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 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: 15.07.2025

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

42me Année. 25 Janvier 1916. N° 2

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 : Dr 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'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

(Suite)[1].

Stand de la maison Piccard Pictet & Cie, à Genève.

3° *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 & Cie*, 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 rupture d'un des organes intéressés, sans cependant empêcher la fermeture du reste du distributeur.

A 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° *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 & Cie* 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,

[1] Voir N° du 10 janvier 1915, page 5.

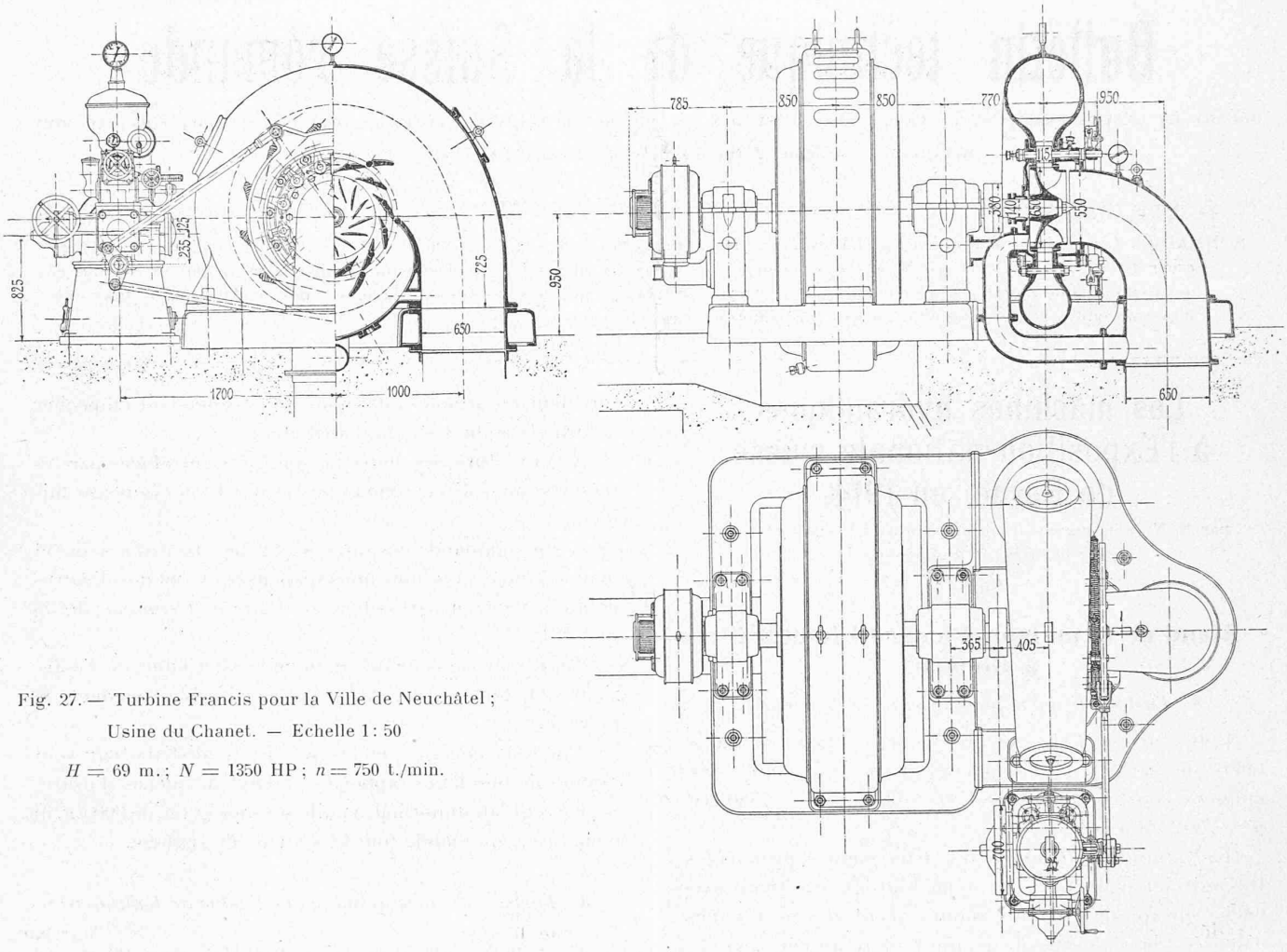

Fig. 27. — Turbine Francis pour la Ville de Neuchâtel ;
Usine du Chanet. — Echelle 1 : 50
$H = 69$ m. ; $N = 1350$ HP ; $n = 750$ t./min.

