Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 30 (1904)

Heft: 20

Artikel: Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe (suite)

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-24149

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: 09.12.2025

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

30me Année. 25 octobre 1904. N° 20.

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 : *Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe* (suite), par M. C.-H. Perrin, ingénieur. — *Alcool industriel. Etat actuel de la question de son utilisation pour l'éclairage et la production de force motrice* (suite et fin), par M. Octave Rochat, ingénieur et professeur, à Lausanne. — *Société technique suisse de l'industrie du gaz et des eaux: Les eaux de Lausanne, communication de* M. E. Chastellain, *ingénieur, chef du Service des Eaux, à la XXXIe assemblée annuelle, le 25 septembre 1904, à Lausanne.* Planche 19. — **Divers** : Plan d'extension de Lausanne. Préavis municipal du 15 octobre 1903. Planche 20. — *Concours :* Bâtiment de la Bourse, à Bâle. — *Sociétés :* Soc. vaudoise des ingénieurs et des architectes. Bibliothèque. — A3. E2. I. L. Demandes d'emploi.

Les installations de la Compagnie vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe.

(Suite) [1].

Turbines.

L'usine actuelle comprend 7 turbines, savoir :

5 turbines de 1000 chevaux, à axe horizontal, tournant à la vitesse de 375 tours par minute, sous une chute utile de 234 m., et commandant directement par manchon Raffard les alternateurs de même puissance.

2 turbines de 150 chevaux, à axe horizontal, tournant à la vitesse de 750 tours, actionnant les dynamos excitatrices.

Ces turbines, ainsi que toute la tuyauterie dans l'usine, ont été fournies par la Société anonyme Escher, Wyss & Cie, à Zurich. Elles sont du genre Pelton, avec injection partielle simple, ce système étant particulièrement qualifié pour les hautes pressions.

Les turbines des excitatrices ont deux paliers. Quant aux turbines de 1000 chevaux, elles ont été munies de 3 paliers. Ce troisième palier laisse libre une portée, permettant cas échéant, par l'adjonction de volants, d'augmenter la régularité de marche. Jusqu'à présent ces volants ne sont pas nécessaires pour le service normal d'éclairage et de force motrice ; ils pourront être installés plus tard, si les conditions de marche des moteurs branchés sur le réseau l'exigent.

Toutes les turbines sont munies du régulateur hydraulique automatique de la maison Escher, Wyss & Cie, avec filtre type revolver, et d'un appareil de réglage de pression ; nous donnons ci-dessous la description de ces différents organes, avec les croquis schématiques correspondants.

Régulateur hydraulique automatique (fig. 21). — Le réglage des turbines se fait par un distributeur *D*, muni d'une languette mobile *L*, modifiant suivant sa position l'ouverture *o*, de façon que le jet ne subisse aucun étranglement. La turbine travaille donc, sous n'importe quelle charge, avec le rendement le plus élevé possible.

[1] Voir N° du 10 octobre 1904, page 345.

La languette, par suite de sa forme, reçoit de l'eau motrice une énergie constante tendant à ouvrir l'orifice *o*. L'effet contraire est obtenu par un piston *P* relié avec la languette et recevant par dessous la pression constante de l'eau motrice, tandis que le dessus est en communication avec la soupape de réglage *S*.

Par un petit distributeur *d*, cette soupape peut faire entrer de l'eau motrice, au travers du filtre *F*, sur le dessus du piston *P*; celui-ci, ayant dans ce cas la même pression des deux côtés, n'oppose aucune résistance à la tendance de la languette et celle-ci *ouvre* l'orifice *o*.

Si, au contraire, le distributeur *d* fait échapper de l'eau du dessus du piston *P*, celui-ci, par son éner-

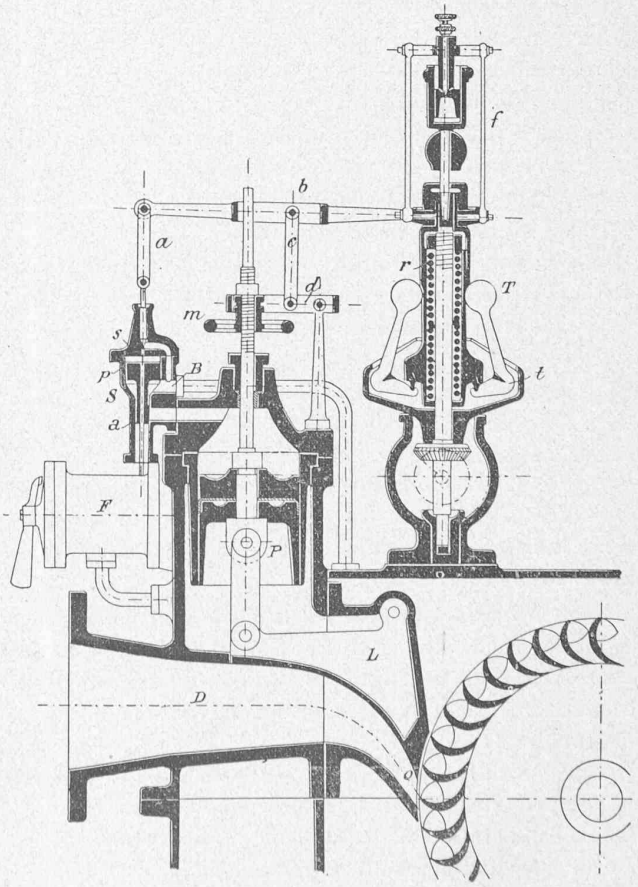

Fig. 21. — Régulateur hydraulique automatique des turbines. (Système Escher, Wyss & Cie).

gie plus grande que celle de la languette, *ferme* l'orifice *o*.

