro-aimant avec déclenchement.
- A O = Interrupteur automatique dans l'huile.
- A A = Commande de l'interrupteur.
- H U = Pièces de connexion amovibles à haute tension.
- Bl = Parafoudre.

Fig. 2. — Schéma des connexions de la centrale de Gromo.

ligne de la première entreprise, la tension élevée de 40000 volts.

Un premier projet prévoyait cependant une tension de 30000 volts, une ligne composée de 3 fils en cuivre de 6,5 mm. de diamètre et une perte en ligne d'environ 4% pour le transport de 2000 chevaux. Ces données correspondant en effet, pour cette installation, à des conditions très avantageuses, qu'on n'aurait pu réaliser avec une tension plus basse. Pour les 2000 chevaux à installer plus tard, on aurait monté sur les mêmes poteaux une deuxième ligne.

Cependant le montage de cette deuxième ligne, sans interrompre le service de l'installation, aurait présenté certainement des difficultés. En outre, si l'on peut, à première vue, considérer l'une des lignes comme réserve de

l'autre, cet avantage ne se manifeste guère en pratique que si les deux lignes sont montées sur deux rangées de poteaux distincts. Cette dernière solution écartée, à cause des frais qu'elle entraînait, il était préférable de prévoir, dès le début, une ligne capable de transporter les 4000 chevaux. Comme d'autre part on avait tout intérêt à ne pas avoir dans la ligne une perte d'énergie supérieure à 4 ou 5%, il ne restait qu'à augmenter la section du cuivre ou à élever la tension à 40000 volts. Augmenter la section du cuivre occasionnait des frais supplémentaires assez élevés. Avoir une tension de 40000 volts présentait tout autant de sécurité pour la bonne marche de l'usine qu'une tension de 30000 volts, tandis que les frais supplémentaires causés par cette élévation de tension étaient de beaucoup inférieurs à ceux

produits par une augmentation de la section du cuivre. Pour ces raisons, on se décida à adopter la tension de 40 000 volts.

#### Station centrale.

*Dispositions générales.* — La figure 1 montre le plan et les coupes de la station. Afin d'avoir une réserve, on a installé 3 unités génératrices (fig. 4), de 1000 chevaux chacune, et deux machines excitatrices, de 25 kw. chacune. Les alternateurs, les excitatrices, les transformateurs et les appareils électriques ont été fournis par la maison Brown, Boveri & C<sup>ie</sup>, de Baden, les turbines par la maison Escher, Wyss & C<sup>ie</sup>, de Zurich.

simple — former pour chaque unité de puissance un groupe turbine-alternateur-transformateur — a été utilisée pour la première fois par la maison Brown, Boveri & C<sup>ie</sup> dans les installations de Come (20 000 volts) et de Fure et Morge (26 000).

En laissant de côté les barres collectrices entre alternateur et transformateur, on réduit de moitié le nombre des appareils de mesure nécessaires pour le contrôle et le service de l'usine. Les transformateurs de tension pour les voltmètres, de courant pour les ampèremètres et pour les relais actionnant les interrupteurs automatiques, sont branchés sur la basse tension (4000 volts). En tenant compte du rapport de transformation des transformateurs élévateurs

