Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 41 (1915)

Heft: 20

Artikel: Les machines hydrauliques à l'Exposition nationale suisse de 1914, à Berne

Autor: Neeser, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-31636

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: 13.07.2025

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

41me Année. 25 Octobre 1915. 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

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. — *Les locomotives électriques des Chemins de fer Rhétiques construites par les Ateliers d'Oerlikon.* — *Le Grand Hôtel des Rasses près Ste-Croix*, par MM. van Dorsser et Bonjour, architectes à Lausanne (planches 7 et 8). — Société suisse des Ingénieurs et des Architectes. — *Hydrographie.* — Concours de la Rive. — *Bibliographie.*

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.

Introduction.

L'industrie des machines hydrauliques de notre pays a donné, l'an dernier, une preuve nouvelle de son importance et de sa vitalité. De tous temps d'ailleurs, et malgré les difficultés qu'elle rencontre chez nous du fait, en particulier, qu'elle ne trouve pas, sur notre sol, les matières premières nécessaires à son développement, cette branche si intéressante de notre activité nationale a su porter au loin le bon renom des maisons suisses de constructions mécaniques.

Aujourd'hui, comme dans le passé, les produits de cette industrie font très bonne figure sur le marché mondial, et certains de nos constructeurs, vaillamment secondés par un personnel technique sortant presque exclusivement des écoles supérieures ou moyennes de notre pays, ont acquis la juste réputation d'être, dans ce domaine, les pionniers du progrès. Une visite à la superbe halle des machines était bien faite pour confirmer cette impression-là.

Certes, les visiteurs des stands de nos exposants n'ont pas tous dû être impressionnés par les mêmes causes ; le profane en matières techniques fut frappé principalement par l'importance de certains chiffres cités au sujet d'objets exposés et proclamant de sensationnels records : record du jet du plus grand diamètre utilisé dans une turbine Pelton (200 mm.) ; record de la plus grande puissance européenne en turbine Pelton (16400 HP) ; record de la plus haute chute utilisée au monde (1640 m.), etc., etc.

Ces indications ont évidemment leur valeur et leur intérêt ; mais, si éloquents que soient ces chiffres, on ne saurait prétendre qu'ils soient capables de donner, à eux-seuls, la mesure de la vitalité et de l'importance de l'industrie des machines hydrauliques en Suisse ; d'autres facteurs interviennent, moins accessibles au grand public, mais d'autant plus précieux pour le technicien qui, connaissant les difficultés du problème, sait reconnaître et apprécier l'élégance et l'ingéniosité d'une solution.

Les progrès réalisés dans ce domaine, au cours des dernières années, ont été vraiment remarquables ; il n'y a guère de difficulté reconnue qui n'ait été presque aussitôt vaincue, si bien qu'on est tenté de dire qu'à l'heure actuelle il n'y a, dans la nature, chute si formidable ni débit si énorme qui ne puissent être utilisés dans des conditions de fonctionnement parfaitement acceptables. Aussi la construction des turbines hydrauliques est-elle devenue une véritable science, faite de recherches patientes, d'expériences parfois longues et coûteuses, en vue desquelles certains de nos constructeurs n'ont pas hésité à créer de toutes pièces des stations d'essais, sans lesquelles d'ailleurs une foule de problèmes ne sauraient recevoir leur solution définitive.

Deux seuls types de turbines dominent actuellement le marché, ce sont :

la *turbine Francis* ou turbine centripète, à réaction et injection totale, sous ses formes les plus diverses, et

la *turbine Pelton*, à injecteur circulaire et pointeau central.

Tous les autres systèmes qui figuraient soit à l'exposition nationale suisse de Genève, en 1896, soit à l'exposition de Paris, en 1900, ont à peu près disparu ; c'est le cas, par exemple, de la turbine axiale aussi bien que de la turbine radiale centrifuge qui, sous forme de turbine à libre déviation fut, pendant de longues années, si souvent installée sur les hautes chutes.

Cette orientation si particulière et si caractéristique vers deux types uniques est d'ailleurs pleinement justifiée à tous points de vue ; à eux seuls, ces deux catégories de turbines permettent en effet, d'utiliser, pour ainsi dire, toutes les chutes se présentant dans la nature, des plus grandes aux plus petites, et de réaliser sur un seul arbre, les puissances les plus diverses, avec des vitesses de rotation maintenues dans des limites parfaitement acceptables [1].