Enfin, si le distributeur *d* ne laisse ni entrer ni échapper de l'eau, le piston ne peut plus bouger; il ne se produit alors aucun mouvement de réglage. Pour effectuer le réglage nécessaire, le distributeur *d* a dû être rattaché à un tachymètre *T*, mais, comme tout régulateur fonctionne d'autant mieux que le tachymètre a moins de résistance à surmonter, le distributeur *d* est asservi par un petit piston *p*, commandé lui-même par le tachymètre au moyen d'une soupape *s*.

Le distributeur *d*, faisant fonction de piston, reçoit de dessous une énergie constante provenant de l'eau venant du filtre F.

Le distributeur-piston *d p* porte un alésage de faible diamètre, lequel laisse passer de l'eau motrice au-dessus de *p*, d'où elle peut s'échapper par la soupape *s*.

D'après l'ouverture de cette soupape *s*, il se produit au-dessus de *p* une énergie plus ou moins grande que celle de *d* ou, par conséquent, un mouvement de *d* en haut ou en bas, avec un mouvement correspondant du piston *P* et de la languette *L*.

Le tachymètre a donc seulement à manœuvrer la petite soupape *s* pour effectuer le réglage de la turbine, et il n'a besoin pour cela que d'une énergie si faible qu'il peut suivre des variations de vitesse de $^1/_2$ pour cent, c'est-à-dire qu'un écart de vitesse de $^1/_2$ pour cent produit déjà son effet sur la languette.

La combinaison de leviers *a b c d L* de la tuyère d'injection (principe du servo-moteur Farcot) a pour but d'éviter toute oscillation dans le réglage. Le volant *m*, soit le réglage à main au moyen du système hydraulique, est utilisé pour la mise en marche ou l'arrêt de la turbine, ainsi que pour la mise en phase des générateurs.

Quant au tachymètre, il est construit pour marche à grande vitesse, avec charge à ressort *r* et articulations sur biseaux tranchants *t*, ce qui présente de grands avantages, tant pour sa sensibilité que pour son énergie.

Le tachymètre est pourvu d'un frein à huile *f*, destiné à modérer les mouvements trop brusques et nuisibles à l'ensemble du système.

Filtre type revolver (fig. 22). — Le filtre empêche les corps étrangers amenés par l'eau d'obstruer la soupape de réglage; les grains de sable n'y sont pas retenus et passent sans gêner la soupape.

Dans la boîte *F* du filtre est logé un tambour *T* avec des cribles *C* en tôle perforée et 6 chambres.

La boîte *F* est construite de manière qu'une chambre du tambour *T* vient se loger devant une antichambre *A*, avec robinet de purge *R*.

L'eau non filtrée entre par *E* et, après avoir déposé les matières en suspension à travers cinq des six cribles, pénètre dans l'intérieur du tambour *T*, d'où elle sort par *S*, pour aller aux appareils de réglage.

L'enlèvement des dépôts sur les cribles se fait en ouvrant le robinet de purge; de l'eau filtrée traverse alors

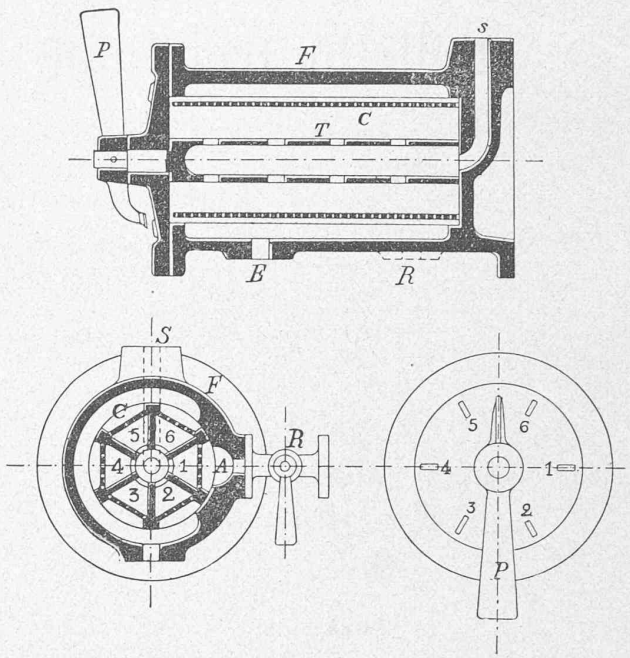

Fig. 22. — Filtre type revolver.

les tôles perforées en sens inverse et les débarrasse de tous les dépôts, lesquels sont entraînés par le robinet purgeur.

En tournant le tambour à l'aide de la poignée *P*, chaque chambre passe successivement devant l'antichambre de purge et, en un instant, le filtre est complètement nettoyé.

Appareil de réglage de pression (fig. 23). — Dans le réglage d'une turbine alimentée par une conduite forcée, le moindre mouvement de fermeture occasionne une élévation de pression, pouvant produire un coup de bélier. Ce coup de bélier devient d'autant plus fort, et même dangereux pour la conduite, que le mouvement de fermeture est plus grand et se produit plus rapidement.

