

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 42 (1916)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914  
**Autor:** Neeser, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-32343>

### **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:** 22.01.2025

**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

RÉDACTION : Lausanne, 2, rue du Valentin : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE : *Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914*, par R. Neeser, ingénieur (suite). — *Lignes en croix de la poutre continue*, par M. A. Paris, ingénieur. — *Concours international d'idées pour un plan d'extension de la ville et des faubourgs de Zurich*. — *Les chemins de fer français en 1914*. — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes*. — *Liste des imprimés édités par la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes*.

## Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de Berne, en 1914.

par R. NEESER, ingénieur, professeur à l'École d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

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

### Stand de la maison Piccard Pictet & C<sup>ie</sup>, à Genève.

#### 3<sup>o</sup> Turbine Francis pour la ville de Neuchâtel.

Cette turbine a été exécutée pour les Services Industriels de la Ville de Neuchâtel, Usine du Chanet. Ses données constructives sont :  $H = 69$  m.,  $N = 1350$  HP,  $n = 750$  t/min.

La figure 27 en donne les deux coupes principales. Il s'agit ici d'ailleurs d'un type tout à fait normal, avec bâche en spirale en fonte, munie d'entretoises fondues, disposées dans le sens du courant et renforcées par des boulons d'acier suffisant à eux seuls à supporter tout l'effort provenant de la pression d'eau.

La roue motrice, de 650 mm. de diamètre extérieur sur 115 mm. de largeur, est disposée en porte-à-faux à l'extrémité du bout d'arbre appartenant à la turbine et relié par un plateau venu de forge, à l'arbre de l'alternateur. Le groupe turbine-alternateur ne possède, en tout, que deux paliers, dont un, celui qui est le plus voisin de la turbine, sert de palier de butée. Cette disposition réalise évidemment le plus petit encombrement axial possible. Un tuyau de communication, entre le fond de la turbine et le tube d'aspiration, réduit à une mesure parfaitement acceptable la poussée axiale transmise au palier de butée.

Le distributeur est à aubes pivotantes, en fonte d'acier, commandées extérieurement par un dispositif de vannage élastique exécuté par la maison *Piccard, Pictet & C<sup>ie</sup>*, depuis 1903 déjà.

Chaque aube est reliée au cercle de vannage par l'intermédiaire d'un ressort de compression qui n'agit que dans le sens de fermeture. Ce ressort cède lorsqu'un corps étranger vient à s'introduire fortuitement dans la turbine et reste pincé entre deux aubes; il prévient ainsi la rup-

ture d'un des organes intéressés, sans cependant empêcher la fermeture du reste du distributeur.

À l'ouverture, les aubes ne sont plus entraînées par les ressorts, mais directement dans le cercle de vannage lui-même.

Cette commande élastique a été décrite assez souvent pour que nous puissions nous dispenser de donner d'autres détails. (Voir, en particulier, le *Bulletin technique* du 25 juin 1911).

Tout le mécanisme de commande est visible de l'extérieur, facilement accessible et graissable pendant la marche.

Ajoutons encore que les parois du distributeur sont munies de blindages rapportés servant de pièces d'usure.

Un régulateur normal, à huile sous pression, de 300 kg. m d'énergie, commande tout le système de réglage.

#### 4<sup>o</sup> Turbine Francis double pour l'usine de Kallnach.

$H = 19,35$  à  $22,70$  m.,  $N = 2500$  HP (sous 20 m. de chute),  $n = 300$  t/min.

Ces chiffres font voir que le nombre de tours spécifique par roue est de  $n_s = 268$ .

L'usine de Kallnach, actuellement en pleine exploitation, comprend six groupes semblables alimentés par trois conduites de 3 m. de diamètre.

Cette turbine qui, avant d'être exposée à Berne, avait déjà fourni un service régulier de plusieurs mois dans l'usine construite par les *Bernische Kraftwerke A. G.*, à Kallnach sur l'Aar, figurait sur le stand d'exposition de la *S. A. Brown, Boveri & C<sup>ie</sup>* avec l'alternateur qu'elle entraîne.