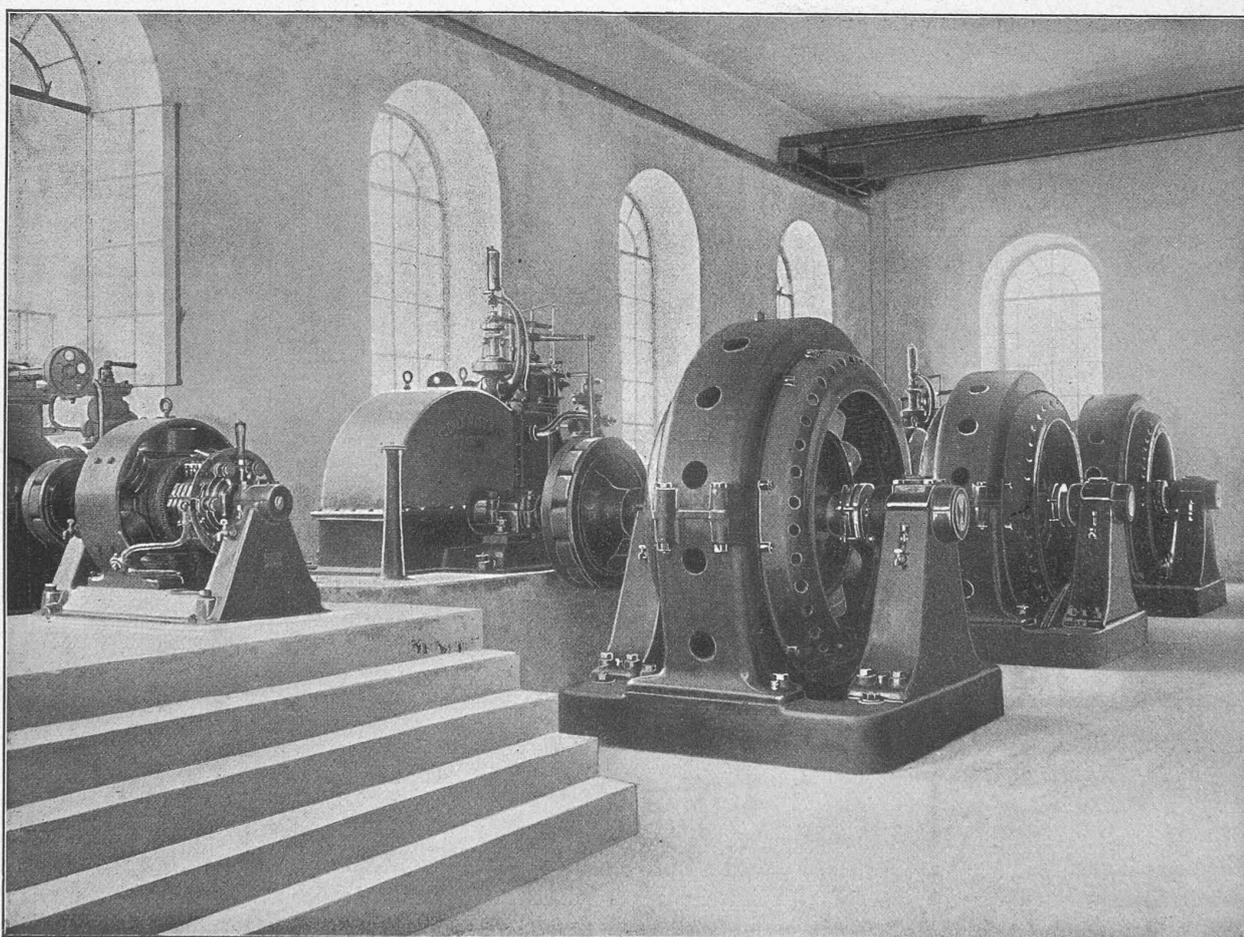


Fig. 3. — Salle des machines.

La figure 2 représente le schéma des connexions de la centrale.

Chaque alternateur de 1000 chevaux, relié directement à la turbine par un accouplement Zoddell, travaille sur le transformateur correspondant de 850 kva. sans l'interposition de barres collectrices : celui-ci reçoit le courant fourni à 4000 volts par l'alternateur, le transforme à 40 000 volts et l'envoie pour la marche en parallèle sur les barres collectrices. Les interrupteurs nécessaires pour la mise en parallèle de chaque groupe se trouvent donc dans le circuit à 40 000 volts des transformateurs. Cette disposition très

de tension (1 : 10), les ampèremètres et voltmètres mesurent simultanément le courant et la tension du circuit à 4000 et du circuit à 40 000 volts, avec une grande approximation, bien suffisante pour la pratique. Un autre avantage de cette disposition est que les transformateurs de mesure sont bien meilleur marché pour 4000 que pour 40 000 volts.

Pour chaque groupe générateur se trouvent, entre les interrupteurs à haute tension pour 40 000 volts et les barres collectrices de courant, des pièces de connexion amovibles, qui permettent de séparer complètement de la haute tension les appareils et le groupe correspondant.

L'interrupteur à haute tension dans l'huile est à déclenchement automatique ; il peut être actionné à la main électriquement et mécaniquement, ou par un relais bipolaire à maxima qui est alimenté par un transformateur de courant monté du côté à 4000 volts.

Une seule ligne part des barres collectrices. On n'a pas prévu de plombs fusibles pour les circuits d'excitation. Le courant pour les aimants de déclenchement des interrupteurs à haute tension est pris aux barres collectrices d'excitation.

