

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 35 (1909)  
**Heft:** 9

**Artikel:** L'usine hydro-électrique de Montcherand  
**Autor:** Schmutz, P. / Abrezol, V.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-27566>

#### 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:** 18.02.2026

**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.

RÉDACTION : Lausanne, 2, rue du Valentin, P. MANUEL, ingénieur, et Dr H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE : *L'Usine hydro-électrique de Montcherand* (suite), par MM. P. Schmutz et V. Abrezol, ingénieurs. — *Choix de la fréquence pour la traction par courant alternatif des chemins de fer suisses* : communications de la Commission suisse d'études pour la traction électrique. — Société vaudoise des ingénieurs et architectes : assemblée générale du samedi 3 avril 1909 ; rapport annuel du Comité. — Société fribourgeoise des ingénieurs et architectes : séances du 19 mars et du 2 avril 1909. — *Nécrologie* : Jean Imer. — Le nouveau fleximètre Borgeaud. — Concours pour une école primaire, à Chailly. — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne : demandes d'emploi.

## L'Usine hydro-électrique de Montcherand.

Par MM. P. SCHMUTZ et V. ABREZOL, ingénieurs.

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

Les turbines de 150 HP. actionnant les excitatrices sont du genre Pelton à injection partielle. Elles sont accouplées directement aux excitatrices par l'intermédiaire d'un manchon élastique et tournent à raison de 550 tours par minute (fig. 31). Elles sont pourvues du régulateur de vitesse représenté dans la figure 32 du même type que ceux installés avec les turbines de Ladernier. Nous rappelons en quelques mots le fonctionnement de ce régulateur :

Le distributeur *D* est muni d'une languette mobile *L*, augmentant ou diminuant l'ouverture *o*, suivant sa position. Cette languette est reliée au piston *E* mobile dans un cylindre dont la partie inférieure est en communication constante avec la conduite sous pression, tandis que l'eau est admise dans la partie supérieure par la soupape de réglage *S*.

On conçoit que l'énergie de l'eau arrivant dans l'injecteur tend constamment à soulever la languette *L* et, par conséquent, à ouvrir l'orifice *o*. Par contre, l'eau sous le piston *P* transmet à ce dernier une énergie supérieure et, par le jeu d'une articulation, abaisse la languette *L* en fermant l'orifice *o*.

Pour que la languette *L* puisse se soulever et ouvrir l'injecteur, il faut donc que la soupape *S* laisse pénétrer de l'eau sous pression au-dessus du piston, de façon à faire opposition à la pression agissant par dessous. La soupape *S* laisse-t-elle échapper de l'eau, le piston s'élève immédiatement dans le cylindre et ferme le distributeur.

Voir N° du 25 avril 1909, page 85.

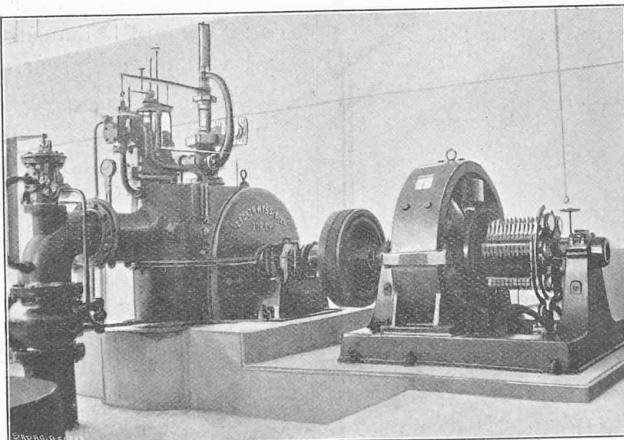


Fig. 31. — Turbine Pelton et excitatrice.

Quant à la position d'équilibre de la languette, elle a lieu lorsque la soupape ne laisse ni entrer ni échapper de l'eau de la partie supérieure du cylindre, le piston *P* étant de ce fait immobile.