Elle est du type Francis double, à deux roues séparées (fig. 28), avec distributeurs et bâches indépendants et canal d'évacuation commun. Les bâches sont en tôle, en forme de spirale, à section rectangulaire; les faces latérales, planes, sont renforcées par des fers profilés rivés. Une couronne, en acier moulé, fait le passage de la bâche au distributeur et sert en même temps d'entretoises.

Le distributeur possède 16 aubes pivotantes en acier moulé, commandées extérieurement par leviers, bielles et cercle de vannage, mais sans ressorts de compression.

Les deux roues, de 1050 mm. de diamètre d'entrée et 350 mm. de largeur, sont en fonte. Le tube d'aspiration,

<sup>1</sup> Voir N° du 10 janvier 1915, page 5.

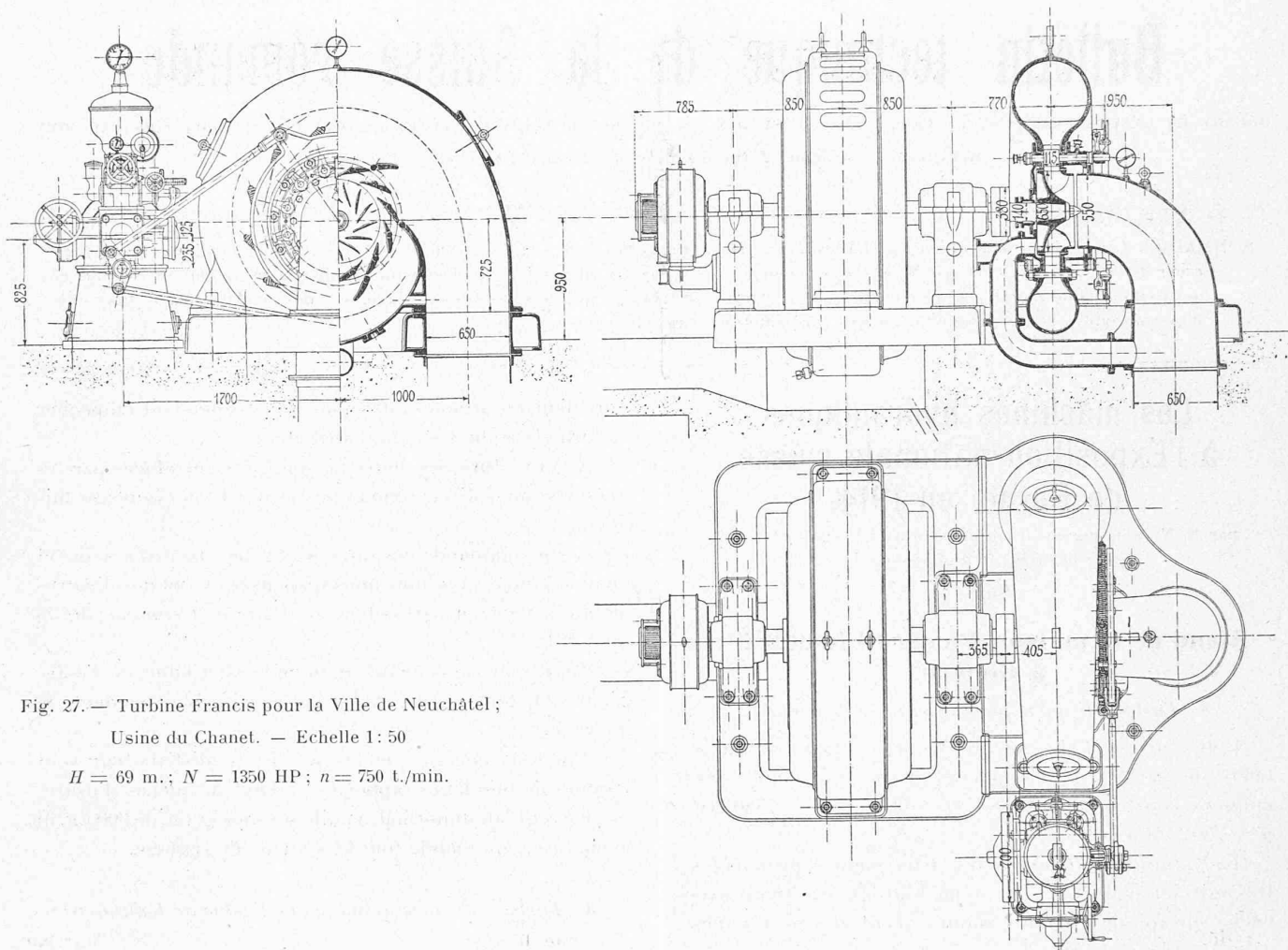


Fig. 27. — Turbine Francis pour la Ville de Neuchâtel ;

Usine du Chanet. — Echelle 1 : 50

$H = 69$  m. ;  $N = 1350$  HP ;  $n = 750$  t./min.

blindé à sa partie supérieure, se termine par un aspirateur en béton.

Le groupe complet est à trois paliers ; le palier extérieur de la turbine de 180 mm. de diamètre, muni de trois bagues de graissage, sert en même temps de palier de butée.

Un régulateur automatique, sans orifice compensateur (le temps de fermeture a été choisi suffisamment grand pour que le coup de bélier dans la conduite ne présente aucun inconvénient), commande l'arbre de réglage des deux distributeurs.

#### 5° Régulateurs.

Sur son stand, la maison *Piccard, Pictet & C<sup>ie</sup>* avait exposé :

1° Un régulateur normal de 300 kg. m pour Neuchâtel (fig. 15, au premier plan, à gauche).

2° Un régulateur normal de 500 kg. m (fig. 15, au premier plan, à droite).