[1] Rappelons ici que les turbines Francis conviennent plus particulièrement pour les basses chutes et les chutes moyennes (jusqu'à 200 m. environ), tandis que les turbines Pelton, s'adaptent plus particulièrement aux hautes chutes.

La limite de chute à partir de laquelle l'un des deux types convient mieux que l'autre ne dépend d'ailleurs pas exclusivement de

Quant aux rendements atteints avec ces deux types de turbines, ils dépassent sensiblement ceux que l'on obtenait avec les anciens types, en particulier avec les turbines axiales et les turbines Girard à injection intérieure. Les maxima auxquels on arrive maintenant sont, presque dans tous les cas, supérieurs à 80 % ; ils atteignent assez facilement 85 % et peuvent même dépasser ce chiffre, lorsque les conditions d'établissement de la turbine sont particulièrement favorables.

Grâce aux progrès réalisés dans la construction des aubages, ainsi qu'à un choix judicieux des matériaux, les effets de l'usure des pièces soumises à l'action de l'eau, sur le rendement de la turbine et sur la durée d'existence de ses éléments essentiels, ont pu être réduits dans de très fortes proportions.

1. Turbines Pelton.

Toutes les turbines exposées avaient des distributeurs circulaires, à pointeau central ; la turbine de la Borgne *(Escher Wyss & Cie)* fournit un jet de 200 mm. de diamètre, ce qui donne un rapport $\frac{D}{d} = 12{,}5$. C'est, à notre connaissance, le plus grand diamètre de jet réalisé à ce jour, tandis que la turbine de Fully *(Piccard, Pictet & Cie)* est actionnée par un jet de 36 mm. de diamètre, correspondant à $\frac{D}{d} = 100$ environ ; c'est probablement le plus grand rapport entre le diamètre de la roue et celui du jet réalisé à ce jour. Tuyères et pointeaux, presque toujours en acier, sont soigneusement usinés ; les poussées axiales sont équilibrées, dans deux exécutions (la Borgne et Rjukan) par des ressorts.

Les aubages sont tous dérivés du type Pelton, dont les poches sont séparées par une arrête disposée symétriquement, partageant le jet en deux moitiés égales ; les poches rappellent plus ou moins la forme d'un demi-ellipsoïde de révolution, avec une tendance plus ou moins marquée vers un évasement de la partie située du côté de l'axe ; la forme de l'échancrure d'entrée diffère aussi quelque peu selon les constructeurs. Ces aubes sont meulées intérieurement ; elles sont, pour les grandes unités, en acier moulé ; toutefois, celles de la turbine de Fully, dont nous reparlerons par la suite plus en détail, sont en acier S. M., forgées en matrices.

Quant à leur fixation sur le disque, il y a des différences assez marquées d'un constructeur à l'autre.

En règle générale, les dispositifs adoptés visent tous à réaliser un type de fixation permettant d'attacher chaque aube sur le disque de façon à éviter les effets si néfastes des vibrations produites par l'action répétée des chocs subis par les aubes lors de leur passage sous le ou les jets des distributeurs ; ces vibrations peuvent se produire même lorsque l'on emploie des boulons soigneusement ajustés, ainsi que des exemples de ruptures d'attaches de cette nature l'ont suffisamment démontré. Nous verrons de quelle façon les exposants ont résolu plus ou moins complètement ce problème ; notons encore que certains de ces dispositifs *(Piccard, Pictet & Cie ; Escher Wyss & Cie)*, visent en même temps à rendre possible le remplacement d'une seule aube, sans qu'il soit besoin de démonter toute la couronne.

Il y a lieu d'accorder une mention spéciale au mode d'attache des aubes de la turbine de Fully *(Piccard, Pictet & Cie)*, réalisée sans boulons ni rivets, dont nous reparlerons plus loin et que M. le Professeur Prasil, dans son rapport sur les turbines de l'exposition *(Schw. Bauzeitung*, vol. LXIV, page 139) qualifie de disposition « géniale et originale » à la fois.

