

# La sous-station automatique de redresseur et commutatrice de Saint-Légier des Chemins de fer électriques veveysans

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **52 (1926)**

Heft 23

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40324>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Réd.: D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN  
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES  
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *La sous-station automatique de redresseur et commutatrice de Saint-Légier des Chemins de fer électriques veveysans.* — *Recherches sur l'écoulement en régime permanent dans un canal à plafond horizontal, débitant librement à son extrémité aval,* par MAURICE GOLAZ, ingénieur, à Paris. — *Deuxième concours restreint pour l'étude du nouveau bâtiment aux voyageurs, à Genève-Cornavin* (suite et fin). — *Business Cycles.* — *Société suisse des ingénieurs et des Architectes.* — *Service de placement.*

### La sous-station automatique de redresseur et commutatrice de Saint-Légier des Chemins de fer électriques veveysans.

#### 1<sup>o</sup> Considérations générales

La sous-station de Saint-Légier des Chemins de fer veveysans, équipée par la Société Anonyme Brown, Boveri et C<sup>ie</sup>, a été mise en service au printemps 1925. Bien que devant être rangée parmi les installations de faible puissance, cette sous-station présente plusieurs points d'un haut intérêt technique. L'ancienne sous-station de traction, caractérisée par un fonctionnement peu économique avec batterie-tampon, a été transformée d'une manière exemplaire en un poste entièrement automatique prévu pour la même puissance et pour une capacité de surcharge plus grande que l'ancien équipement, tout en occupant une place quatre fois moindre.

La sous-station de Saint-Légier est la première installation automatique de redresseur qui ait été mise en service en Suisse.

A la suite des expériences faites au cours de ces années, on peut affirmer que les installations automatiques ne le cèdent en rien au point de vue sécurité de service aux installations commandées à la main. Bien plus, les postes automatiques de convertisseurs présentent de tels avantages que les suppléments de frais de premier établissement qu'ils comportent se justifient dans tous les cas.

A l'intention de ceux de nos lecteurs qui ne seraient pas familiarisés avec le principe de ces appareils, nous empruntons la description suivante à une excellente étude parue, sous la signature de M. L. Vasseur, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans *La Science Moderne*, numéro de septembre 1926<sup>1</sup>.

#### Principe de l'appareil<sup>2</sup>.

« Un redresseur à vapeur de mercure se compose essentiellement d'un récipient vide d'air, comprenant à

<sup>1</sup> J.-B. Baillièrre et fils, éditeurs, Paris.

<sup>2</sup> On trouvera une théorie détaillée de cet appareil dans la brochure 857 F « Redresseurs à vapeur de mercure à grand débit » publiée par la S. A. Brown, Boveri & C<sup>ie</sup> et une description détaillée de la station de Saint-Légier dans la *Revue BBC* d'août 1926. Le numéro d'octobre 1926 de la même revue contient aussi une notice intéressante sur les « Sous-stations de redresseurs à vapeur de mercure complètement automatiques ».

la partie inférieure une coupelle remplie de mercure, qui forme *cathode*, et à la partie supérieure une ou plusieurs *anodes* en fer. Le principe de son fonctionnement est le suivant :

» Si l'on produit une tache incandescente à la surface du mercure, celui-ci émet, comme tous les corps incandescents, des *électrons* provenant de la désagrégation de ses molécules. Ces électrons, qui sont des particules d'électricité négative, sont attirés vers l'anode ; l'espace compris entre l'anode et la cathode devient conducteur et l'arc jaillit sous forme d'une colonne lumineuse de section décroissante de l'anode à la cathode où elle se réduit à une *tache cathodique*.

» Dès que la polarité change de sens, les électrons sont attirés vers le mercure devenu anode et l'arc se désamorce. On a donc une véritable *souape*, qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens, d'où son nom de *lampe-valve*.

» Il est toutefois nécessaire, pour que ce résultat puisse être obtenu d'une manière satisfaisante, que l'anode n'émette pas d'électrons, c'est-à-dire que l'on évite son échauffement ; on est donc conduit à la refroidir artificiellement.