3° Le régulateur à double action de la turbine de Fully, dont nous avons déjà parlé et dont l'énergie est de 300 kg. m

4° Le régulateur à double action de la turbine de Rjukan, de 750 kg. m d'énergie, dont le principe a été également exposé plus haut.

Enfin, sur le stand de la *S. A. Brown, Boveri & C<sup>ie</sup>*, le régulateur des turbines de Kallnach.

Tous ces régulateurs sont à huile sous pression ; certains organes essentiels leur sont communs ; c'est le cas, en particulier, pour l'ensemble constitué par le tachymètre à force centrifuge, le tiroir de distribution, le dispositif d'asservissement et les organes de manœuvre du régulateur. Les constructeurs ont réuni tous ces éléments et les ont groupés de façon à ce qu'ils forment un tout, la « colonne du régulateur », susceptible de s'adapter sur n'importe quel type de servo-moteur. C'est donc, à quelques détails de l'équipement et à la grandeur près, la même « colonne » qui commande tous les régulateurs exposés, même ceux à double action des turbines de Fully et Rjukan.

Nous allons nous servir du schéma de réglage de la turbine de Neuchâtel (fig. 29) pour exposer les principes essentiels du fonctionnement de cette colonne, ainsi que celui du régulateur, type normal.

a) *Pompe à huile.* Les régulateurs *Piccard, Pictet & C<sup>ie</sup>*, type 1913, sont tous munis d'une pompe rotative, à pistons multiples, dépourvue de toute espèce de soupape ou clapet. Cette pompe se compose d'un distributeur central fixe, de forme conique 1 (fig. 29), portant les canaux et lumières d'aspiration et de refoulement ; ce cône sert de support à

