

Les turbines Faesch et Picard à Niagarafalls

Autor(en): **Muyden, A. van**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **21 (1895)**

Heft 8

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-18769>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT A LAUSANNE 8 FOIS PAR AN

Administration : Place de la Louve.
(GEORGES BRIDEL & C^o éditeurs.)Rédaction : Rue Pépinet, 1.
(M. A. VAN MUYDEN, ing.)Sommaire : Les turbines Faesch et Piccard à Niagarafalls, par A. van Muyden, ingénieur. (Planche N^o 42.) — Notes et souvenirs recueillis par un ingénieur suisse aux Congrès de la navigation intérieure, par Louis Gonin, ingénieur. — Nécrologie : Charles de Sinner. — Bibliothèque. Ouvrages reçus.

LES TURBINES FAESCH ET PICCARD

A NIAGARAFALLS

par A. VAN MUYDEN, ingénieur.

(Planche N^o 42.)

Les premières turbines livrées à la Compagnie concessionnaire des forces du Niagara par MM. Fæsch et Piccard constructeurs-hydrauliciens à Genève, viennent de faire leurs preuves.

Soumises pendant le mois d'août dernier à des essais contradictoires décisifs, les résultats ont dépassé les prévisions.

Nous avons sous les yeux le procès-verbal des expériences de réception, signé par les parties contractantes.

Il serait intéressant de décrire à ce propos les installations gigantesques auxquelles les noms de deux éminents ingénieurs suisses, M. Th. Turrettini, d'une part, et M. P. Piccard, de l'autre, demeureront attachés et de signaler, en particulier, les dispositions imaginées pour résoudre des problèmes sans précédents dans l'histoire des constructions hydrauliques et électriques. Mais cet exposé nous entraînerait loin et nous nous bornerons ici à quelques explications et illustrations sommaires relatives à un point spécial; nous en empruntons, en partie, les éléments à la Revue technique anglaise *Engineering* et à un ouvrage très documenté publié récemment par la Compagnie elle-même¹.

On sait que jusqu'à ces dernières années la régulation des turbines, — si nécessaire pour obtenir la constance dans la marche des dynamos, — n'avait été résolue que par des expédients insuffisants et que c'est à M. Piccard que revient le mérite d'avoir donné à ce problème difficile une solution pratique satisfaisante. Les applications faites de son appareil régulateur à servo-moteur avaient déjà attiré l'attention des conseils techniques de la Compagnie chargés de procéder à une enquête préalable en Europe avant l'ouverture du concours.

La valeur pratique du régulateur Piccard n'a certainement pas été étrangère tout d'abord à la désignation des maisons

appelées à concourir, puis au classement des projets et enfin au choix de l'adjudicataire.

MM. Fæsch et Piccard font exécuter les turbines en Amérique sur leurs plans, sous leur direction et sous leur responsabilité. Les appareils régulateurs, par contre, dont les dispositions sont particulièrement délicates et compliquées, sortent de leurs ateliers de Genève.

Les expériences de Niagarafalls auront un retentissement intéressant pour l'industrie suisse; elles justifient, — au grand étonnement des constructeurs américains et de leurs organes attirés, — la préférence donnée, dans le cas particulier, à des concurrents étrangers.

Données relatives aux turbines.

Force de chaque turbine, 5000 chevaux.

Chute, 41^m452.

Débit pour 75 % de rendement, 12060 litres par seconde.

Nombre de tours normal, 250 par minute.

Poids d'une turbine, de son arbre et du régulateur, 206 600 kg.

Poids de l'appareil régulateur seul, non compris l'anneau obturateur et son armature, 1870 kg.

Ce nombre de tours, relativement considérable pour d'aussi grandes turbines, a conduit les constructeurs à adopter le système dit « turbine double » dont la vitesse est $\sqrt{2}$ fois plus grande que celle d'une turbine simple de même force.

Dans ce dispositif, chaque moteur se compose en réalité de deux turbines semblables superposées, placées l'une au-dessus, l'autre au-dessous d'une bache commune où débouche le tuyau adducteur d'eau motrice.

La trajectoire de l'eau dans les demi-turbines est radiale et centrifuge comme dans les anciennes turbines Fourneyron. (Fig. 1, 2, 3.)

Diamètre du tuyau adducteur.	2 ^m 286
» intérieur des roues directrices	1 ^m 320
» intérieur des roues mobiles.	1 ^m 600
» extérieur »	1 ^m 905

Les turbines ne sont pas enveloppées et n'ont pas de tube aspirateur.