» A la mise en marche, on obtient l'incandescence du mercure au moyen d'une anode spéciale d'allumage très rapprochée de sa surface. Dès que l'amorçage est obtenu il se maintient spontanément : le choc des électrons attirés vers l'anode ionise les molécules de vapeur de mercure et les noyaux chargés d'électricité positive mis en liberté sont attirés vers la cathode, qu'ils bombardent en développant une énergie suffisante pour produire l'incandescence de la tache cathodique.

» Si l'anode peut être constituée par d'autres métaux que le fer, l'emploi du mercure est indispensable pour la cathode, parce que, étant liquide à la température ordinaire, il peut être intégralement récupéré, les vapeurs formées se condensant sur les parois et retombant dans la coupelle située à la base. Il est d'ailleurs nécessaire de faciliter la condensation en disposant à la partie supérieure du redresseur une chambre spéciale refroidie soit par son contact avec l'air, soit par une circulation d'eau.

» L'effet de la soupape à vapeur de mercure est de supprimer la demi-onde négative du courant alternatif sinusoïdal. On utilise cette demi-onde, dans le cas théorique du courant monophasé, en munissant le redresseur de deux anodes reliées aux deux extrémités de la bobine du transformateur, dont le milieu constitue un point neutre relié au circuit extérieur. L'autre pôle de ce circuit est constitué par la cathode et le courant y circule toujours dans le même sens.

» Le courant ainsi obtenu est ondulé et s'annule deux fois pendant chaque période. On pourrait réduire l'importance des ondulations en plaçant une self dans le circuit continu ; c'est la solution à laquelle on devrait avoir recours avec le courant monophasé.

» Dans toutes les applications industrielles on emploie du courant triphasé et il est facile de multiplier le nombre des phases par une simple modification du couplage de l'enroulement secondaire du transformateur. Dans ces conditions les demi-sinusoïdes décalées se combinent et le courant redressé est d'autant moins pulsatoire que le nombre des phases est plus grand. En pratique on se contente, en général, de six phases.»

#### 2° La sous-station de Saint-Légier.

Dans la sous-station de Saint-Légier, le service est assuré par un équipement mixte, avec commutatrice et redresseur. Le redresseur fournit la charge fondamentale, tandis que la commutatrice sert de réserve, travaillant en parallèle avec le redresseur lorsque la demande d'énergie devient très forte.

Chaque matin, conformément à l'horaire des trains, le groupe redresseur est mis en service au moyen d'un interrupteur horaire automatique. Lorsqu'il se produit une surcharge de longue durée, la commutatrice est branchée automatiquement en parallèle avec le redresseur, sous l'action d'un relais thermique. Ce dernier est alimenté par le courant primaire du transformateur de redresseur, par l'intermédiaire toutefois d'un transformateur d'intensité. La durée du fonctionnement en parallèle des deux convertisseurs est déterminée par les caractéristiques de température réglables du relais thermique combiné. Au cas où, pour une raison quelconque, le branchement de la commutatrice n'aurait pas lieu, même après une surcharge trop élevée et de trop longue durée pour le redresseur, le dispositif de sécurité de ce dernier fonctionnerait toujours au bout d'un certain temps, et, tout en déclenchant un signal acoustique, mettrait le redresseur hors service.

Si maintenant une perturbation sérieuse survenait dans le circuit du redresseur, un relais spécial commanderait à trois reprises le réenclenchement du disjoncteur primaire, un intervalle de 10 secondes séparant deux réenclenchements successifs. Si, après ces trois essais, la perturbation subsiste, le dernier essai de réenclenchement est aussitôt suivi d'un blocage mécanique du disjoncteur primaire et tout le groupe redresseur est définitivement débranché. Le relais de blocage a en même temps pour tâche de commander, par l'intermédiaire du relais thermique combiné, la mise en service automatique de la commutatrice.

L'eau de refroidissement du groupe redresseur viendrait-elle à faire défaut, il n'en résulterait aucun dommage pour ce groupe, car l'irrégularité est immédiatement annoncée par un signal acoustique déclenché par l'avertisseur de manque d'eau. En outre, ce dispositif commande automatiquement la mise hors circuit du redresseur, après un certain temps dont la valeur dépend de la charge.