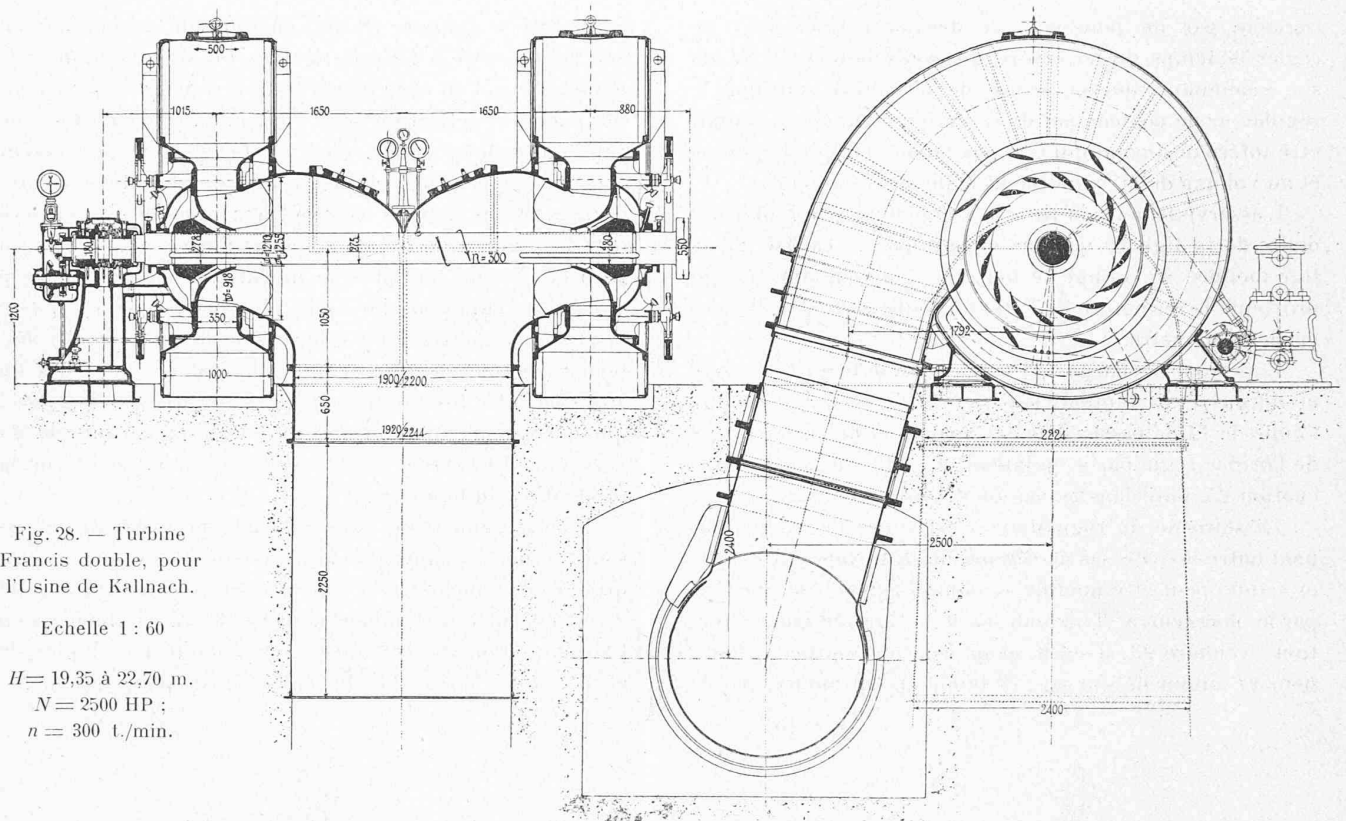


Fig. 28. — Turbine Francis double, pour l'Usine de Kallnach.

Echelle 1 : 60

$H = 19,35$  à  $22,70$  m.