Ce mouvement de fermeture peut à chaque instant atteindre le maximum dans un service électrique, par suite du déclanchement d'un interrupteur automatique, provoquant la marche à vide du groupe générateur.

Au point de vue d'un service régulier, le réglage agissant le plus rapidement est à préférer; il s'agit donc de trouver un système permettant de régler promptement, sans produire de coups de bélier qui puissent compromettre la solidité de l'installation.

L'appareil de réglage de pression, système Escher, Wyss & Cie, comporte une disposition automatique qui remplit parfaitement cette condition.

L'appareil est basé sur le principe suivant: avec la fermeture du distributeur, un orifice de vidange s'ouvre exactement dans la même proportion, de façon que la quantité d'eau, coupée au distributeur, passe par l'orifice de vidange.

La vitesse de l'eau dans la conduite reste donc à l'instant même absolument la même et aucun coup de bélier ne peut se produire.

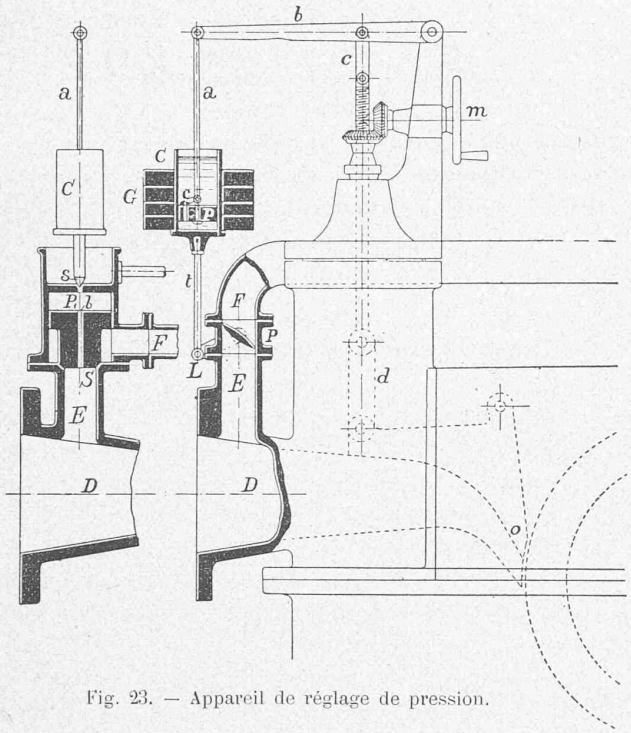

Fig. 23. — Appareil de réglage de pression.

Pour ne pas laisser échapper l'eau continuellement, ce qui dans certains cas occasionnerait une perte sensible, l'appareil est pourvu d'un dispositif automatique qui produit une fermeture lente, sans élévation de pression.

Le tuyau adducteur D porte un embranchement E avec papillon P et tuyau de fuite F.

L'axe du papillon porte un levier L attaché à une tige t supportant un cylindre C rempli d'huile, avec contrepoids G. Un piston p, avec clapet c percé d'un petit orifice, est noyé dans le cylindre C. Ce piston est relié par un système de leviers et tiges a b c au distributeur o de la turbine.

Supposons que par un régulateur automatique, ou par un réglage à main, le distributeur m fasse un mouvement de fermeture, alors le piston p, par l'intermédiaire de a b c d, s'élève dans le cylindre C et, comme l'huile ne peut passer suffisamment vite à travers l'orifice du clapet c, le cylindre, avec ses contre-poids et la tige t, est entraîné dans ce mouvement et ouvre le papillon P pour laisser échapper l'eau motrice.

Sous l'action des contre-poids, le cylindre C redescend de suite, avec la vitesse suivant laquelle l'huile au-dessus de p traverse l'orifice du clapet et referme le papillon.

Si, au contraire, on fait ouvrir le distributeur, le piston p descend dans le cylindre C et l'huile du dessous passe à travers le grand orifice de p en ouvrant le clapet.

Afin d'augmenter la précision de cet appareil et de pouvoir substituer au papillon un organe de fermeture plus étanche, les contrepoids sont remplacés par un cylindre et piston hydrauliques de grande énergie, figurés à côté du dispositif à papillon.