Lorsqu'un court-circuit se produit sur la ligne de contact, c'est généralement le relais à maximum de courant du disjoncteur côté continu qui entre en fonctionnement. L'introduction ultérieure de disjoncteurs de feeders permettra de réaliser une certaine sélectivité dans les mises hors circuit. Ainsi, toutes les fois qu'il se produira un court-circuit en un point du réseau alimenté par la sous-station, seul le disjoncteur de feeder commandant la section où se trouve le point considéré déclenchera, tandis que le disjoncteur du redresseur, grâce à un couplage spécial breveté par la Société anonyme Brown, Boveri et C<sup>ie</sup>, ne s'ouvrira qu'à la suite d'un court-circuit survenant dans la sous-station elle-même.

#### Disposition générale des groupes et de l'appareillage.

La sous-station de Saint-Légier se trouve à la bifurcation des lignes Vevey—Châtel-Saint-Denis et Vevey—Chamby des Chemins de fer électriques veveysans. Elle alimente la ligne de contact des tronçons Saint-Légier—Vevey, Saint-Légier—Châtel-Saint-Denis et les Pléiades, et emprunte son énergie au réseau des Entreprises Electriques Fribourgeoises, sous forme de courant triphasé, 8000 volts, 50 p<sup>er</sup>/s. Elle comprend actuellement deux groupes convertisseurs de 300 kW chacun, l'un avec redresseur à vapeur de mercure (fig. 1), l'autre avec commutatrice