$N = 2500$  HP ;

$n = 300$  t./min.

un disque mobile 2, qui porte, disposés en étoile, les cylindres de la pompe et dont l'axe de rotation coïncide avec celui du cône. Ce disque est entraîné, au moyen de petites bielles qui ne figurent pas au schéma, par un carter 3, dont l'axe de rotation est excentré par rapport à l'axe commun du cône 1 et du disque 2. Ce carter porte, sur sa périphérie intérieure, les surfaces planes sur lesquelles viennent s'appuyer et glisser les pieds des pistons ajustés à frottement doux dans les cylindres. Le carter 3 est entraîné soit par courroie, soit par engrenage; il peut également être accouplé directement à l'arbre de la turbine (Fully, Rjukan) au moyen d'un appareil d'embrayage à sabots placé dans le bout d'arbre de la turbine.

Le groupe pompe, ainsi constitué, présente toute sécurité d'exploitation, puisque les organes délicats tels que soupapes ou clapets font totalement défaut et que, en outre, toutes les surfaces où il y a frottement sont abondamment lubrifiées par l'huile en circulation.

La pression de régime de ces pompes est de 15 atmosphères; elle peut, sans inconvénient, être poussée à 20 atmosphères.

b) *La colonne du tachymètre.* Le régulateur est commandé par un tachymètre à force centrifuge 4, d'une construction tout à fait originale et dont le principe a été adopté par la maison *Piccard, Piclet & Cie*, depuis de nombreuses années. Les masses centrifuges sont suspendues au carter par des lames élastiques d'acier de quelques dixièmes de m/m d'épaisseur; il n'y a donc, dans tout le tachymètre, ni tourillon, ni charnière, si bien que cet appareil est d'une sensibilité extraordinaire. Le mouvement des

masses centrifuges est transmis, toujours par lames élastiques, à une cloche 5 à laquelle sont attachés le ressort de traction ainsi que la suspension à cardans du tiroir de distribution 6. Ce dernier tourne donc à la même vitesse que le tachymètre; il exécute, par rapport au fourreau d'asservissement 7, et lorsqu'il est sollicité à se déplacer parallèlement à son axe, un mouvement hélicoïdal, dit « mouvement louvoyant » qui, comme chacun le sait, n'oppose au tachymètre que des résistances passives excessivement réduites.

Cette suspension directe du tiroir sous le tachymètre réduit, en outre, au minimum le nombre des articulations nécessaires à relier ces deux éléments.

Ces remarques faites, il va nous être facile d'exposer le fonctionnement du régulateur; nous allons le faire en supposant une décharge de l'alternateur actionné par la turbine.

Dans cette hypothèse le tiroir 6, étant soulevé, découvre la lumière correspondant à l'arête de distribution 9 par laquelle l'huile débitée par la pompe 1 dans le canal 8 peut passer pour atteindre, par le canal 10, la grande face 11 du piston différentiel du servo-moteur. L'excédent d'effort qui agit alors sur cette face 11 détermine un mouvement du piston qui, par l'intermédiaire du levier 15 claveté sur l'arbre de réglage, des bielles 16 et du cercle de vannage 17, provoque la fermeture des aubes mobiles 18 du distributeur.

Ce mouvement de fermeture du piston oblige l'huile de l'espace 12 à passer du canal 13 à la conduite de refoulement 8 de la pompe, en traversant une ouverture 14

réglable par un pointeau; ce dernier permet donc de régler le temps de fermeture du servo-moteur; il va de soi, néanmoins, que ce temps de fermeture, puisque le régulateur ne possède pas de réservoir d'huile, ne saurait être inférieur à celui qui correspond au débit de la pompe et au volume de la cylindrée utile du servo-moteur.

L'asservissement du tiroir 6 est obtenu par l'intermédiaire de la tige 19 qui, actionnant par le cardan 22 la tige inclinée 23, oblige le fourreau 7 à remonter, ce qui provoque la fermeture de l'arête 9 soulevée tout à l'heure par le tachymètre.