Ici le papillon est remplacé par une soupape S à pis-

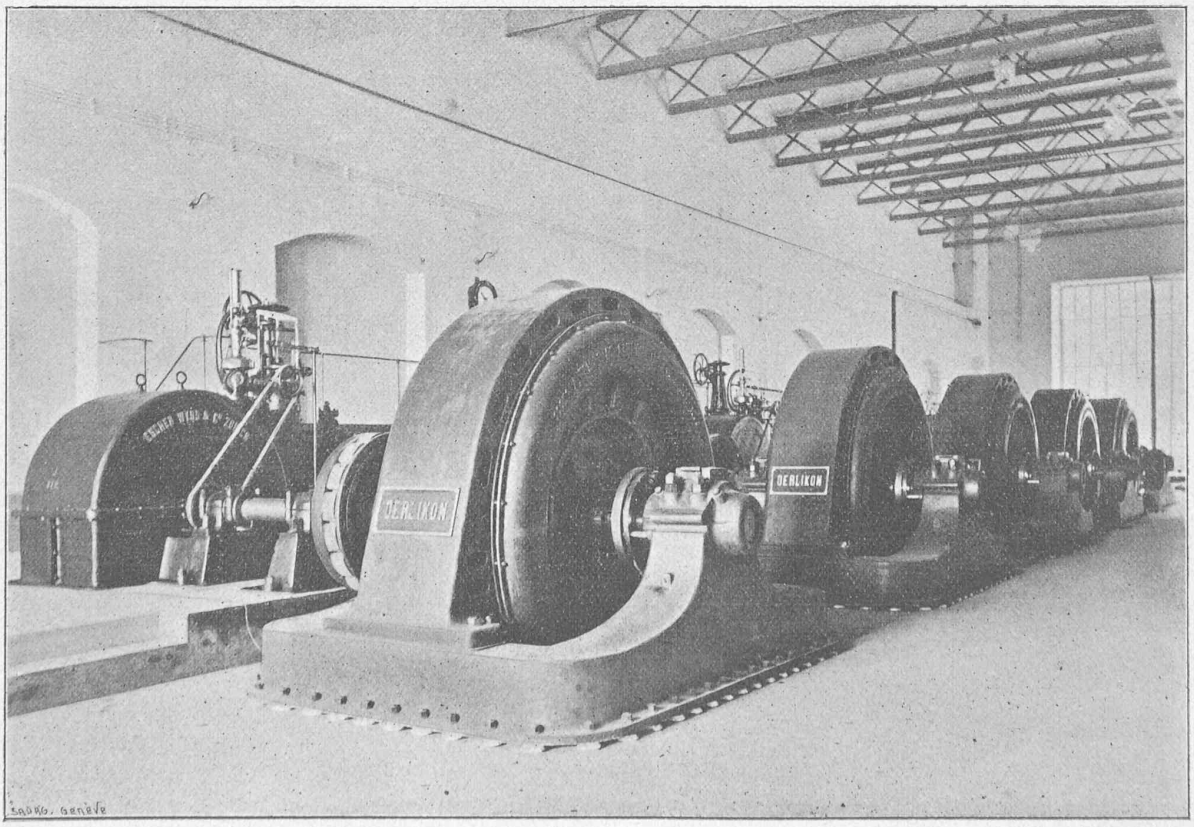

Fig. 24. — Turbines et alternateurs de l'usine de La Dernier.

ton P_1, avec un petit orifice de bypass b, donnant de l'eau sous pression au-dessus de P_1, d'où elle peut s'échapper par une soupape s.

Selon l'ouverture de cette soupape s, il se produit au-dessus de P_1 une pression plus ou moins forte, tandis que la soupape S reste appuyée sur son siège, ou se lève par suite de la pression de l'eau motrice.

La soupape s est construite d'une seule pièce avec le cylindre C; le mouvement de celui-ci produit donc les variations de pression sur P_1 et, par conséquent, l'ouverture ou la fermeture de la soupape de vidange.

Rendement et régularité des turbines. — Les rendements garantis par les constructeurs pour les turbines de 1000 et de 150 chevaux sont les suivants :

78 % à pleine charge.
76 % à trois quarts de charge.
74 % à demi-charge.

Les essais effectués sur un groupe complet (turbine et alternateur) ont montré que ces rendements étaient atteints et même dépassés ; à pleine charge, le rendement des turbines de 1000 chevaux est voisin de 80 %.

Quant au réglage de ces turbines, voici les variations de vitesse qui ont été garanties :

1 % au maximum en marche normale.
4 % pour une variation de puissance de 25 %.
et 13,5 % lorsque la turbine est déchargée subitement du maximum à zéro.

Les essais ont permis de constater qu'en faisant passer brusquement une turbine de la marche à pleine charge à la marche à vide, par fonctionnement du déclancheur automatique de l'alternateur, l'augmentation de vitesse était de 7,2 % seulement. La période de variation entre les deux vitesses de régime est alors de 7 à 8 secondes et ces deux vitesses diffèrent de 5,1 %.

Ces chiffres font ressortir le bon fonctionnement des régulateurs.

Installation électrique de l'Usine.

1. **Alternateurs.** — Les génératrices, au nombre de cinq, sont construites par les Ateliers d'Oerlikon ; elles produisent, à la vitesse de 375 tours par minute, du courant sous la tension de 13 500 volts, et à la fréquence de 50 périodes par seconde.

La figure 25 donne une vue de ces machines, tandis que les figures 24 et 26 représentent la salle des machines avec les cinq alternateurs.

Ces machines sont calculées de façon à pouvoir absorber la puissance totale de 1000 chevaux, en produisant soit du courant triphasé avec un facteur de puissance $\cos \varphi = 0{,}75$, soit du courant monophasé avec $\cos \varphi = 1$.