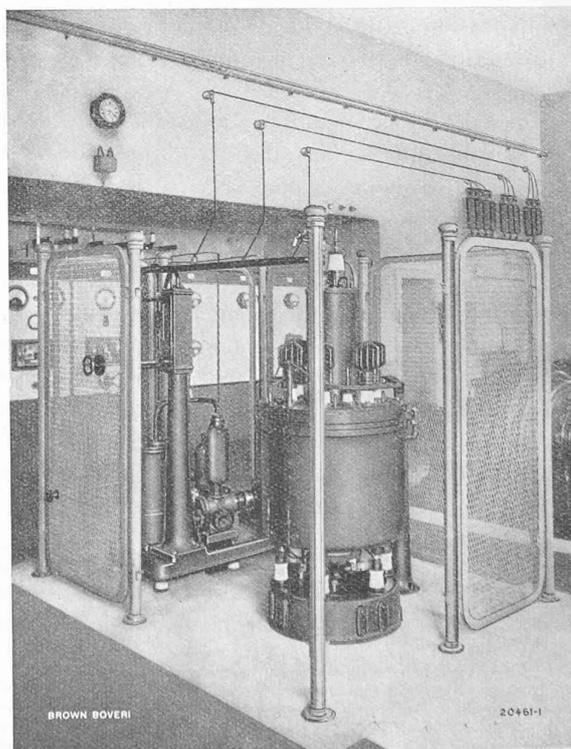
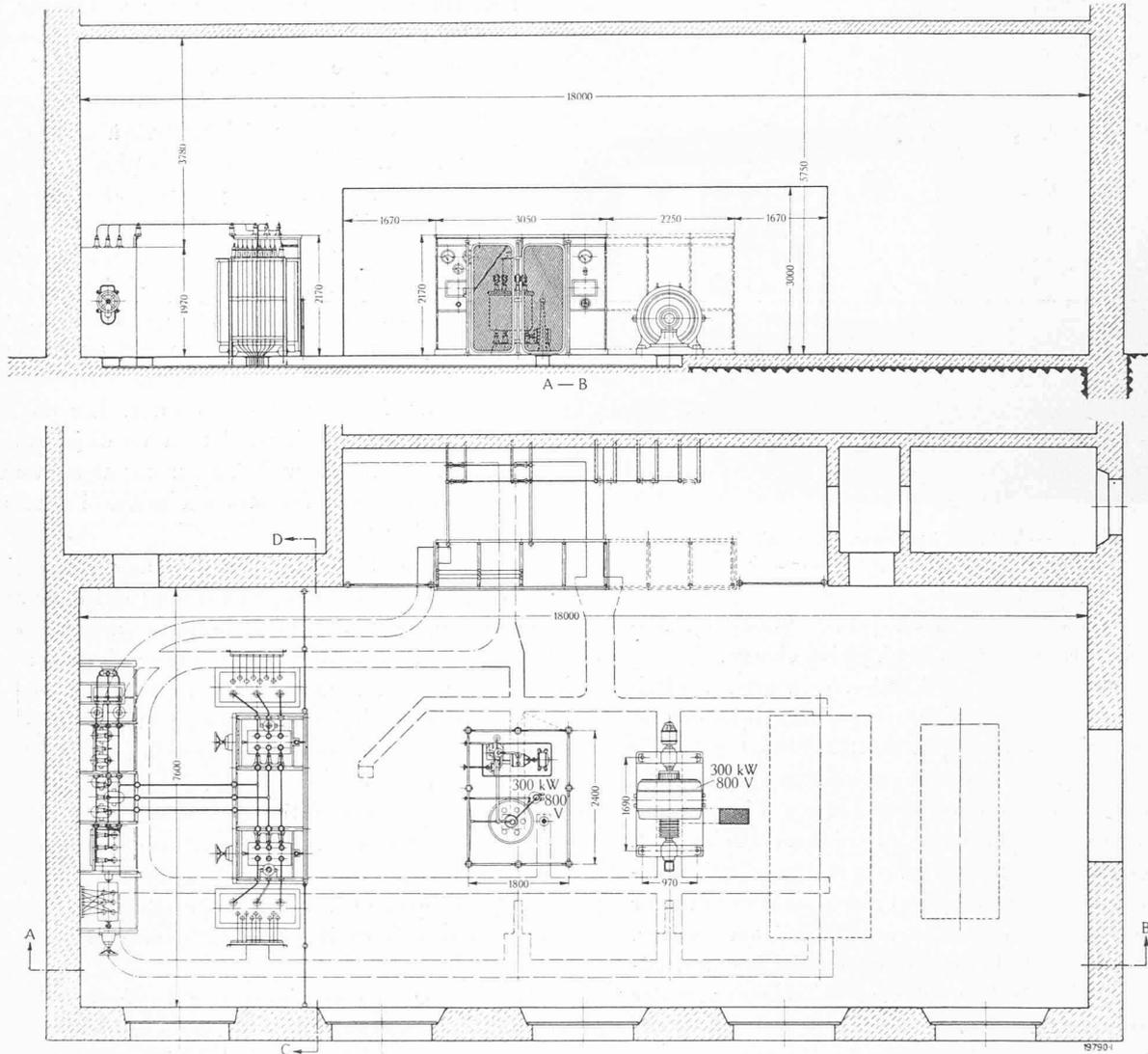
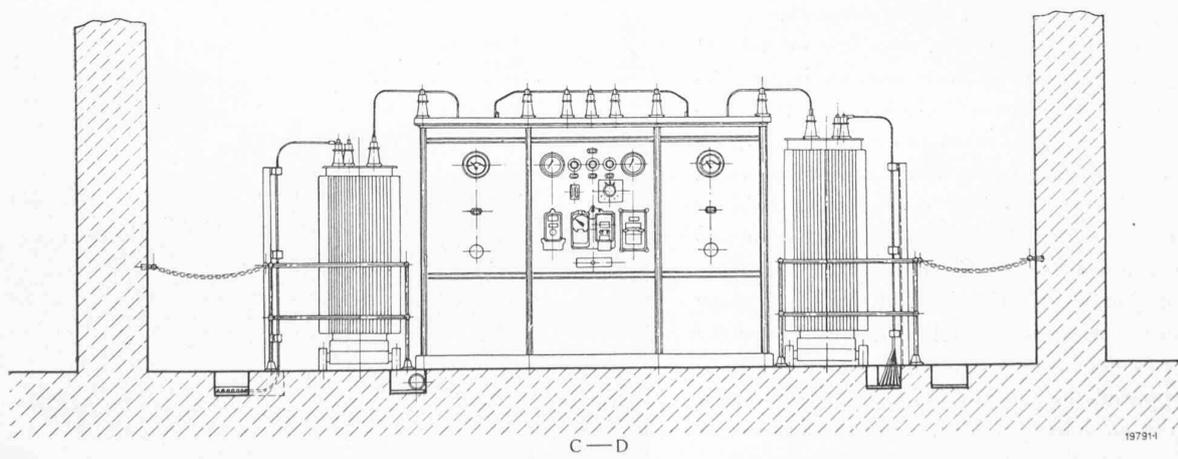


Fig. 1. — Redresseur de la sous-station de Saint-Légier.