Lors d'une décharge de l'alternateur, le tiroir 6 descend et découvre la lumière supérieure 9', ce qui permet à l'huile de 11 de passer dans le canal 24 et de là, au travers de l'orifice réglé par le pointeau 26, dans le canal d'évacuation 25, puis dans le caisson 27 du régulateur.

Le statisme du régulateur (c'est-à-dire l'écart permanent entre les vitesses de régime de la turbine en charge et à vide) peut être modifié à volonté, pendant la marche, par le changement d'inclinaison de la tige oblique, à section circulaire 23; il suffit, pour cela, de tourner le tambour 21 autour de son axe; ce tambour entraînera, par le

cardan 22, le cylindre 28 qui, en tournant autour de son axe, fera décrire à l'axe de la tige oblique 23 toutes les génératrices d'un cône de révolution. Lorsque, par exemple, l'axe de cette tige sera horizontal, le fourreau 7 ne subira plus aucun déplacement quel que soit le mouvement exécuté par le piston du servo-moteur; la vitesse de régime, à toutes charges, sera la même; le régulateur sera dit « isodrome ». Si la tige 23 est inclinée vers le bas, on réalisera même un statisme négatif; c'est-à-dire que la vitesse de régime, à vide, sera plus petite que la vitesse de régime en charge. Il va de soi que la rotation du tambour 21 permet de réaliser toutes les valeurs possibles du statisme entre les limites extrêmes, positive et négative, qui correspondent aux plus grandes inclinaisons de 23 vers le haut et vers le bas. Le statisme choisi se lit sur la graduation du tambour 21.

Le changement de vitesse du groupe s'obtient en faisant tourner, au moyen de la manivelle 30, le fourreau 29 qui sert de guidage à la tige d'asservissement. L'axe de 29 est excentré par rapport à l'axe de 28, si bien qu'en tournant 29 on abaisse ou relève à volonté le cylindre 28 et, par suite, la tige 23. On réalise ainsi, pour une même