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 & Cie* 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 & Cie*, 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 & Cie*, 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

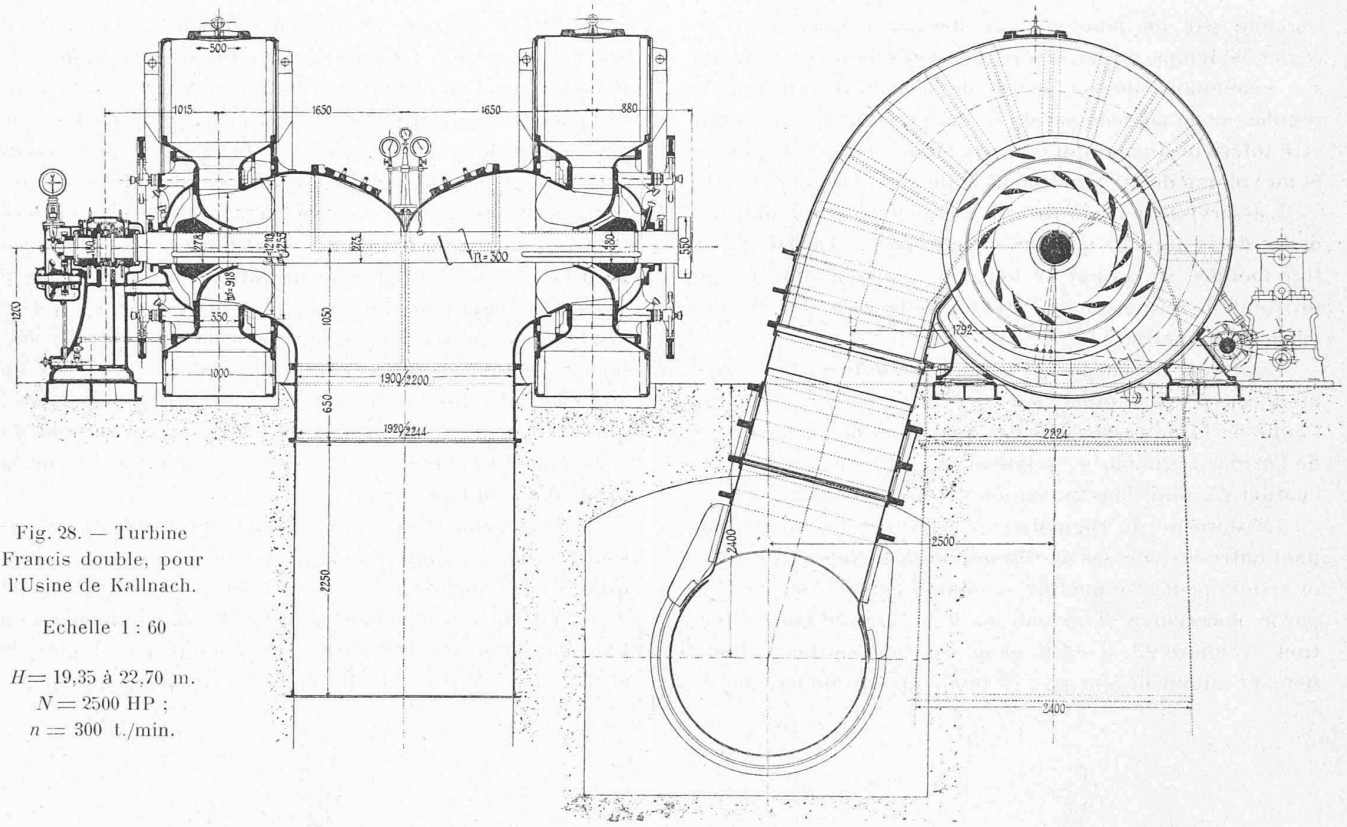

Fig. 28. — Turbine Francis double, pour l'Usine de Kallnach.