*Alternateurs.* — (Fig. 3). Les alternateurs sont d'un modèle normal et peuvent absorber chacun une puissance de 1000 chevaux en fonctionnant sur un circuit inductif pour lequel  $\cos \varphi = 0,8$ . Ils engendrent des courants triphasés sous une tension de 4000 volts, avec une fréquence de 50 périodes par seconde, et font 500 tours par minute ; ils possèdent un champ inducteur tournant à 12 pôles et des enroulements induits connectés en étoile. Leur rendement, excitation comprise, est supérieur à 93% à pleine charge et à 90% à moitié charge. La chute de tension reste

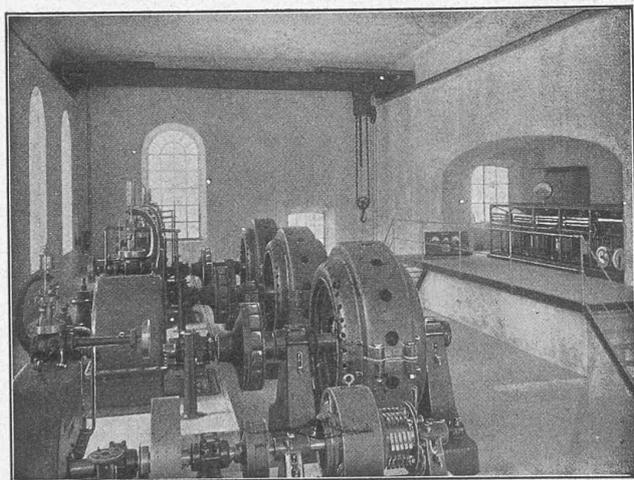


Fig. 4. — Salle des machines avec tableaux de manœuvre et de distribution.

inférieure à 7% avec  $\cos \varphi = 1$ , à 20% avec  $\cos \varphi = 0,8$ . La roue magnétique, les pôles et l'épanouissement polaire sont d'une seule pièce en acier coulé. L'induit possède des bobines en fil façonné. Le poids de l'alternateur est de 13 tonnes, soit 13 kg. par cheval effectif.

*Excitatrices.* — (Fig. 3). Chaque génératrice de 25 kw. a 6 pôles en feuillard, tourne à raison de 800 tours par minute et fournit 217 ampères sous 115 volts. La carcasse est en acier coulé. Ces machines possèdent des enroulements à tambour avec armature dentée. Le rendement est de 90% à pleine charge et de 88,5% à moitié charge.

*Transformateurs.* — (Fig. 5). Leur capacité est de 850 kva. à 50 périodes, avec le rapport de transformation 4000/40000 volts. Leur rendement pour  $\cos \varphi = 1$  atteint à pleine charge 97,8% ; la chute de tension entre la marche à vide et celle à pleine charge est de 0,76% pour  $\cos \varphi = 1$ , et de 2,6% pour  $\cos \varphi = 0,7$ .

L'isolation entre les enroulements primaire et secondaire a été essayée avec une tension de 67 000 volts. Les dimensions d'encombrement de ces transformateurs sont les suivantes :

Longueur . . . . .	1600 mm.
Largeur . . . . .	1360 »
Hauteur . . . . .	2180 »

Ce sont des transformateurs à noyaux, à bain d'huile, avec refroidissement à eau ; chacun d'eux emploie 18 litres d'eau à environ 18° C. par minute. Les noyaux forment 3 colonnes verticales, situées dans un même plan, reliées à

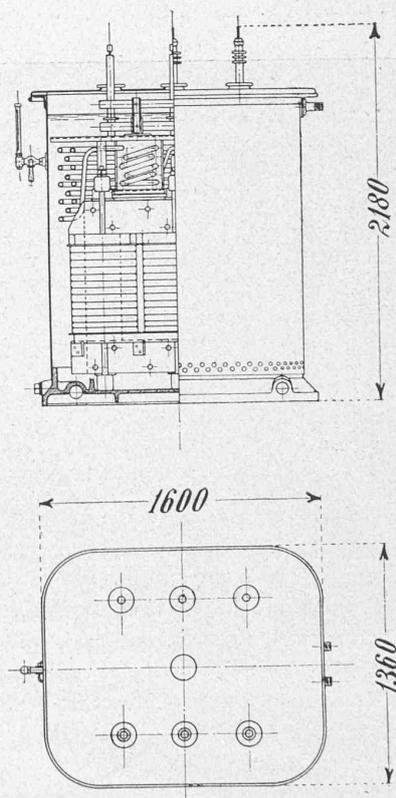


Fig. 5. — Transformateur de 850 kva.

leurs extrémités supérieures et inférieures par des culasses en feuillard doux. Les enroulements primaire et secondaire forment des cylindres concentriques, séparés l'un de l'autre par un manteau isolant. Pour plus de sûreté, l'enroulement à haute tension est subdivisé en une série de petites bobines. La tension de chacune de ces bobines est très petite et atteint seulement 300 volts.