Les alternateurs sont du type à induit fixe, avec pôles inducteurs mobiles. Le diamètre d'alésage de l'induit est de 2 m. ; le diamètre extérieur de l'inducteur est de

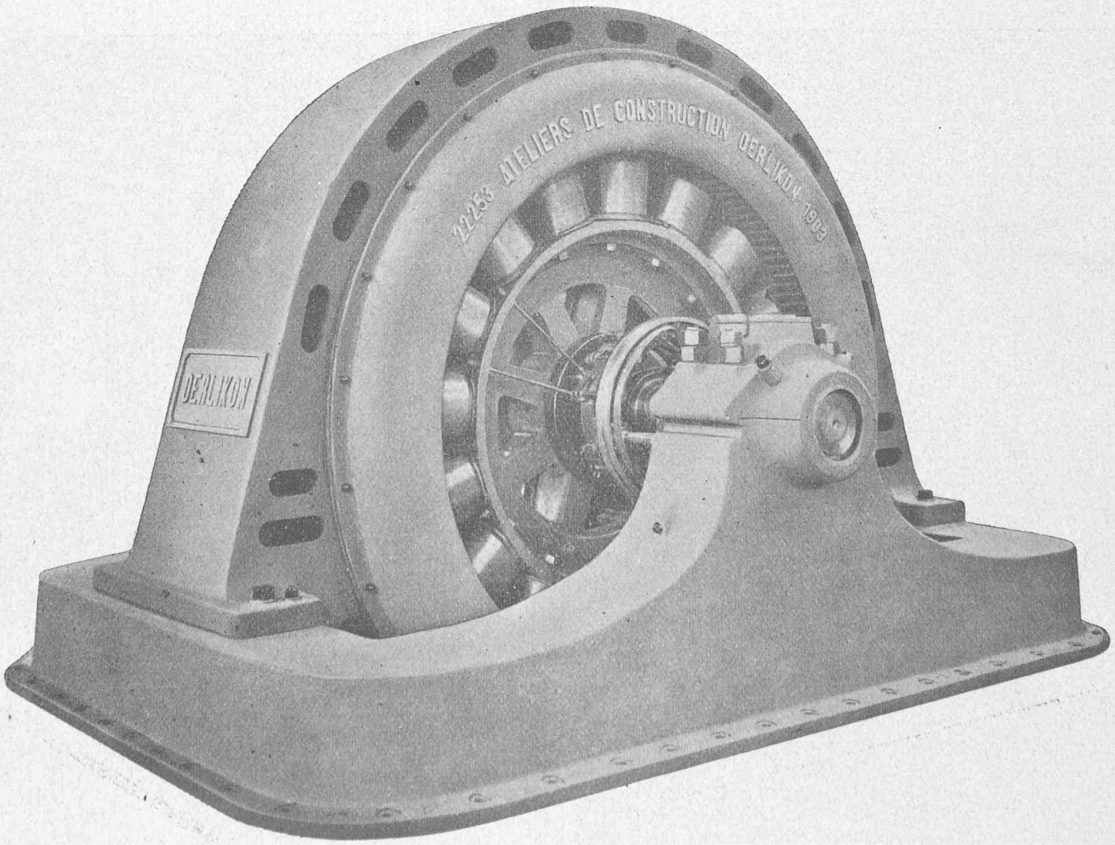

Fig. 25. — Alternateur de 1000 chevaux.

$1^m,980$, ce qui correspond à 10 mm. d'entrefer. L'inducteur comprend 16 pôles, dont les noyaux sont constitués par des tôles.

L'enroulement de l'armature est formé de 72 bobines placées dans 144 rainures (3 par pôle et par phase); chaque bobine est elle-même formée de 20 spires de fil de 4,4-5,0 mm. de diamètre.

L'enroulement inducteur est formé par 16 bobines reliées en série; chacune de ces bobines est constituée par l'enroulement d'un ruban de cuivre dont la section est de $35 \times 1,6$ mm.

Les bobines de l'induit, préparées à l'avance sur gabarit, sont entourées d'un tube de micanite. L'enlèvement et le remplacement d'une bobine avariée par une bobine de réserve peut être exécuté dans l'espace d'une demi-heure environ. Quant aux bobines inductrices, elles sont serrées entre deux plaques d'acier, de façon à former un corps rigide.

Malgré l'enroulement à grand pas de l'induit, la courbe représentative de la force électromotrice des génératrices est très sensiblement une sinusoïde exacte, ainsi que l'ont montré les essais effectués dans les Ateliers d'Oerlikon. Ce résultat est dû en grande partie à la forme spéciale que revêtent les pôles inducteurs, dont les arêtes sont étagées (fig. 27).

Ce mode de construction a déjà été appliqué, dès 1891, par les Ateliers d'Oerlikon, aux génératrices triphasées du transport de force de Laufen-Francfort.

Les génératrices ont été soumises à une épreuve de surcharge en faisant travailler deux machines, l'une comme génératrice, l'autre comme moteur, la tension aux bornes étant de 15 000 volts. Sous une surcharge d'environ 30 %, appliquée pendant 8 heures consécu-

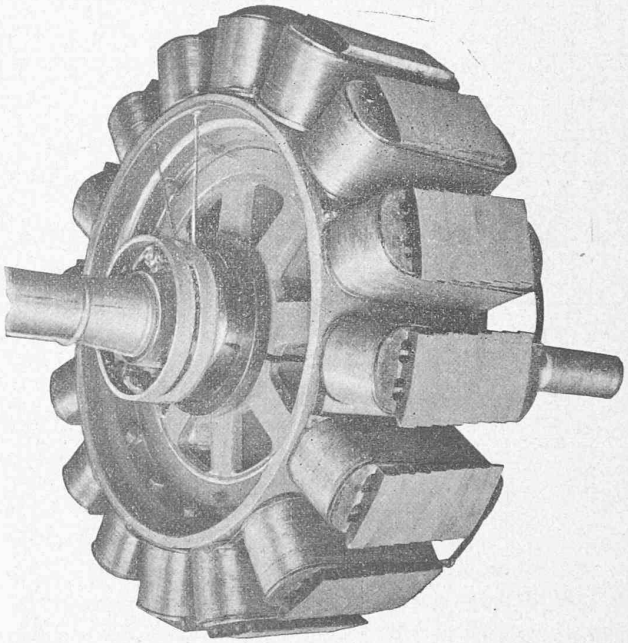

Fig. 27. — Inducteur mobile des alternateurs.