¹ A complete story of the great Niagara enterprise, comprised in ten Articles with nearly two hundred illustrations. Cassier's Magazine. Niagara Power Number July 1895. — 33, Bedford St, London. (Un vol. de 384 pages.)

Il semble, à première vue, que l'on doive perdre beaucoup de chute et ce n'est cependant pas le cas ; voici pourquoi :

Au moment des hautes eaux, particulièrement lors de la débacle des glaces, le niveau de l'eau à l'aval s'élève jusqu'à la demi-turbine supérieure. A ce moment on utilise toute la chute disponible.

Lorsque l'eau baisse, — et elle baisse jusqu'au-dessous des poutres porteuses en treillis, — on perd de la chute. Mais comme l'énergie électrique produite doit être constante, il est rationnel de sacrifier cette chute, qui n'est pas toujours disponible.

Chaque turbine étant dotée d'une alimentation d'eau constante, déterminée par la dépense à pleine charge, il convenait de résoudre la question de la régulation en lui subordonnant celle du rendement à faible charge. Dans ces conditions, on a pu appliquer aux turbines un système de vannage extérieur très sensible et d'une grande simplicité, formé d'un anneau obturateur équilibré, enveloppant la roue mobile et ménageant un jeu strictement nécessaire entre les deux organes. La vanne cylindrique s'élève et s'abaisse librement, en dégageant ou en masquant plus ou moins les orifices d'échappement, suivant les appels variables du travail.

La demi-turbine est à trois étages. Le rendement est maximal quand les orifices sont entièrement dégagés. Malgré la fuite due au jeu de la vanne, le rendement est relativement élevé lorsque le débit est tel que l'obturateur affleure l'une des deux cloisons intermédiaires. Pour toute autre position de la vanne, les veines liquides s'échappant d'un des trois étages sont étran-gées et l'effet utile s'abaisse quelque peu ; mais cette perte est négligeable, comme la première, puisqu'alors le volume d'eau est en excès.

Dans la station centrale actuellement construite, les turbines sont placées en ligne au fond d'une grande tranchée qui communique, par sa partie inférieure, avec le Niagara à l'aval des chutes par un tunnel de fuite de 2100 m. de longueur (fig. 4).

Les dynamos, situées au-dessus du niveau d'amont du canal de dérivation, sont reliées directement aux turbines par un grand arbre vertical creux, en tôle d'acier de 0^m965 de diamètre, sans volant. Deux paliers intermédiaires guident l'arbre et, en ces points, l'arbre creux est remplacé par un axe plein de 0^m275 de diamètre.

Le poids des parties tournantes de la turbine et de sa dynamo (ensemble 64 700 kg.) est équilibré par la pression de l'eau, agissant de bas en haut, contre le plateau de la roue mobile supérieure de la bêche. (Fig. 1.)

Des 25 groupes de 5000 chevaux qui doivent meubler la première station de Niagarafalls, deux sont actuellement en service régulier depuis la fin du mois d'août dernier. La troisième turbine, qui est prête à marcher, attend sa dynamo.

Garanties souscrites par les constructeurs.

Force. La turbine tout ouverte, devra produire au moins 5000 chevaux.

Rendement. Le rendement sera de au moins 75 %.

Régularité. Les régulateurs, dont ces turbines sont munies, devront maintenir la vitesse dans les limites suivantes :

1° En marche normale les variations de vitesse ne devront pas atteindre 2 % de la vitesse normale.

2° Lorsqu'on fera varier brusquement la résistance du $\frac{1}{4}$ de la force totale de la turbine, soit de 1250 chevaux, les variations de vitesse ne devront pas dépasser 4 % soit 10 tours sur 250.

Programme des essais de réception.

Le débit devait être mesuré en amont, dans le canal d'aménée, au moyen de l'hydromètre d'Amsler à sonnerie électrique (moulinet de Woltmann perfectionné). En outre, un grand déversoir de jauge avait été établi dans le tunnel de fuite, dans le but de contrôler les résultats de l'hydromètre.

La force de la turbine devait être mesurée en premier lieu par l'électricité produite aux bornes de la dynamo, avec des instruments bien étalonnés et en nombre suffisant pour se contrôler mutuellement.

L'énergie électrique ainsi mesurée devait donner exactement le produit des deux rendements de la turbine et de la dynamo.

Si le produit ainsi mesuré était supérieur au produit des deux rendements garantis, il ne serait pas fait d'autres essais. Mais s'il restait inférieur à ce chiffre, il était convenu qu'on ferait le partage des responsabilités entre l'électricien et l'hydraulicien en mesurant directement la force produite par la turbine.