*Tableaux de manœuvre et de distribution.* — Quoique le schéma (fig. 2) soit des plus simples, surtout pour ce qui concerne les circuits à 40 000 volts, l'étude de cette installation a été faite avec soin, afin d'éviter toute surprise désagréable et d'avoir dès le commencement une installation fonctionnant sans accrocs.

En première ligne, l'isolation des conducteurs entre eux, et entre ceux-ci et la terre, devait être suffisante ; les distances devaient être assez grandes et les canalisations disposées de telle façon que le danger de décharges et de for-

mation d'arcs électriques entre conducteurs de polarité différente fut complètement écarté.

Un bâtiment bien dimensionné (fig. 1), adossé à la centrale proprement dite, avait été réservé dès le commencement pour les transformateurs et l'installation des appareils de manœuvre. Ce bâtiment comprend un sous-sol et trois étages, où l'on dispose d'une surface de plancher de  $10 \times 7$  m<sup>2</sup>; sa disposition générale est la suivante :

Le sous-sol est divisé en deux parties : la première est située à 1,2 m. au-dessous du niveau de la salle des machines ; on y trouve les rhéostats de réglage (fig. 7) et les échafau-

Le deuxième étage est réservé aux barres collectrices et aux transformateurs de tension branchés sur ces barres. Au troisième étage se trouvent les parafoudres et la sortie de la ligne.

Les conduites à 4000 volts et celles pour l'excitation des génératrices, ainsi que les conduites des excitatrices, se trouvent dans un canal commun, passant sous les rhéostats de réglage et les échafaudages des appareils à 4000 volts, qui les conduit dans le sous-sol.

On a prévu pour chaque génératrice un échafaudage en fer pour appareils. Chacun de ces échafaudages, adossé à la