Pour obtenir le réglage, il suffirait donc de relier par un dispositif approprié la soupape *S* au tachymètre *E*. Toutefois, afin de diminuer autant que possible le travail du tachymètre, la soupape *S* est constituée par un tiroir relié à un piston *p*, se mouvant très librement dans un cylindre et recevant par dessous de l'eau sous pression. Grâce au faible alésage de ce piston, cette eau passe au-dessus de ce dernier et s'échappe par la petite soupape *s*. Lorsque cette dernière se ferme, par suite d'un excès de vitesse de la turbine, l'énergie au-dessus du piston *p* est suffisante pour le faire descendre, ce qui a pour conséquence de laisser échapper de l'eau au-dessus le piston *P* et de fermer le distributeur. Lorsqu'elle s'ouvre, c'est l'effet contraire qui se produit : le piston *p* s'élève et laisse pénétrer de l'eau au-dessus du piston *P*, ce qui a pour effet d'ouvrir le distributeur.

Un frein à huile *f* combiné avec le tachymètre empêche les mouvements trop brusques de ce dernier. Quant au réglage à main, il est effectué au moyen du volant *m* agissant directement sur le distributeur.

L'eau utilisée pour le régulateur est préalablement débarrassée de ses impuretés dans un filtre-revolver *F*.

### Rendement et régularité des turbines.

Les rendements garantis par la maison Escher, Wyss & Cie sont les suivants :

Turbines de 2000 HP. :

à pleine charge, 78 % ;

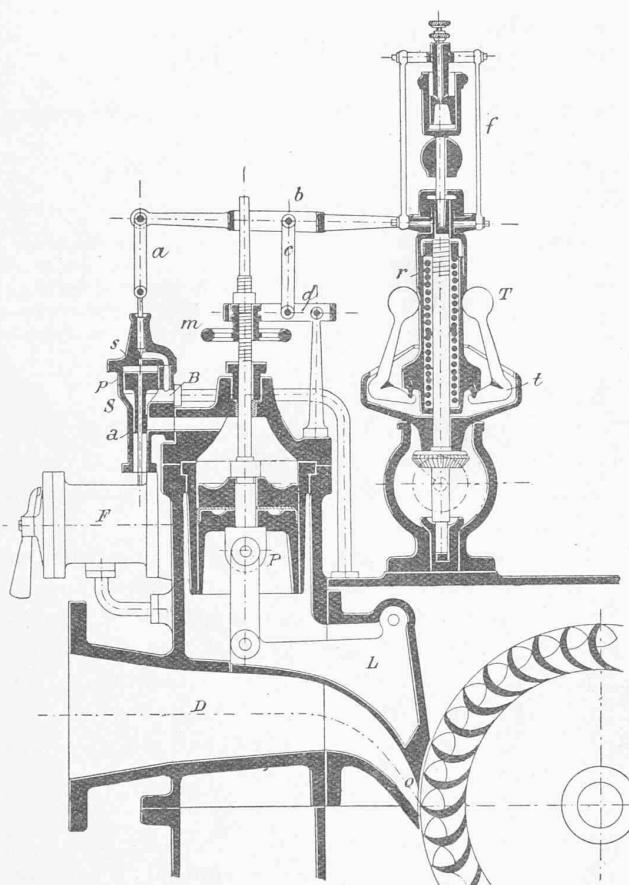


Fig. 32. — Régulateur de vitesse de la turbine Pelton.

à  $\frac{3}{4}$  de charge, 77 % ;  
à  $\frac{1}{2}$  charge, 75 %.

Turbines de 150 HP. :

à pleine charge, 75 % ;  
à  $\frac{3}{4}$  de charge, 73 % ;  
à  $\frac{1}{2}$  charge, 70 %.

Ces turbines peuvent en outre développer, à la vitesse normale, une puissance de 10 % supérieure à la puissance normale.

Il y a lieu de remarquer que la disposition de l'usine rendant extrêmement difficiles les jaugeages d'eau, ces rendements n'ont pas encore pu être vérifiés.

En ce qui concerne la régularité des turbines, le cahier des charges prescrit que les variations de vitesse en plus ou en moins de la vitesse moyenne des turbines ne doivent pas atteindre 1 % de la vitesse normale; d'autre part ces variations ne doivent pas dépasser :

4 % lorsqu'on fait brusquement varier la puissance de 25 % ;

8 % lorsqu'on fait brusquement varier la puissance de 50 % ;

20 % lorsque la turbine est subitement déchargée du maximum à zéro.

D'autre part, lorsque les turbines marchant en plein débit, sont arrêtées instantanément, les régulateurs doivent

fermer en cinq secondes, la pression dynamique devant pas augmenter de plus de 12 % aux turbines.

Ces diverses conditions ont été trouvées réalisées lors des essais de réception effectués à l'usine de Montcherand.