Dans ce but, deux projets avaient été préparés pour cette expérience, qui présentait d'extrêmes difficultés. L'un était basé sur la mesure en marche de la torsion de l'arbre vertical ; l'autre était une sorte de frein de Prony, à serrage automatique, entièrement immergé dans une grande bêche en tôle pleine d'eau. Avec ce dernier instrument la force produite par une turbine n'aurait pas vaporisé moins de 6000 litres par heure.

Résultats.

Voici, brièvement résumés, les *résultats des essais* faits pendant le mois d'août dernier.

La force électrique mesurée aux bornes de la dynamo, la turbine étant entièrement ouverte, a été trouvée de 5440 *chevaux*.

Le rendement total, comprenant celui de la dynamo et de la turbine, compté entre l'eau motrice dépensée et l'énergie électrique recueillie, a été trouvé de 77,85 %.

En admettant pour la dynamo un rendement de 97 %, — chiffre qui est bien le maximum de ce que l'on peut admettre, — *il ressort pour la turbine un rendement de 80,26 %*.

A la suite de ce résultat, les projets de freins pour 5000 chevaux ont été remis avec soulagement dans leurs cartons.

Régularité. Les variations de vitesse relevées au tachymètre en marche normale, restent voisines de $\frac{1}{2}$ % et n'ont jamais atteint 1 %.

Pour apprécier les effets des brusques variations de charge, les bornes de la dynamo avaient été réunies à une série de résistances de 300 et de 500 chevaux, par des conducteurs munis de déclancheurs permettant de faire varier *instantanément* la charge dans une mesure quelconque.

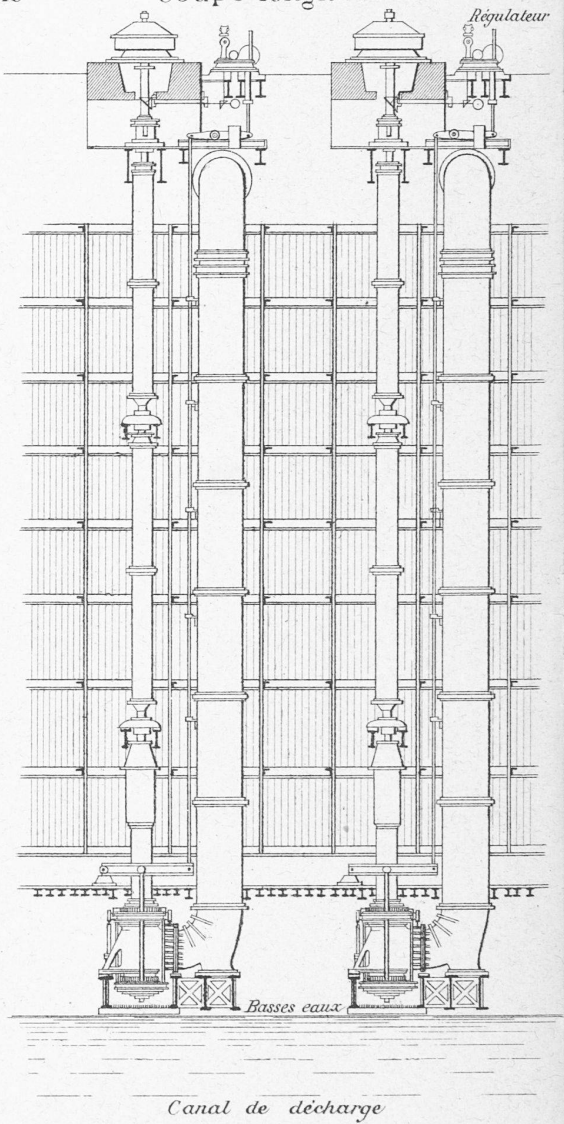
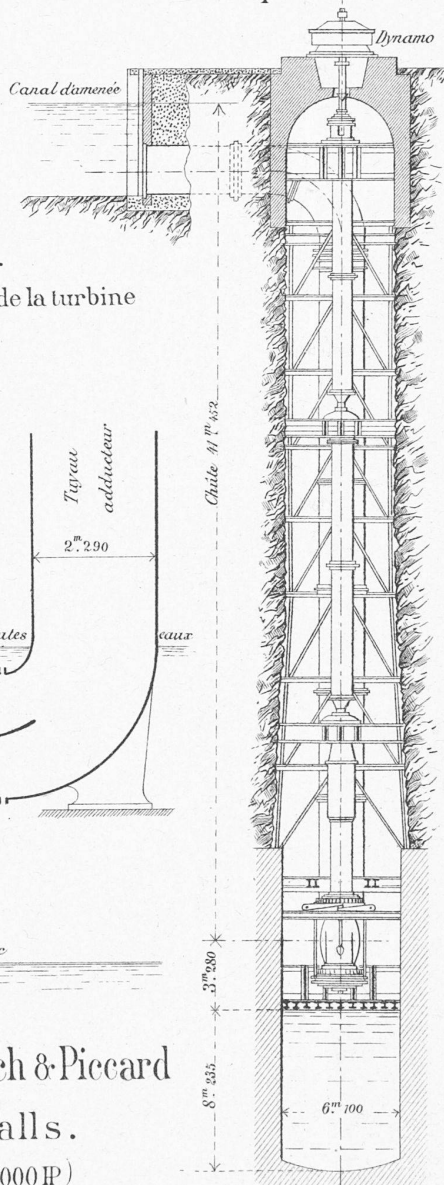
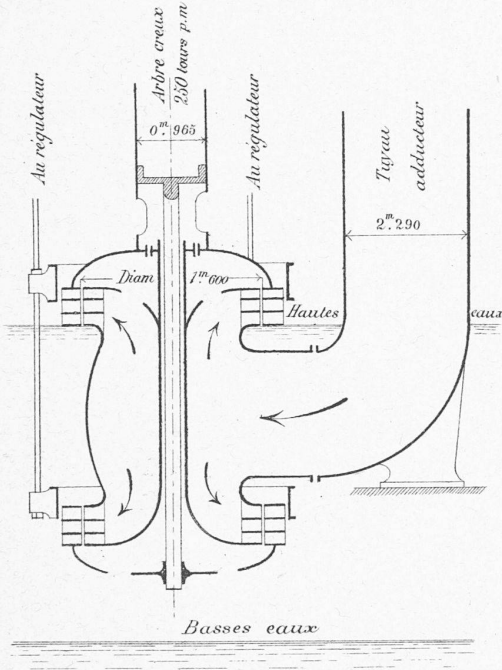
Le tableau ci-contre, qui résume les expériences du 22 août, montre que les variations de vitesse sont restées sensiblement inférieures à celles qui étaient tolérées dans les garanties.