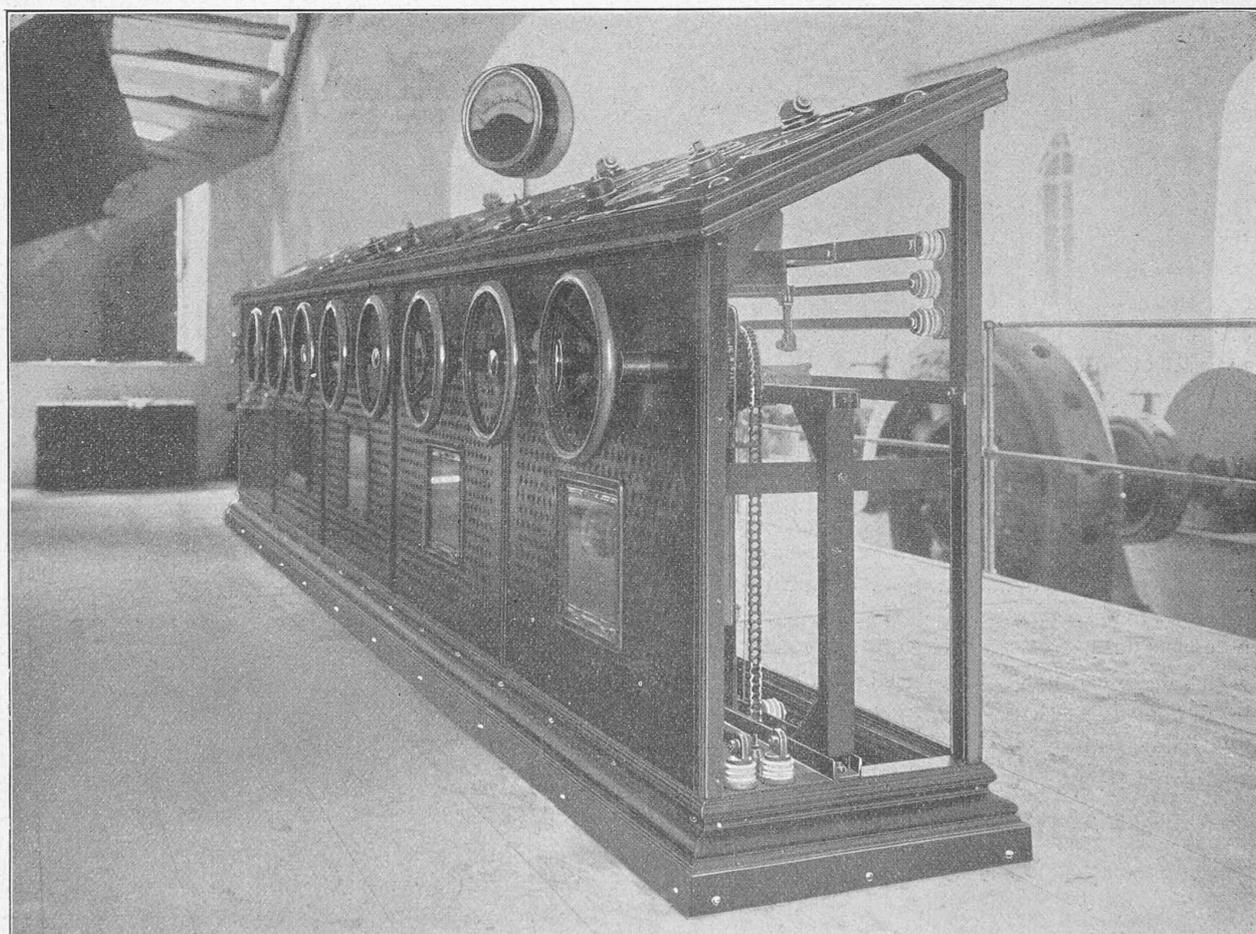


Fig. 6. — Tableaux de manœuvre et de distribution.

dages pour les appareils des circuits à 4000 volts. Sous le plancher se trouvent les canalisations arrivant de la salle des machines. La deuxième partie, située à 2,7 m. au-dessous du niveau de la salle des machines, contient les transformateurs éleveurs de tension.

Le premier étage est lui aussi divisé en deux parties : dans la première, ouvrant sur la salle des machines, se trouvent les tableaux de distribution et de manœuvre (fig. 6), avec les appareils de mesure et les volants de commande ; dans la deuxième sont placés les interrupteurs automatiques à haute tension (fig. 9 et 10) et les trois transformateurs de courant pour la ligne de départ.

muraille mitoyenne entre la première et la deuxième partie du sous-sol, comprend : 3 coupe-circuits fusibles à haute tension, unipolaires, avec cornets, pour le courant des génératrices ; 1 transformateur de tension avec coupe-circuits fusibles et 2 transformateurs de courant.

L'échafaudage est construit tout en fer, recouvert sur les parois latérales de tôle bosselée, tandis que devant deux treillis métalliques amovibles permettent un remplacement et une surveillance faciles des fusibles. De derrière partent à travers le mur mitoyen, pour aboutir dans l'espace réservé aux transformateurs, trois conduites à haute tension ; chacune est enfermée dans un tuyau en verre épais,

qui passe à travers un tuyau en argile muré dans la bâtisse.

Pour la disposition des appareils fonctionnant à 40 000 volts, on a pris les barres collectrices comme point de départ. La formation d'un arc entre barres de polarité différente est rendue impossible par l'intercalation entr'elles d'une paroi de matériaux incombustibles. Ceci a été réalisé en plaçant les trois barres sur des isolateurs, dans trois canaux parallèles en maçonnerie, de telle façon que chaque barre est séparée de sa voisine par un mur de 120 mm. d'épaisseur (fig. 1 et 17).

Pour l'isolation entre les barres et la terre, on a créé un nouveau type d'isolateur (fig. 8) ; il est composé de trois pièces différentes, qui sont cuites séparément, puis émaillées ensemble.

Les isolateurs sont munis de quatre profondes rainures. Chaque isolateur a été soumis avant sa livraison à une tension de 100 000 volts.

Au-dessous des barres collectrices se trouvent, au premier étage, les interrupteurs à haute tension. Pour ne pas obtenir de trop lourdes pièces, on employa pour chaque conduite triphasée trois interrupteurs unipolaires à huile, fonctionnant les trois simultanément (fig. 9 et 10).