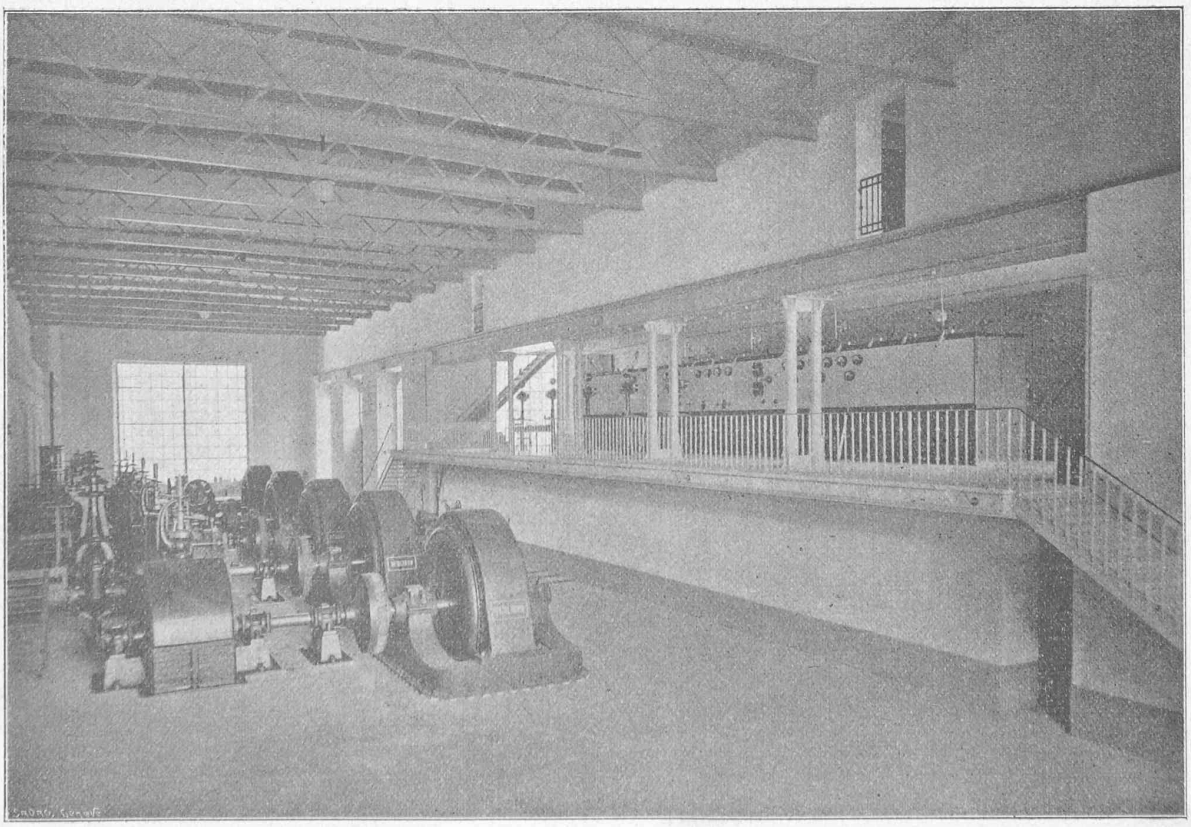

Fig. 26. — Salle des machines de l'usine de La Dernier, avec galerie du tableau.

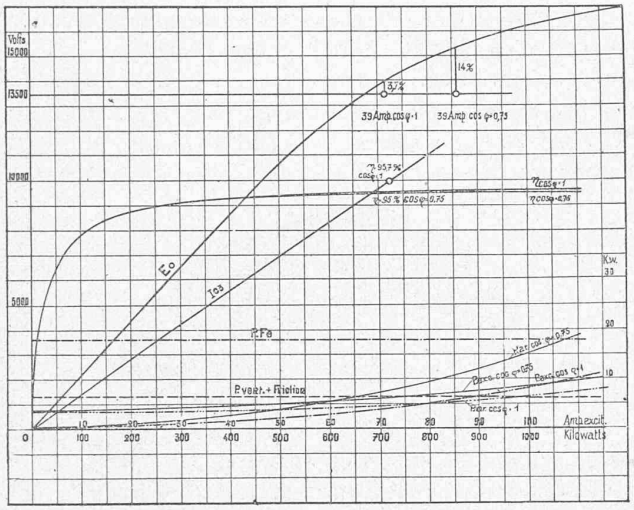

Fig. 28. — Courbes caractéristiques des alternateurs.

LÉGENDE :

Eo = Caractéristique pour marche à vide.
Ic3 = Courant en court-circuit sur 3 phases.
P. Fe = Pertes par hystérésis et par courants de Foucault.
P. ar. = Pertes dans l'armature par effet Joule.
P. exc. = Pertes pour l'excitation.
P. vent. + friction = Pertes par ventilation et friction.
η = Rendement industriel (pour $\cos\phi = 1$ et $\cos\phi = 0{,}75$).

tives, l'élévation de température de la machine surexcitée n'a pas dépassé de plus de 35° la température ambiante, alors que le cahier des charges prévoyait que, en marche normale, ou après une heure de marche avec surcharge de 10 %, cette élévation de température pouvait atteindre 60°.