#### Installation électrique de l'usine.

**Alternateurs.** — Les quatre alternateurs de l'usine, fournis par les Ateliers de construction Oerlikon, sont du type à induit fixe et à inducteur à pôles mobiles (fig. 33). Ils sont construits pour pouvoir absorber chacun une puissance normale de 2000 HP. effectifs à la vitesse de 375 tours par minute. Trois de ces alternateurs sont bobinés de façon à produire soit du courant triphasé pour la force motrice avec décalage correspondant à  $\cos. \varphi = 0,75$  pendant 24 heures consécutives, soit du courant monophasé pour l'éclairage avec décalage correspondant à un  $\cos. \varphi$  voisin de 1 pendant quatre heures consécutives. Le quatrième alternateur, par contre, destiné à desservir l'usine de la Société Vaudoise d'Electro-chimie, à Chavornay, produit uniquement du courant monophasé ; il sera toutefois aisé, si le besoin s'en fait sentir ultérieurement, de bobiner la troisième phase nécessaire pour la production du courant triphasé.

La tension normale du courant, soit monophasé, soit triphasé, est de 13500 volts et sa fréquence de 50 périodes par seconde.

Le diamètre intérieur de l'induit des alternateurs est de 2000 mm., le diamètre extérieur de l'inducteur étant de 1985 mm., ce qui correspond à un entrefer de 7,5 mm.

Le nombre des pôles inducteurs est de 16, correspondant à la fréquence de 50 périodes et à la vitesse de 6,25 tours par seconde. Les pôles sont composés de plusieurs paquets de tôles étampées, de profils différents et assemblées de façon à ce que les arêtes des pièces polaires soient découpées en forme d'escalier et biaisées par rapport à l'axe de l'inducteur. Cette disposition oblique des pôles a pour effet de supprimer la majeure partie des harmoniques qui se produisent lors du passage des pôles devant les encoches de l'induit, harmoniques qui déforment l'allure sinusoïdale de la force électromotrice et peuvent donner lieu à des surtensions dangereuses en entrant en résonnance avec les oscillations créées par la selfinduction et la capacité du réseau, spécialement lors de brusques changements de régime. En effet, les pièces polaires étant obliques, dans chaque position de l'inducteur, elles se trouvent en regard des mêmes surfaces d'encoches, le flux n'étant ainsi plus soumis aux fluctuations qui sans cela résultent de la variation de surfaces dentées couvertes et, par suite, de la réluctance de l'entrefer.

Les arêtes des pôles doivent naturellement présenter une découpe aussi fine que possible, de façon à se rapprocher sensiblement de la ligne droite.

La courbe représentative de la force électromotrice des alternateurs de l'usine de Montcherand, relevée à l'oscillographe, lors de la réception de ces derniers dans les