2. Turbines Francis.

Les distributeurs de toutes les turbines exposées étaient à aubes pivotantes (aubages Fink), coulées soit en fonte, soit en acier, et commandées, pour les turbines à basse chute et petite puissance, par biellettes et cercle de vannage noyés. Les grosses unités, par contre, en particulier les turbines à haute chute munies de bâches en spirale, sont pourvues, à une exception près *(Vogt et Schaad)*, de commandes à sec, extérieures à la bâche et dont tous les éléments sont, par conséquent, accessibles et graissables même en marche. La maison *Piccard, Pictet & Cie* exécute

---

la valeur absolue de la chute ; d'autres facteurs interviennent également ; ce sont : le nombre de tours et la puissance effective réalisée. Il existe un moyen très simple, bien connu des turbiniers, qui permet de déterminer par avance le genre de turbine qui convient le mieux à un cas donné. Il suffit de calculer la valeur numérique du coefficient que l'on appelle « nombre de tours spécifique » de la turbine, c'est-à-dire du nombre de tours que ferait une turbine du même type (géométriquement semblable à celle considérée), mais dont les dimensions auraient été choisies telles que, sous une chute de 1 m., elle fournisse une puissance effective de 1 cheval. Ce coefficient est donné par :

$$ns = \frac{n}{H} \cdot \sqrt{\frac{N}{H}}$$

où n désigne le nombre de tours par minute de la turbine ;
N la puissance effective, en chevaux ;
H la chute en mètres.

Or, les valeurs numériques atteintes par ce coefficient sont :

pour la turbine Pelton, à 1 jet . . . . . $ns =$ de 0 à 20 ou 22
» » » à i jets . . . . . $nsi = ns \times \sqrt{i}$.
» » Francis, à 1 roue, turbine lente $ns =$ 50 à 150 env.
» » » » » normale = 150 à 250 env.
» » » » » rapide = 250 à 350 env.
» » » » » très rapide = 350 (450)
» » » à i roues . . . . . $nsi = ns \times \sqrt{i}$.

Ainsi, une turbine Pelton à 4 jets peut donner un nombre de tours spécifique de $22 \times \sqrt{4}$, soit 44, ce qui est, à peu de chose près, le nombre de tours spécifique de la turbine Francis la plus lente. Il y a donc presque continuité d'un type à l'autre puisque, lorsque la turbine Pelton ne convient plus, la turbine Francis commence à pouvoir être utilisée. Il faut cependant remarquer que les ns voisins de 40 à 60 ne donnent pas, en général, des solutions exemptes de toute critique, parce que ces nombres de tours spécifiques exigent, soit un grand nombre de jets, si l'on s'arrête à la turbine Pelton, soit des largeurs de distributeurs très réduites, si l'on passe à la turbine Francis. Il en résulte, dans le premier cas, des complications mécaniques assez grandes et, dans la seconde alternative, une usure assez forte des aubages et, en tout état de cause, une diminution de rendement assez appréciable.

toujours son type de commande élastique des aubes (qu'elle a adopté il y a 13 ans environ), alors que tous les autres exposants ont une commande par éléments rigides.

A remarquer la tendance générale à simplifier la commande du cercle de vannage. Les dispositifs, souvent fort compliqués, en honneur il y a quelque 10 ans, et tendant à réaliser la symétrie des efforts agissant sur le cercle de vannage ont disparu, à cause de leur complication, pour faire place à la commande par deux bielles, voire une seule *(Rieter & Cie; Bell & Cie*, par exemple), accouplées par une de leurs extrémités au cercle de réglage et par l'autre à un levier claveté sur l'arbre de réglage.

Les roues motrices, en fonte, en bronze, en acier moulé ou en fonte avec aubes de tôles d'acier ont, au point de vue de la forme des aubages, suivi une évolution assez marquée, du moins pour les turbines à grand nombre de tours spécifique. Mais ici il y a beaucoup de diversité entre les exécutions des différents constructeurs. Certains d'entr'eux adoptent un très grand nombre d'aubes et des aubages à trajectoires relatives excessivement allongées, alors que d'autres préfèrent, au contraire, une roue munie d'aubages extraordinairement courts. Nous nous garderons bien d'exprimer, à l'occasion de ces diversités, des appréciations trop catégoriques, sachant bien par expérience, que, dans ce domaine-là, seuls des essais minutieux et méthodiques peuvent donner la solution satisfaisante du problème. Constatons, néanmoins, que cette diversité même est la preuve que l'importance du problème a été reconnue par nos constructeurs; c'est fort heureux, car il y a là, certainement, matière à des perfectionnements futurs.