Elévation et vue en plan.



Coupe C-D.

Fig. 2. — Sous-station de redresseur et commutatrice automatique de Saint-Légier.

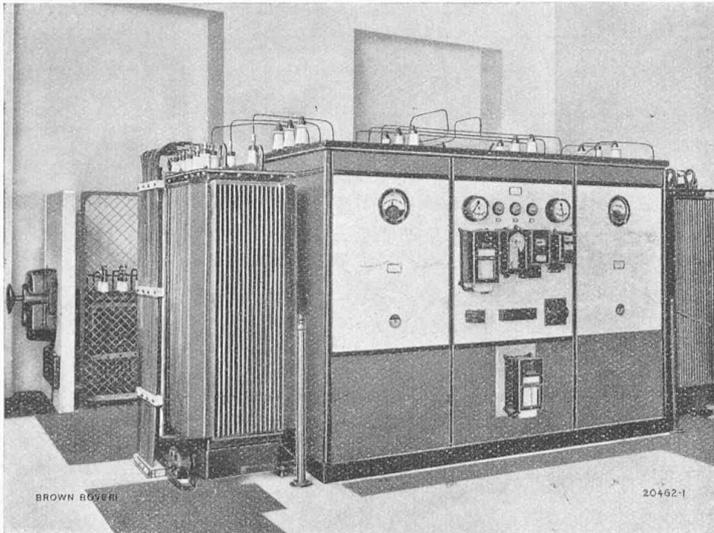


Fig. 3. — Tableau à courant alternatif de la sous-station automatique de St-Légier.

à excitation séparée, tous deux prévus pour une tension du côté continu de 800 volts à pleine charge.

Le redresseur, du type GRZ 136, avec anodes à refroidissement naturel, est muni du dispositif d'allumage et d'excitation par courant alternatif, à 220 volts. C'est à bon droit que l'on n'a pas envisagé un réglage spécial de la tension du côté continu, étant donné le peu d'importance qu'ont de légères fluctuations de la tension au fil de contact. De fortes variations de tension dans le réseau primaire peuvent cependant être équilibrées à l'aide d'un commutateur de prise placé dans le transformateur et facile à manœuvrer. Ce commutateur possède un contact mobile pouvant déplacer le point neutre de l'enroulement primaire et modifier ainsi la tension de  $\pm 3,5\%$ .

La commutatrice possède un transformateur semblable. A l'un de ses bouts d'arbre, elle porte une excitatrice pour l'excitation séparée et à l'autre, un interrupteur centrifuge qui provoque le déclenchement de tous les disjoncteurs du groupe, dès que la vitesse s'est élevée de 10 à 15% au-dessus de sa valeur normale.

La disposition générale de la sous-station ressort de la figure 2. Bien qu'elle soit une ancienne installation de groupes moteurs-générateurs transformée, cette sous-station constitue une installation modèle. L'appareillage haute tension (sectionneurs, transformateurs d'intensité et de tension, bobines de mise à la terre, transformateur des services auxiliaires et commutateur de démarrage) à l'exception des deux disjoncteurs primaires, a été logé dans cinq cellules au-dessus desquelles passent les barres primaires. Ces dernières viennent au-dessus du panneau des appareils de mesure à haute tension, puis se subdivisent en deux systèmes. L'un d'eux alimente le transformateur de redresseur par l'intermédiaire d'un disjoncteur à courant alternatif muni d'un relais à maximum de courant et à action différée; l'autre alimente le transformateur de la commutatrice par

l'intermédiaire d'un disjoncteur semblable, mais muni de quatre relais, deux relais de court-circuit et deux relais de surcharge.

Le tableau à haute tension se trouve entre les deux transformateurs précités (fig. 2 à 4) et comporte trois panneaux. Celui du milieu, le plus large, constitue le panneau de mesure; en plus des instruments de mesure ordinaires, il possède un voltmètre et un wattmètre enregistreurs et, enfin, un maxigraphe. Trois lampes-témoins signalent l'existence éventuelle d'une terre accidentelle et la plaque de bornes placée sous les appareils enregistreurs sert au raccord des connexions pour les instruments de contrôle appartenant au fournisseur du courant. Les deux panneaux extrêmes abritent chacun un disjoncteur primaire avec sa commande à distance par servo-moteur électrique, un transformateur d'intensité et un ampèremètre de groupe.