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE MONTCHERAND

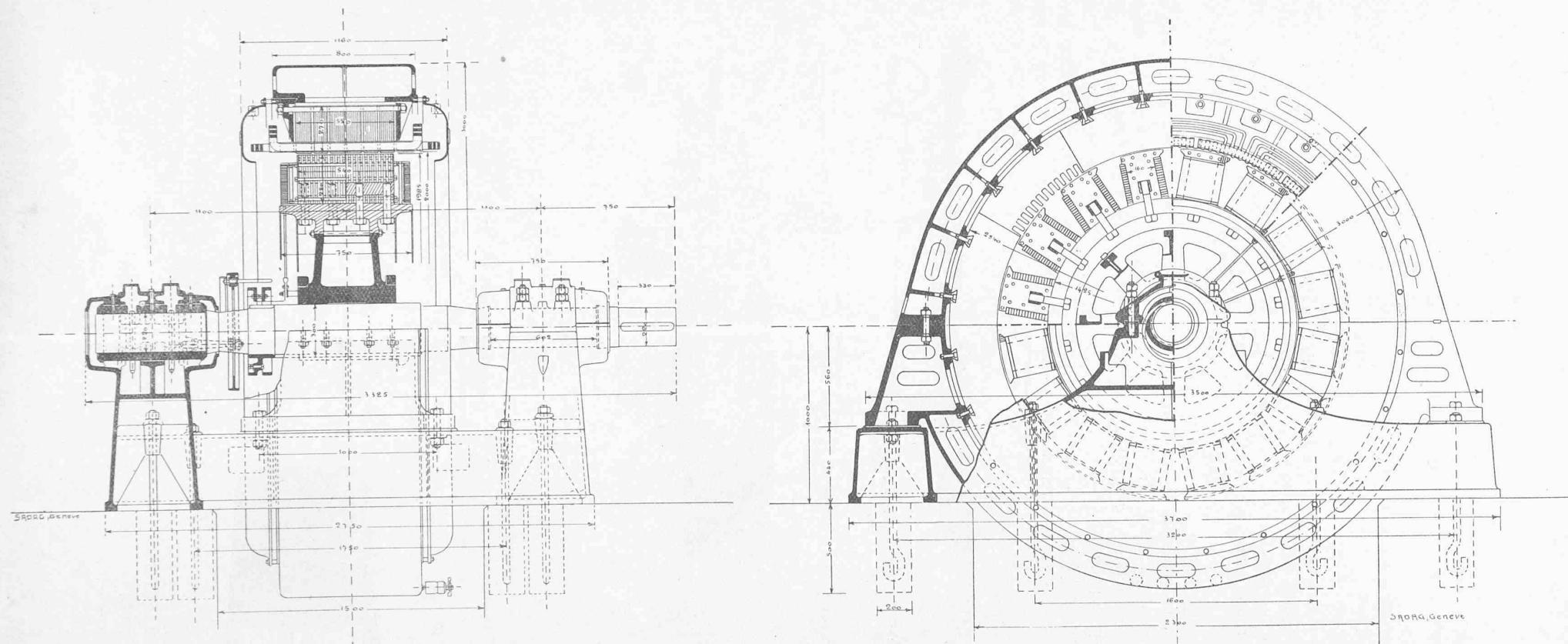


Fig. 33. — Elévation et coupes d'un alternateur de 2000 chevaux. — Echelle 1 : 30.

Ateliers de construction Oerlikon, n'accuse aucune irrégularité appréciable et se rapproche assez bien de la sinusoïde.

On a utilisé pour les bobines inductrices un ruban de cuivre de  $2,4 \times 3,5$  mm. =  $8,4$  mm<sup>2</sup>. de section. Quant à l'induit, il est composé de 72 bobines logées dans 144 encoches de  $24 \times 62$  mm. et dont le remplacement en cas d'avarie peut être effectué très rapidement. Ces bobines ont été formées non plus de fils isolés comme pour les alternateurs de Ladernier, mais de rubans de cuivre de  $3,8 \times 4,4$  mm.

Ainsi que l'on peut facilement s'en rendre compte par les figures 34 et 35, ce genre de bobines présente sur l'autre système les avantages suivants :

1<sup>o</sup> Avec des rubans de cuivre on peut mieux utiliser l'espace dont on dispose pour l'enroulement.

2<sup>o</sup> Les rubans reposant à plat les uns sur les autres, il est facile d'intercaler entre les diverses spires un isolant durable.

3<sup>o</sup> Entre les conducteurs voisins, il n'y a que la différence de potentiel d'une seule spire, ce qui est important surtout pour les bobines d'entrée des différentes phases dans la machine, ces bobines étant exposées à absorber fréquemment des surtensions considérables.

4<sup>o</sup> Les spires étant appliquées les unes sur les autres, l'air ne peut pénétrer dans les bobines et provoquer, en se décomposant sous l'action des effluves, la destruction progressive des isolants.

Dans le but de chasser l'air, toute la bobine peut d'ailleurs être enduite d'une matière isolante à la façon d'un câble.

5<sup>o</sup> Les spires de cuivre étant façonnées avant qu'on ne leur applique l'isolation, cette dernière ne risque pas d'être affaiblie aux angles, ainsi que c'est souvent le cas lorsqu'on courbe les bobines après coup.

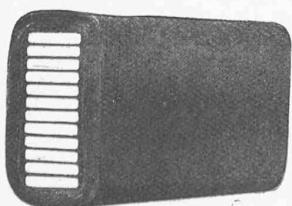


Fig. 35. — Coupe à travers une bobine d'induit d'alternateur.

6<sup>o</sup> La réparation d'une bobine avariée peut s'effectuer facilement, puisqu'il suffit d'écartier les spires pour réfectionner l'isolation détériorée.