Les bâches des turbines Francis présentent également des différences intéressantes. Toutes étaient, néanmoins, du même type, savoir du type connu sous le nom de bâche en spirale. Celles de la turbine de la chute de l'Ance, de la turbine de Neuchâtel et de celle de Lauterbrunnen, entre autres, étaient en fonte, à section à peu près circulaires; celles de la turbine de Kallnach, en tôle, à section rectangulaire. L'essai le plus intéressant par sa nouveauté fut celui de la turbine de Séros, dont la bâche, qui malheureusement n'était pas exposée, était également de section circulaire, mais constituée par des viroles de tôle S. M., rivées les unes aux autres.

3. Régulateurs.

Alors qu'aux expositions de Genève et de Paris, on vit figurer avant tout des servomoteurs à action mécanique, pour la plupart fort ingénieusement conçus, l'exposition de Berne semble avoir consacré la déchéance de ces types-là. Un seul exemplaire (Régulateur *Michaud* des *Ateliers de Vevey)*, parmi ceux exposés, appartenait encore à cette catégorie; tous les autres étaient à huile sous pression fournie par une pompe spéciale. Certes, le régulateur à action mécanique peut convenir encore à certaines installations à cause de sa simplicité et de sa robustesse; il faut cependant reconnaître qu'il ne saurait rivaliser, au point de vue de la souplesse et de la précision du réglage, avec le régulateur à action hydraulique (surtout si celui-ci utilise non pas de l'eau, comme ce fut le cas jadis, mais de l'huile sous pression).

Les appareils exposés présentaient, sinon dans le principe, du moins dans la forme extérieure et la disposition générale, une assez grande diversité que nous ferons ressortir à l'occasion de l'étude détaillée qui suit. Notons cependant ici une innovation très importante dans les régulateurs pour turbines Pelton: c'est l'invention du régulateur à double action, dont le premier brevet européen a été accordé en 1906, à M. *L. Dufour*, directeur des Ateliers *Piccard, Pictet & Cie*. L'idée maîtresse de ce régulateur consiste en ce que le réglage s'opère tout d'abord par une déviation rapide du jet hors de la région balayée par les aubes de la roue; cette déviation permet un réglage rapide et précis, sans le secours de masses volantes trop considérables et, surtout, sans qu'il en résulte aucune variation de pression dans les conduites; mais, afin d'éviter une déperdition d'eau préjudiciable à l'économie de l'installation, cette déviation est suivie d'un mouvement automatique du pointeau du distributeur qui ramène lentement (donc sans coup de bélier gênant) les dimensions du jet à celles qui correspondent à la charge nouvelle de la turbine; en même temps, l'organe déviateur revient automatiquement hors du jet.

C'est, certainement, le progrès le plus marquant réalisé dans le domaine des régulateurs de turbines au cours de cette dernière décade. Il en est résulté, pour les turbines Pelton, la suppression des orifices compensateurs, dont chacun connaît les réels inconvénients.

(A suivre).

Les locomotives électriques des Chemins de fer Rhétiques construites par les Ateliers d'Oerlikon.

A. Généralités.

L'ouverture de la ligne électrifiée des *Chemins de fer Rhétiques* dans l'Engadine, le 1er juillet 1913, a causé une satisfaction particulièrement grande, non seulement aux habitants de la vallée de l'Engadine, mais également aux Chemins de fer Rhétiques en tant qu'entrepreneurs, et aux différentes firmes qui ont contribué à sa construction.

Tout d'abord, il faut remarquer que le développement du réseau des Chemins de fer Rhétiques s'est affirmé à la fin de la huitième décade du siècle dernier et n'a pas cessé depuis. Eu égard aux circonstances, on avait adopté la voie étroite. Jusqu'en 1913 le réseau desservi par traction à vapeur avait une étendue de 240 kilomètres environ avec les artères suivantes:

Coire-Landquart-Davos .	63,650	kilomètres
Coire-St. Moritz . . .	102,932	»
Davos-Filisur	19,979	»