Pour obtenir une disposition analogue à celle des barres collectrices, chacun de ces interrupteurs unipolaires fut séparé de l'autre par une paroi en maçonnerie de 120 mm. d'épaisseur ; à cette paroi sont fixés les supports des interrupteurs. De cette façon, chaque appareil se trouve dans un réduit à l'épreuve du feu, de 600 mm. de largeur. A la par-

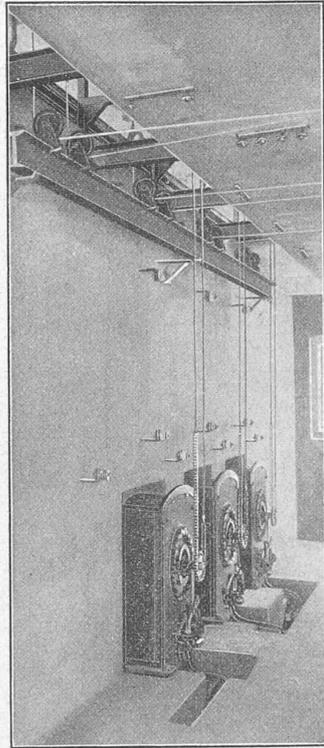


Fig. 7. — Vue du sous-sol avec les rhéostats de réglage.

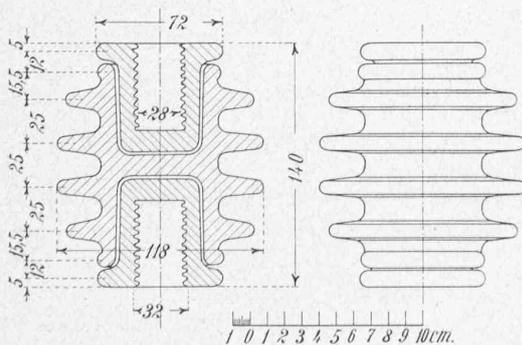


Fig. 8. — Isolateur employé à l'intérieur pour les connexions à 40 000 volts.

tie supérieure de chaque réduit se trouve une ouverture par laquelle se fait la jonction entre l'interrupteur et les barres collectrices. A cet endroit se trouvent aussi les pièces de connexion amovibles qui permettent de mettre tout le réduit correspondant hors tension lorsqu'on veut le nettoyer ou vérifier les appareils. Ces pièces de connexion amovibles se composent d'une barre de cuivre avec goupilles d'arrêt, mobile dans deux coulisses montées sur isolateurs à haute tension. Au moyen d'une canne en bois, qui porte à sa partie supérieure un isolateur à haute tension, on peut faire sortir les barres de cuivre des coulisses supérieures, et de cette manière fermer ou ouvrir les circuits. Pour plus de sécurité, le support au moyen duquel l'isolateur est fixé sur la canne en bois est mis à la terre par une petite chaînette en métal. On peut donc de cette façon, lorsque les interrupteurs sont ouverts, manœuvrer les pièces de connexion amovibles absolument sans aucun danger.

(A suivre).

## Les résultats scientifiques du percement du tunnel du Simplon.

GÉOLOGIE — HYDROLOGIE — THERMIQUE

Par M. H. SCHARDT, professeur.

(Suite)<sup>1</sup>.

### II. Les sources du tunnel du Simplon.

Traversant un massif d'une structure aussi compliquée et constitué par des terrains aussi variés, ce tunnel, long de près de 20 km., devait amener des faits hydrologiques aussi importants que souvent inattendus. Le but de cette notice est d'en donner un court aperçu, car une description détaillée prendrait l'extension d'un volumineux mémoire.

Le percement du tunnel du Simplon se fait, pour des motifs techniques, au moyen de deux galeries d'avancement distantes de 17 m. d'axe à axe, mais dont l'une était ordinairement de 100 à 150 m. en arrière de l'autre. C'est dans la première que se sont produit naturellement le plus de venues d'eau, recoupées souvent par la seconde, ce qui ne constitue pas en réalité de nouvelles sources. L'attaque Nord-Ouest, partant à 2400 m. au Nord-Est de Brigue, dans la vallée du Rhône, a rencontré, jusqu'au km. 10,379, 142 sources différentes. Celle du Sud-Est, ouverte à 800 m. à l'Est du hameau d'Iselle, dans la vallée de la Diveria, n'en a fait jaillir que 86 jusqu'au km. 9,107 ; mais c'est de ce côté que se sont produites les plus volumineuses entrées d'eau, ayant de plus une relation directe avec les cours d'eau de la surface.

Toutes les sources rencontrées ont été jaugées aussi bien que possible, souvent par simple estimation ; leur température a été mesurée immédiatement et pendant quelque temps encore ; leur eau a été examinée chimiquement d'une manière sommaire (par voie hydrotimétrique) ; celle de quelques sources a été soumise à une analyse complète.

<sup>1</sup> Voir N° du 10 juin 1905, page 140.