Les garanties principales fournies par les constructeurs étaient :

Rendement d'un alternateur : 94 % comme générateur triphasé en pleine charge pour  $\cos. \varphi = 0,75$  et 92 % comme générateur monophasé en pleine charge pour  $\cos. \varphi = 1$ .

Chute de tension entre marche à vide et marche en pleine charge à tension normale :

en triphasé 18 % pour décalage correspondant à  $\cos. \varphi = 0,75$  ;

en monophasé 6 % pour décalage correspondant à  $\cos. \varphi = 1$ .

Isolement entre les diverses parties de la machine suffisant pour supporter une tension double de la tension normale, soit 27 000 volts pendant 10 minutes.

Echauffement maximum : 60 degrés maximum au-dessus de la température ambiante après 24 heures de marche en pleine charge en triphasé et 4 heures de marche consécutives en pleine charge en monophasé.

Lors des essais de réception de ces alternateurs, effectués dans les ateliers d'Oerlikon, on constata (fig. 36) :

Un rendement de 94,2 % en triphasé, pleine charge,  $\cos. \varphi = 0,75$  ;

un rendement de 94,8 % en monophasé, pleine charge,  $\cos. \varphi = 1$  ;

une chute de tension de 12,6 % en triphasé,  $\cos. \varphi = 0,75$ ,

et une chute de tension de 3,6 % en monophasé  $\cos. \varphi = 1$  ;

un isolement parfait de toutes les parties sous la

tension de 27 000 volts ;

un échauffement du fer induit de 38 degrés au-dessus de la température ambiante après quatre heures consécutives de marche en charge triphasée, avec augmentation de un dixième de degré environ la dernière demi-heure, ce qui permet de conclure à un échauffement ne dépassant pas 45° après 24 heures de marche.

Les alternateurs répondent donc de toute façon aux conditions imposées par le cahier des charges.

**Excitatrices.** — Elles sont du type Oerlikon à axe horizontal et directement accouplées aux turbines qui les entraînent. Ces machines peuvent absorber une puissance de 150 HP. à la vitesse de 550 tours par minute et fournissent un courant correspondant sous une tension de 125 volts. Toutefois, cette tension peut être poussée suffisamment pour obtenir éventuellement la tension exceptionnelle de 15 000 volts des alternateurs.

L'inducteur comprend six pôles alésés suivant un dia-

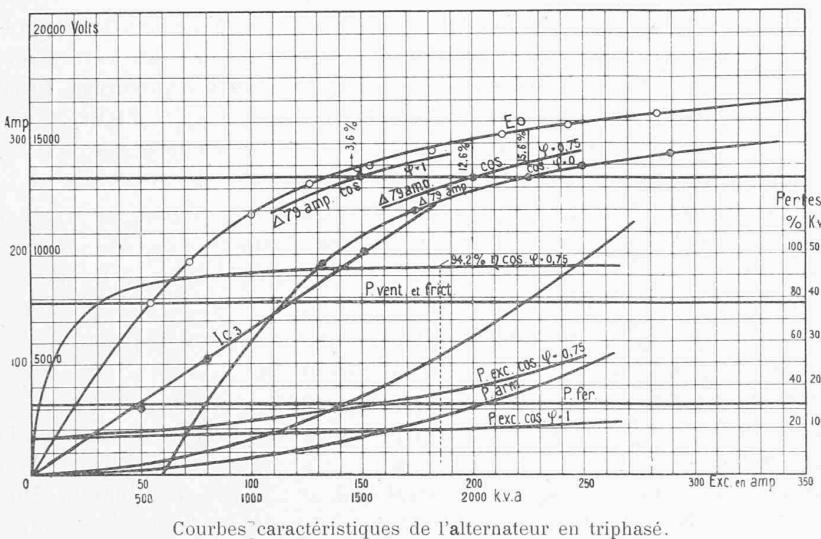


Fig. 35. — Courbes caractéristiques de l'alternateur en triphasé.