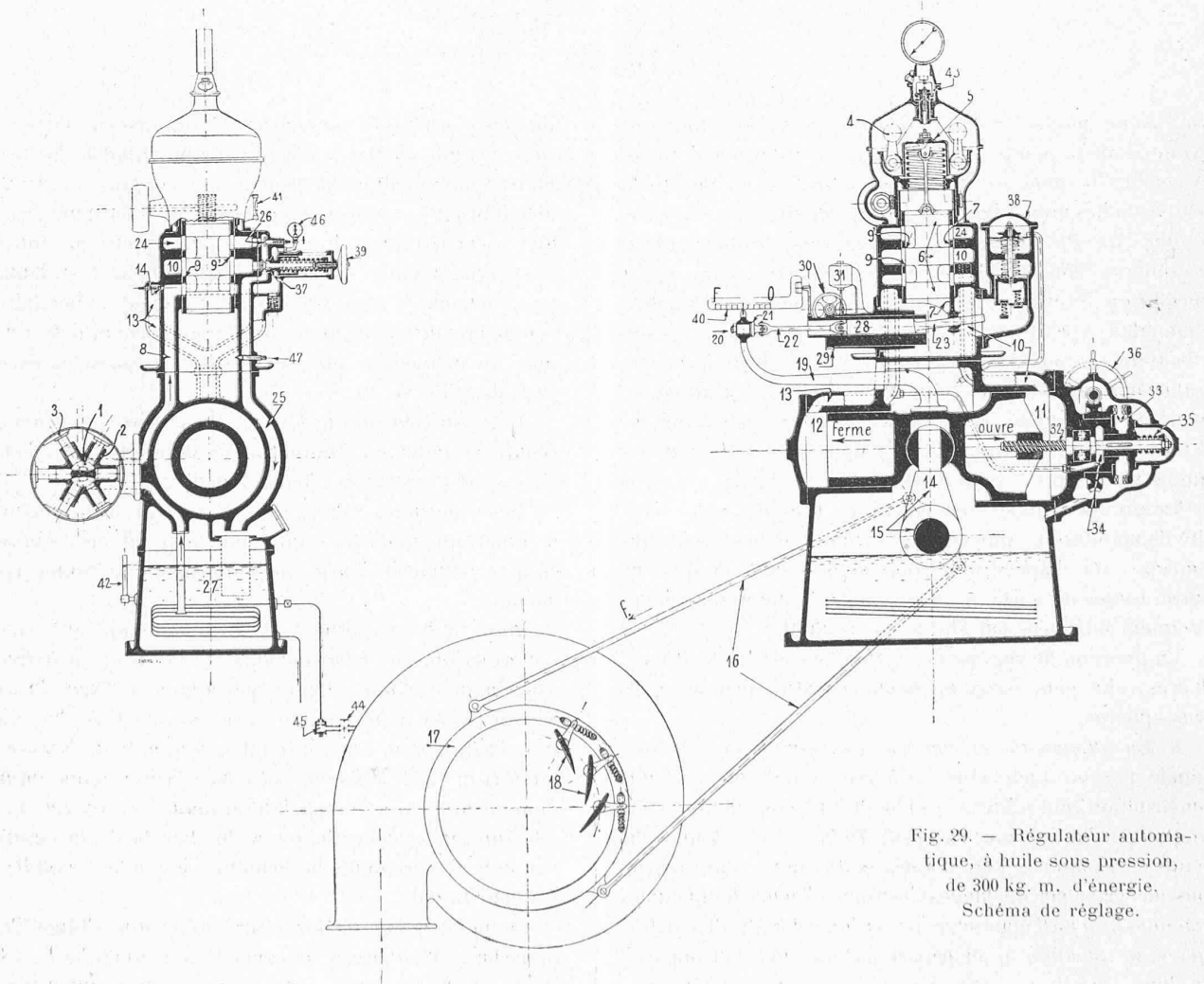


Fig. 29. — Régulateur automatique, à huile sous pression, de 300 kg. m. d'énergie. Schéma de réglage.

position du servo-moteur, c'est-à-dire pour une même charge de la turbine, des positions de régime différentes du fourreau 7, du tiroir 6 et, par suite, du tachymètre 4. On arrive, par là, à pouvoir utiliser, pour une même course du servo-moteur, des régions différentes de la course du tachymètre; comme celui-ci possède un statisme total considérable, on réussit, de cette façon, à faire varier la vitesse de régime entre d'assez larges limites, sans le secours de ressorts additionnels. La manœuvre de ce dispositif de changement de vitesse peut être provoquée depuis le tableau de distribution de l'usine; il suffit de faire intervenir, au lieu du volant 20, le mouvement du petit moteur électrique 31 agissant sur le fourreau 29.

Le réglage à main présente également quelques particularités dignes d'être signalées.

Les déplacements du piston différentiel du servo-moteur provoquent, grâce au filetage à pas multiple 32, une rotation de la tige 32 autour de son axe. Cette rotation est possible tant que l'embrayage à dents 33 est débrayé, c'est-à-dire tant que, dans l'espace 34, relié à la conduite 13, règne la pression normale de refoulement de la pompe. Si la pression de refoulement de la pompe baisse en-dessous d'une certaine valeur, soit accidentellement, soit à la suite de l'ouverture de la soupape de décharge 37, le ressort 35 provoque immédiatement l'enclenchement de l'embrayage 33. A partir de ce moment le distributeur est bloqué dans la position qu'il occupait au moment de l'enclenchement de 33; par contre, le réglage à main est embrayé; il suffit d'agir sur le volant 36 pour ouvrir ou fermer la turbine.

Ce régulateur peut encore être muni d'un appareil limiteur d'ouverture (ou de puissance) de la turbine, au moyen duquel il est possible de limiter d'avance la puissance maximum que la turbine doit fournir; ce même dispositif permet de fermer rapidement la turbine.