Cet essai de fonctionnement simultané de deux machines a été également utilisé pour la détermination du rendement des génératrices marchant à la puissance totale, sous une charge purement inductive.

La différence entre les rendements obtenus, soit par mesure directe, soit par le calcul des pertes, a été très minime. Les pertes par courants de Foucault, à pleine charge, comportent seulement 10 % environ des pertes par résistance ohmique, soit par effet Joule, alors que pour des alternateurs à noyaux polaires massifs, par exemple, les pertes par courants parasites peuvent dépasser les pertes par effet Joule.

L'isolation de l'enroulement induit a été essayée pendant une heure sous la tension de 30 000 volts, appliquée entre l'enroulement et la carcasse de la machine.

Nous donnons, dans la figure 28, les courbes caractéristiques des alternateurs, pour le fonctionnement dans les deux régimes, monophasé et triphasé.

Enfin, la figure 29 représente les détails de ces machines.

2. **Excitatrices.** — La photographie de la figure 30 représente les deux groupes des excitatrices.

Ces deux dynamos sont directement accouplées aux turbines correspondantes, de 150 chevaux. Elles sont du type Oerlikon à 8 pôles et débitent, à la vitesse de 750 tours-minute, une intensité de 800 ampères sous la tension de 90 volts.

L'induit a un diamètre de 600 mm. et une largeur de 250 mm.; il est muni de 138 rainures de 6 × 32 mm. Chaque rainure est traversée par 2 demi-bobines, formées de 3 fils de 4,0-4,4 mm. en parallèle. Le collecteur comprend 138 lamelles, isolées par des feuilles de micanite de 0,8 mm. d'épaisseur. Le diamètre d'alésage des pôles inducteurs est de 616 mm. Chaque pôle inducteur est muni de 780 spires de fil de 3,2-3,5 mm.

Les excitatrices peuvent supporter une marche inin-

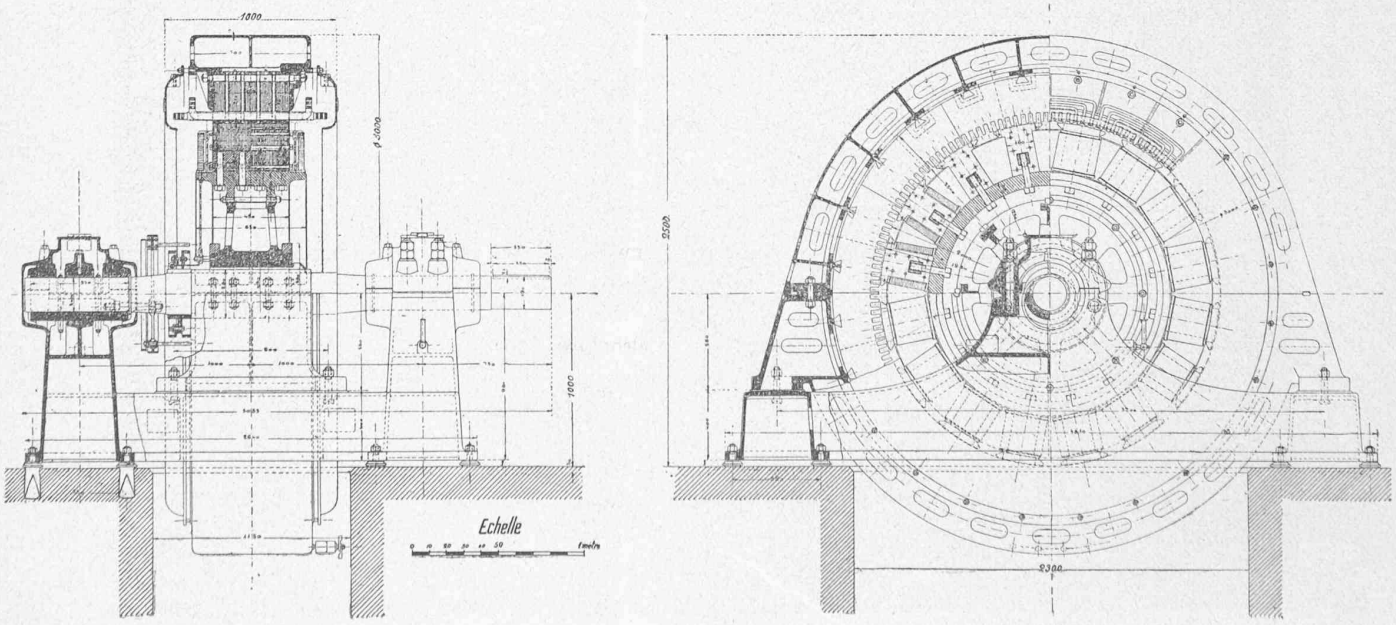

Fig. 29. — Elévation et coupes d'un alternateur.