Dans une alcôve faisant face aux convertisseurs ont été montés les sept panneaux qui composent le tableau à courant continu. Les quatre panneaux de gauche servent au fonctionnement automatique du redresseur et de la commutatrice, tandis que les trois de droite desservent les trois feeders allant à la ligne de contact. Malgré la complication apparente du schéma des connexions, l'aspect sobre et dégagé du tableau de distribution prouve bien que la Société Anonyme Brown, Boveri et C<sup>ie</sup> est parvenue à mettre au point un équipement comportant un nombre restreint de relais spéciaux, qui satisfait pleinement aux multiples conditions imposées à une sous-station entièrement automatique pour réseau de traction.

Tablant sur un trafic journalier de dix-sept heures et une puissance moyenne de 100 kW au cours de l'année, la Société Anonyme Brown, Boveri et C<sup>ie</sup> a garanti un rendement global du groupe redresseur s'élevant encore à 92,5% à  $\frac{1}{3}$  de charge.

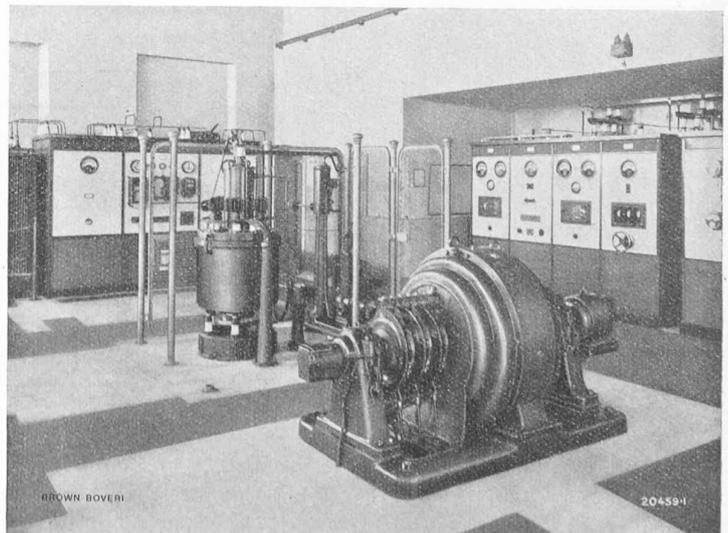


Fig. 4. — Intérieur de la sous-station automatique de Saint-Légier.

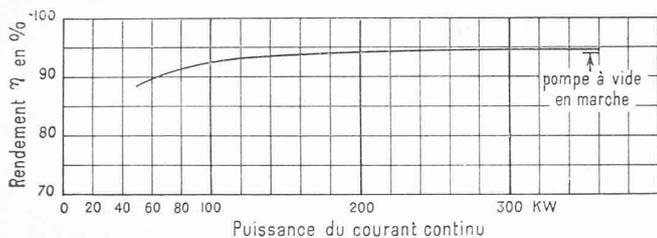


Fig. 5. — Rendement total déterminé par mesure directe de l'installation complète du redresseur et du transformateur, en fonction de la puissance du courant continu.

Nous devons à l'obligeance de M. E. Vez, directeur des Chemins de fer électriques veveysans, la communication des résultats d'exploitation suivants et du graphique de la fig. 5 dressé par l'«Institution de contrôle de l'Association suisse des Electriciens».

Résultats comparatifs d'exploitation.

Consommation d'énergie durant la dernière année d'exploitation au moyen des groupes moteurs-générateurs : 912 400 kWh. Consommation d'énergie durant la première année d'exploitation au moyen du groupe redresseur : 730 000 kWh. Economie : 20%.

Les clichés des figures 1 à 4 sont la propriété de la Société Brown, Boveri & Cie.

## Recherches sur l'écoulement en régime permanent dans un canal à plafond horizontal débitant librement à son extrémité aval,

par MAURICE GOLAZ, ingénieur, à Paris.

Considérons un canal à section rectangulaire de largeur  $b$  fonctionnant comme canal de décharge d'un lac-réservoir. La pente longitudinale du plafond est supposée négative et progressivement décroissante sur  $L_1$ , rigoureusement nulle sur  $L_2$ , positive sur  $L_3$ , la loi de variation en  $L_1$  et  $L_3$  étant sensiblement celle représentée sur la fig. 1. La vitesse d'approche est supposée nulle. Imaginons en  $B$  une vanne  $V$ , de largeur  $b$  et de hauteur  $H_0$ .