Tranchée des turbines

Fig. N° 2
Coupe transversale

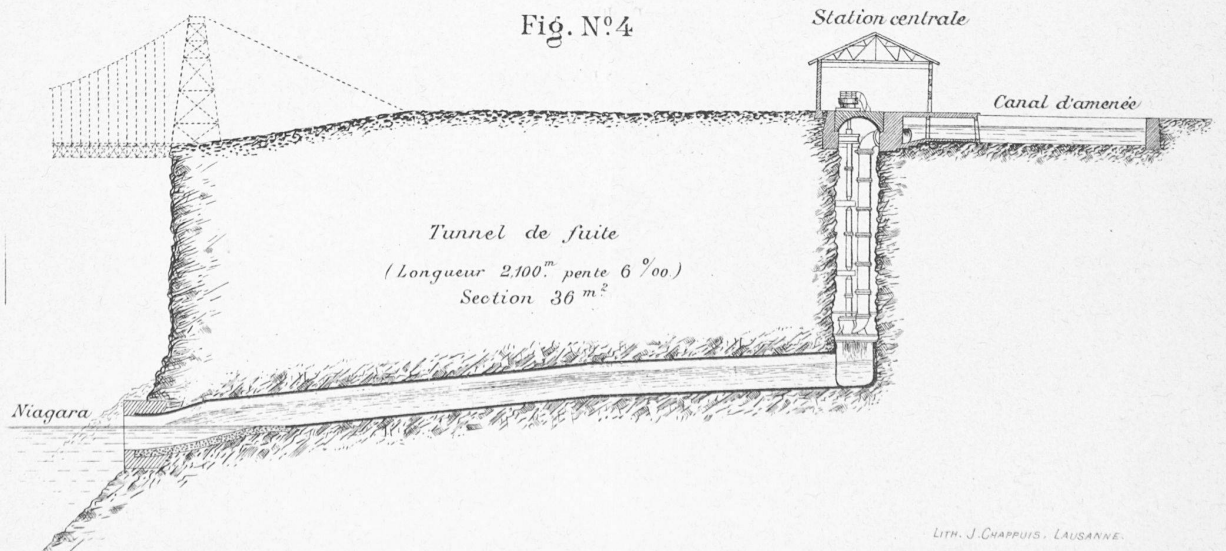
Fig. N° 3
Coupe longitudinale

Fig. N° 1.
Croquis schématique de la turbine



Les turbines Faesch & Piccard
à Niagarafalls.
(25 turbines de 5000 HP)

Fig. N° 4



Seite / page

248(3)

leer / vide /
blank

Résultats des expériences faites le 22 août 1895 avec les régulateurs des turbines de 5000 HP de la Compagnie du Niagara.