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, Pictet & 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 obtique *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

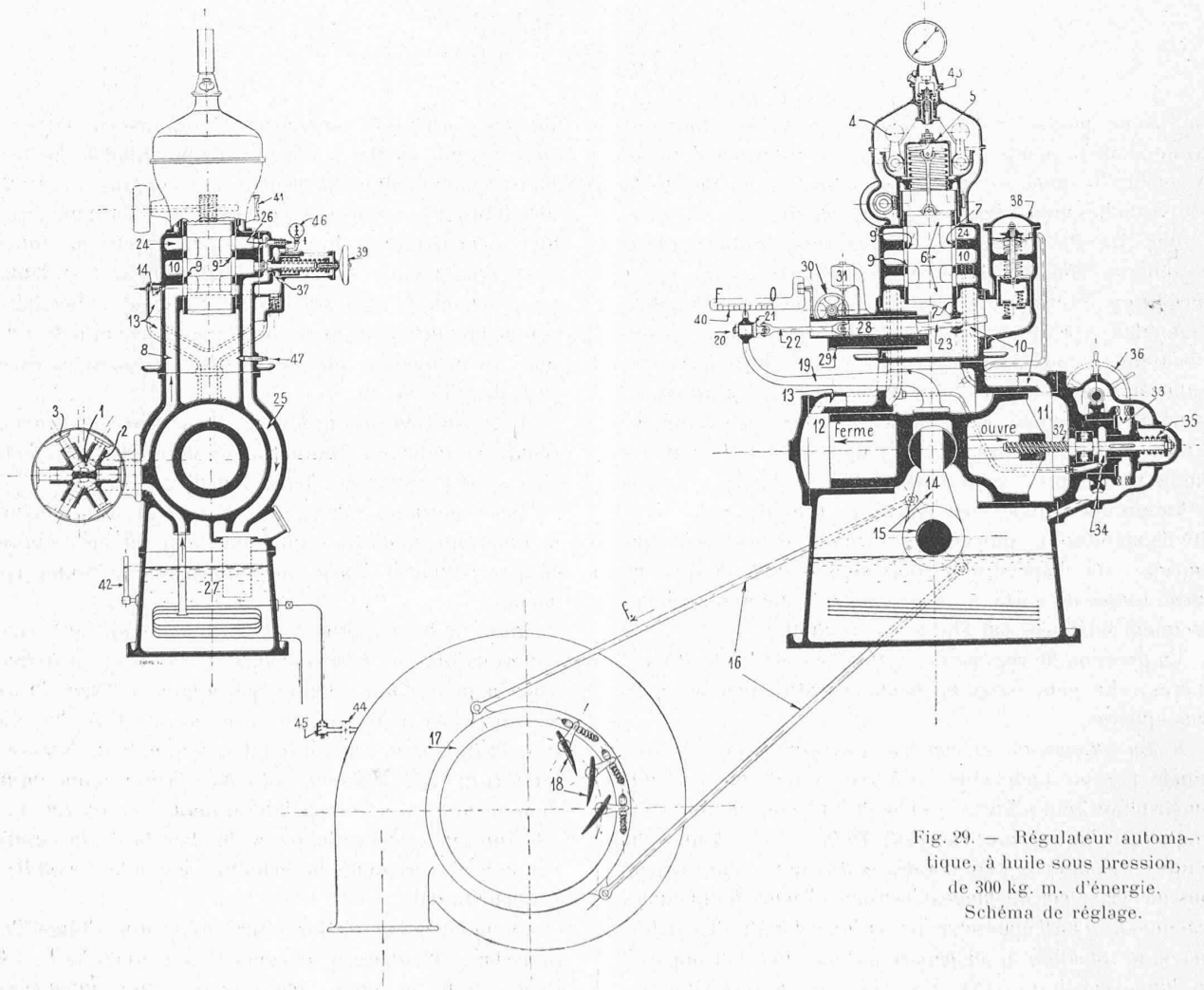

Fig. 29. — Régulateur automatique, à huile sous pression, de 300 kg. m. d'énergie. Schéma de réglage.

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'enclanchement de l'embrayage *33*. A partir de ce moment le distributeur est bloqué dans la position qu'il occupait au moment de l'enclanchement 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 limitateur 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, Pictet & C^ie^* 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 *34*, 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 *34*, 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 cm².

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 D^r^ *W. Ritter*, n'ont donné quelquefois que les solutions