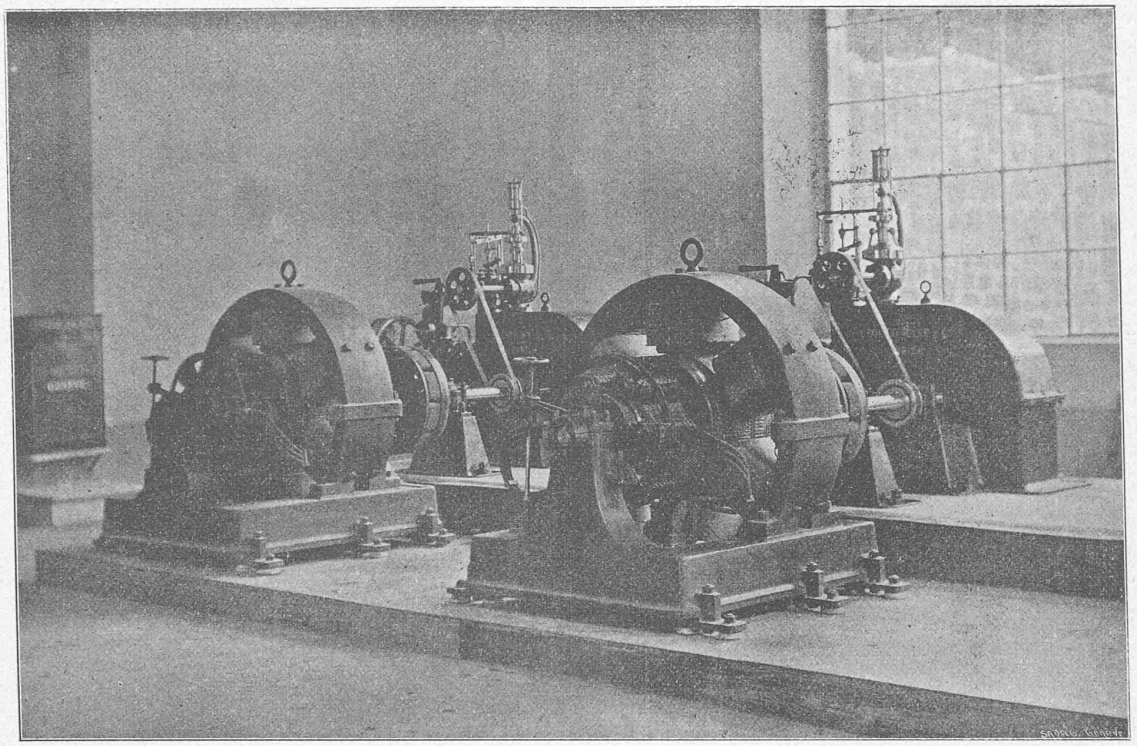

Fig. 30. — Groupes des excitatrices.

terrompue de 24 heures à pleine charge, sans que la température d'aucune de leurs parties ne dépasse de plus de 45° la température ambiante. Le rendement de ces machines est de 92 % à pleine charge.

(A suivre).

Alcool industriel.

Etat actuel de la question de son utilisation pour l'éclairage et la production de force motrice.

Par M. OCTAVE ROCHAT, ingénieur.

(Suite et fin) [1].

Carburation de l'air et combustion de l'alcool.

L'alcool s'enflamme à 17°, il bout à 78° et sa combustion peut se produire de deux manières différentes.

Lorsque l'air est en excès, on a la formule :

$$C^2 H^6 O + 6 O = 2 CO^2 + 3 H^2 O,$$

exprimant que la combustion est complète.

S'il est mesuré et à basse température, on aura plutôt la réaction :

$$C^2 H^6 O + O = C^2 H^4 O + H^2 O,$$

c'est-à-dire qu'il y a formation d'aldéhyde, laquelle à son tour se transforme en acide acétique, puis peut-être en éther.

Pour la production de force motrice, il y a donc un grand intérêt à brûler l'alcool en présence d'un excès d'oxygène, afin d'éviter la formation de corps plus ou moins corrosifs, tels que l'acide acétique, produit se retrouvant presque toujours dans les gaz de la combustion des moteurs actuels, souvent en très petites doses. Ceci porterait à croire qu'il y a constamment attaque de la soupape d'échappement. En cours de marche, il n'en est rien, mais, en temps d'arrêt, il peut se condenser un liquide acide qui attaquerait le métal. Il paraît indiqué, avant un repos prolongé surtout, de faire marcher le moteur quelques instants avec du pétrole ou de l'essence, afin d'expulser les vapeurs acides.

On a reproché, en outre, à l'alcool d'encrasser la soupape d'admission et même de la faire adhérer à son siège après refroidissement du moteur. D'expériences faites par M. Sorel, à Paris, sur les moteurs exposés en 1902, il ressort que ces reproches sont immérités ou très exagérés. Il est des soupapes qui, comme celles du moteur de la Société suisse pour la construction de machines à Winterthur, restèrent remarquablement propres. D'autres eurent quelque dépôt de noir de fumée et on put les attribuer à un défaut de vaporisation de l'alcool. Il est probable, en effet, que si l'alcool est simplement divisé en gouttelettes, celles qui se déposent sur la soupape surchauffée s'y décomposent, donnant naissance à des carbures plus ou moins riches en carbone.

Dans l'étude d'un moteur à gaz tonnant, et par suite dans celle du moteur à alcool, on doit porter une attention spéciale à la carburation de l'air, à la température des gaz carburés, ainsi qu'à la quantité d'air capable de produire une combustion complète.

Pour obtenir le meilleur effet possible, il convient de donner au mélange explosif la plus grande homogénéité, en

[1] Voir N° du 10 octobre 1904, page 353.