Force avant le changement HP	Force après le changement HP	Force ajoutée HP	Force retranchée HP	Nombre de tours avant le changement	Nombre de tours après le changement		Ecart maximum du nombre de tours	Variation de vitesse en %
					Maximum	Minimum		
2700	4000	1300	—	250	252	243	7	2,8
4000	2700	—	1300	251	258	250	7	2,8
2700	4000	1300	—	250	253	244	6	2,4
4000	2500	—	1500	252	262	249	10	4,0
2500	4000	1500	—	249	255	242	7	2,8
4000	2000	—	2000	253	264	246	11	4,4
2000	4000	2000	—	249	235	241	8	3,2
4000	1500	—	2500	254	264	248	10	4,0
1500	4000	2500	—	249	255	242	7	2,8
4500	1500	—	3000	254	266	248	12	4,8
1500	4500	3000	—	249	255	238	11	4,4
5000	1500	—	3500	254	270	245	16	6,4
1500	5000	3500	—	248	250	235	13	5,2

Nous tenons à ajouter encore qu'au cours des expériences, l'hydromètre inventé et construit par le savant professeur de Schaffhouse a fait l'admiration des ingénieurs américains.

En mesurant le débit à des moments différents pour une même ouverture du vannage de la turbine, on retombait sur le chiffre déjà trouvé à moins de $\frac{1}{2}$ % près.

NOTES ET SOUVENIRS

RECUEILLIS PAR UN INGÉNIEUR SUISSE AUX CONGRÈS
DE LA NAVIGATION INTÉRIEURE
par LOUIS GONIN, ingénieur.

Première conférence. — 12 janvier 1895.

A la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.

Monsieur le président et messieurs,

Autorisé par la bienveillance de votre Comité à me présenter comme délégué de notre Société au sixième Congrès de la navigation intérieure, réuni au mois de juillet 1894 à La Haye et sur l'invitation de notre président, je viens accomplir un devoir fort agréable en vous rendant un compte abrégé de ce voyage.

L'institution internationale des congrès de la navigation intérieure étant peu connue dans notre pays, je crois devoir aujourd'hui, au risque de répéter quelques détails donnés dans l'une de nos séances de 1893, rappeler en quelques mots l'origine, le but et l'historique de ces assemblées périodiques d'ingénieurs de tous pays.

L'idée première de cette institution remontait soit au Congrès international du génie civil tenu à Paris du 5 au 14 août 1878,

pendant l'Exposition universelle, soit à un groupe d'ingénieurs allemands, belges et hollandais réunis à Brème en octobre 1880, mais c'est à la Belgique qu'appartient l'honneur d'en avoir pris l'initiative.

Un décret royal du 21 mars 1885 décida, sur un rapport du ministre des travaux publics de Belgique, la réunion du premier Congrès à Bruxelles, le 25 mai 1885.

Treize nations y étaient représentées par 407 adhérents, dont 150 de Belgique, 97 d'Allemagne, 75 de France, etc., les uns étant des délégués officiels des Etats, les autres des adhérents officieux.

La Suisse y était représentée par un délégué du Conseil Fédéral, M. Karl Pestalozzi, professeur au Polytechnicum fédéral à Zurich.

La *Schweizerische Bauzeitung* des 5 et 12 septembre 1885 contient un récit circonstancié de ce Congrès, écrit par ce regretté maître en matière de génie civil.

Le second Congrès eut lieu à Vienne, du 15 au 19 juin 1886, et fut ouvert par le prince impérial, archiduc Rodolphe, dont la mort tragique est aujourd'hui encore présente dans toutes les mémoires.

Le Congrès de Vienne a compté 327 adhérents, dont un de notre pays, dans la personne de M. Adolphe de Salis, inspecteur fédéral en chef des travaux publics.

Le troisième Congrès réunit à Francfort-sur-le-Main, du 19 au 25 août 1888, 712 membres, dont 2 de la Suisse. La France y était représentée par 22 membres, dont 16 délégués officiels.

Le quatrième Congrès eut lieu à Manchester en 1891.

Le cinquième à Paris, en 1892. J'ai eu déjà, messieurs, l'honneur de vous en parler en 1893; je n'y reviendrai donc pas.

Le sixième Congrès, celui de La Haye, a eu lieu en 1894, du 23 au 29 juillet, sous le haut patronage de Sa Majesté la reine régente des Pays-Bas. La Suisse y était officiellement repré-