Enfin, un frein à huile ou dashpot, 38, à action réglable, dont le piston est suspendu élastiquement et porte un jeu de soupapes convenablement disposées, exerce sur les mouvements du distributeur son effet d'amortisseur, effet suffisamment connu pour qu'il nous paraisse superflu d'insister plus longuement.

Voici, pour terminer, le texte des instructions accompagnant ce schéma, tel que la maison *Piccard, Piclet & C<sup>ie</sup>* a bien voulu nous le communiquer.

*Les turbines sont pourvues des dispositifs de réglage suivants :*

a) Réglage à la main direct.

b) Réglage automatique par le tachymètre.

a) *Réglage à la main direct.* Celui-ci agit directement par le volant 36 sur l'arbre 15, qui actionne le cercle 17 des aubes 18 par les deux tringles 16 et par l'intermédiaire de la roue à vis sans fin 31, de la vis 32 et du levier 14.

Ce réglage est mis en action par l'embrayage du manchon à dents 33 de la roue 31, lorsque la soupape de décharge 37 est ouverte.

b) *Réglage automatique par le tachymètre.* La turbine étant en marche, ce réglage entre en action dès que le

réglage à main direct est débrayé, c'est-à-dire que l'on a mis la pression d'huile en tournant le volant 39 de la soupape de décharge et de sûreté.

La vitesse de régime peut alors, pendant la marche, être modifiée à la main, en tournant le volant 30 du changement de vitesse ou, du tableau, par le moteur 31.

Le statisme (différence de vitesse entre la marche à vide et la pleine charge) peut aussi être modifié, pendant la marche, en tournant la tige d'asservissement 21, puis en l'arrêtant, dans la nouvelle position, par le serrage de l'écrou 20.

*Mise en marche normale de la turbine.* Avant d'ouvrir la vanne-tiroir de la conduite d'amenée de la turbine, s'assurer :

1° Que le vannage est fermé, ce qui est indiqué par l'aiguille de l'indicateur d'ouverture 40.

2° Regarder aux niveaux 41, 42 s'il y a suffisamment d'huile dans la boîte à engrenages de la commande du tachymètre et dans le réservoir 27 de la pompe à huile; idem dans la boîte 43 du pivot du tachymètre 4, puis ouvrir le robinet d'eau de refroidissement d'huile 44.

Si tout cela est en ordre, la turbine peut être mise en marche.

Ouvrir, toute grande, la vanne-tiroir de la turbine.

Ouvrir, ensuite, le vannage avec le volant 36 du réglage à main, comme indiqué sous a.

Puis, la turbine tournant à environ 750 tours, mettre la pression d'huile en tournant lentement le volant 39 de la soupape de sûreté. Cette pression, indiquée par le manomètre 46, peut être réglée jusqu'à 15 kg. par cm<sup>2</sup>.

Le réglage automatique entre alors en fonction et la turbine peut être mise en service.

*Arrêt normal de la turbine.* Fermer le vannage avec la pression d'huile en baissant rapidement la vitesse au moyen du volant 30, puis enlever la pression d'huile au moyen du volant 39 de la soupape de sûreté, et, enfin, pour un arrêt prolongé, fermer la vanne d'entrée de la turbine.

*Divers.* Le temps d'ouverture de la turbine est réglé par le pointeau 36.

Le temps de fermeture de la turbine est réglé par le pointeau 14.

Si la température de l'huile du régulateur dépasse 50°, fermer le robinet 44, nettoyer la chambre 45, dont les orifices peuvent être bouchés par des matières entraînées par l'eau de refroidissement.

Le pointeau 47 permet de vider la colonne.

(A suivre).

## Lignes en croix de la poutre continue.

### Recherche d'une expression globale.

Par M. A. PARIS, ingénieur, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.

#### 1° Généralités.

Les élégantes méthodes de calcul graphique de la poutre continue, admirablement conçues par le professeur Dr W. Ritter, n'ont donné quelquefois que les solutions.