On se propose de déterminer le débit de régime  $Q$ , en régime permanent en courant, qui s'établira dans le canal, en supposant la vanne  $V$  complètement effacée.

Désignons par :

- $x$  la distance d'un profil  $\pi$  au point  $A$ , pris comme origine,
- $t$  le tirant d'eau,
- $\Omega$  la section mouillée =  $b.t$ ,
- $P$  le périmètre mouillé =  $(b + 2t)$
- $R$  le rayon hydraulique,
- $q$  le débit linéaire =  $\frac{Q}{b}$ ,

$$v_m \text{ la vitesse moyenne} = \frac{Q}{b.t} = \frac{q}{t},$$

$H$  la hauteur de charge,

$\Delta h$  la perte de charge mesurée entre  $A$  et le profil  $\pi$ ,

$\chi$  un coefficient défini par la relation,

$$\chi = \frac{\int^{\Omega} v^2 . d\omega}{v_m^2 \Omega} \quad 1,0 < \chi < 1,1$$

et tenant compte du fait que la force vive d'un courant liquide diminue si l'on substitue aux vitesses effectives  $v$  des divers filets parallèles une vitesse moyenne  $v_m$ .

D'après la définition même de la ligne de charge et en admettant le parallélisme des filets liquides sur le tronçon  $AB$ , on a, dans le profil  $\pi$ , la relation :

$$(1) \quad H = t + \chi \frac{v_m^2}{2g} = t + K.$$

Supposons que l'ordonnée de la ligne de charge au point  $A$  soit une expression de la forme

$$H_A = \xi H_0 \quad \text{avec} \quad \xi \leq 1.$$

Dans ces conditions on a

$$H = H_A - \Delta h = \xi H_0 - \Delta h.$$

Le coefficient  $\xi$  tient compte de la forme du radier  $L_1$ .

Si ce tronçon est judicieusement construit, on peut, avec suffisamment d'exactitude, admettre que la valeur de  $\xi$  est très voisine de l'unité. On aura alors

$$H = H_0 - \Delta h.$$

En utilisant les notations du début, la relation (1) peut s'écrire

$$(2) \quad H = \frac{t^3 + C}{t^2} \quad \text{avec} \quad C = \frac{\chi q^2}{2g}.$$

Remarquons qu'à toute valeur de  $t$  correspond, pour un débit donné  $q$ , une seule valeur de  $H$ . Par contre, à toute valeur de  $H$  correspond un système de trois racines de  $t$ , dont deux,  $t'$  et  $t''$  sont positives.

Il est intéressant de rechercher la valeur du minimum de la fonction  $H = F(t)$  définie par (2). Pour cela, il suffit de poser

$$\frac{dH}{dt} = 0.$$

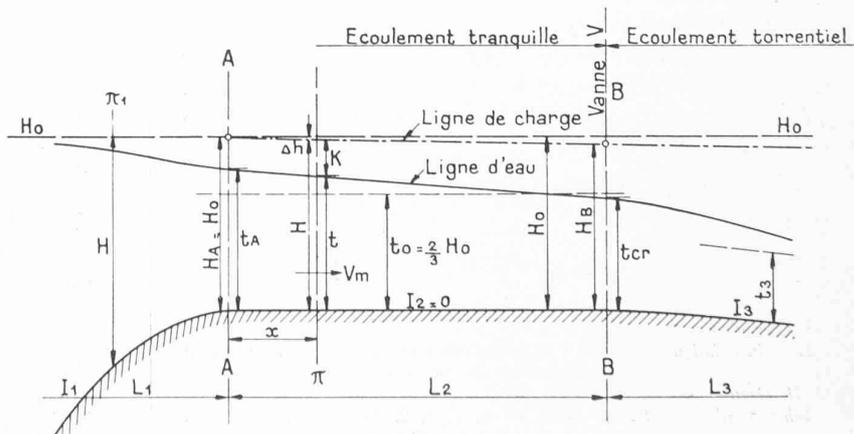


Fig. 1.