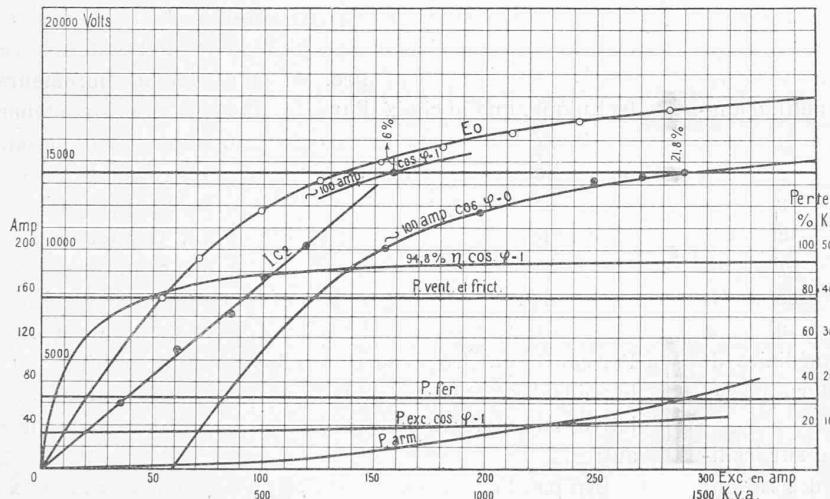


Fig. 36. — Courbes caractéristiques de l'alternateur en monophasé.

LÉGENDE : Eo = Caractéristiques pour marche à vide. — Ic<sub>3</sub> et Ic<sub>2</sub> = Courbes de court-circuit. — η = Rendements industriels. — P. vent. et frict. = Pertes par ventilation et friction. — P. Fer = Pertes par hystérésis et courants de Foucault. — P. exc. = Pertes pour l'excitation. — P. arm. = Pertes dans l'armature par effet Joule.

mètre de 61,2 mm. et portant chacun 510 spires de fil de cuivre isolé de 3,8 mm. de diamètre. L'induit a une longueur de 250 mm. et un diamètre de 600 mm., l'en-trefer étant ainsi de 6 mm. L'enroulement est composé de 264 fils de 12 × 3,2 mm., logés dans 66 rainures à raison de quatre par rainure. Quant au collecteur, il comprend 132 lamelles. Le courant est récolté au moyen de six séries de balais avec un total de 72 blocs de charbon.

Une seule de ces excitatrices peut suffire à l'excitation de trois alternateurs de 2000 HP. marchant simultanément en pleine charge, et cela pendant 24 heures consécutives, sans échauffement anormal.

D'autre part, le circuit d'excitation dessert les relais de tous les déclancheurs automatiques et peut, en cas de réparation des alternateurs, alimenter une partie du réseau d'éclairage de l'usine.

Le rendement des excitatrices est de 92 % à pleine charge.  
(A suivre).

### Communications de la Commission suisse d'études pour la traction électrique des chemins de fer.

Rédigées par M. le Secrétaire général  
Prof.-Dr WYSSLING.

#### N° 3.

### Choix de la fréquence pour la traction par courant alternatif des chemins de fer suisses.

D'après les travaux de plusieurs membres et collaborateurs de la Commission  
par M. le Dr W. KUMMER.

Les projets d'installation et d'exploitation que la Commission suisse d'études élaborée en vue de la traction électrique future des chemins de fer ont été établis, en ce qui concerne la fréquence, dans le cas de la traction par courant alternatif, en plusieurs variantes, sur les bases suivantes : 15 et 25 périodes pour le courant monophasé ; 15 périodes et 40 à 50 périodes pour le courant triphasé. S'il est très naturel qu'on envisage les chiffres de 40, 42 et 50 périodes par seconde qui sont les fréquences adoptées couramment par les installations suisses pour la distribution générale d'énergie sous forme de courant triphasé, la prise en considération d'une fréquence bien déterminée et en outre très basse ne s'impose pas à première vue et il y a lieu de la justifier. C'est justement afin de pouvoir arrêter définitivement *le choix d'une fréquence déterminée* que des valeurs différentes et relativement éloignées de la fréquence

ont été prises pour bases des différentes variantes des projets de construction et d'exploitation à élaborer : la comparaison des frais d'installation ressortissant à chaque variante du projet établie en adoptant un nombre déterminé de périodes par seconde constituait un excellent critère pour la fixation de la fréquence la plus favorable.

La préparation de ces projets est actuellement assez avancée pour qu'il soit possible de discuter à fond la question de la fréquence à adopter pour la traction par courant alternatif et, notamment, par courant monophasé.

L'objet de la présente « Communication » est précisément de résumer les principaux faits de cette discussion et d'en présenter les conclusions, d'où résulte l'adoption d'une fréquence déterminée admise comme norme.

\* \* \*

Les considérations déterminantes pour le choix de la fréquence peuvent être divisées en trois groupes : considé-