

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 32 (1906)  
**Heft:** 21

## **Sonstiges**

### **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:** 26.01.2026

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

forte charge qu'à la puissance moyenne, c'est-à-dire que ce rendement est égal à celui qui a été supposé plus haut dans le calcul de l'énergie. En effet, le rendement des moteurs, du réglage et des transformateurs est plus élevé à forte charge qu'à puissance moyenne, tandis que pour des canalisations électriques, c'est le contraire.

Ici encore, nous pourrions adopter 45 % comme rendement de la transmission des turbines aux rails, même dans les cas d'un système très désavantageux, d'autant plus que nous pouvons admettre que la présence d'accumulateurs électriques n'amènerait pas de changements notables dans ce rapport; mais nous ne calculerons ici qu'avec 40 %, comme dans la première partie de ce rapport; en outre, nous adopterons encore les rapports de cinq entre les puissances maximale et moyenne.

Les 100 000 chevaux de puissance moyenne donneront alors 500 000 chevaux comme puissance totale des turbines des stations centrales; ces 500 000 chevaux seraient employés en plein  $4\frac{3}{4}$  heures par jour, en moyenne (24 h. :  $5 = 4\frac{3}{4}$ ). Ceci dans l'hypothèse de très grandes usines génératrices; s'il devient nécessaire de fractionner ces usines, il faudra multiplier les 100 000 chevaux par un nombre plus grand que cinq.

Si la récupération sur les pentes arrive à pouvoir se faire pratiquement, l'utilisation de la puissance maximale diminuera; mais cette puissance maximale elle-même ne diminuera pas beaucoup; ce ne sera guère que sur l'énergie journalière ou annuelle qu'il y aura bénéfice.

Les énormes fluctuations de la puissance influent dans un sens très défavorable l'installation des usines et des machines; elles limitent le choix des forces hydrauliques et augmentent sensiblement le capital engagé. Malgré donc qu'il semble que l'énergie nécessaire pour la traction électrique soit encore largement disponible chez nous, il convient de surveiller attentivement les chutes qui sont propres à cet usage et de se les assurer à temps.

## Divers.

### Applications des turbines à vapeur aux stations centrales d'électricité.

Rapport présenté par M. de Marchena, ingénieur en chef de la Compagnie Thomson-Houston, à Paris, au Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Lyon, en août 1906.

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

#### 3<sup>o</sup> Faibles dépenses d'exploitation.

Avec un bon vide, la consommation de vapeur des turbines peut maintenant se comparer à celle des meilleures machines à pistons à double et triple expansion de puissance comparable. On arrive couramment, avec un vide de 92 à 93 % et une surchauffe de 75° à 100° C., à une consommation à pleine charge inférieure à :

7,75 kg. de vapeur par kw.-h. pour les groupes tournant à 1500 tours.

7,25 kg. de vapeur par kw.-h. pour ceux tournant à 1600 tours.

6,75 kg. de vapeur par kw.-h. pour ceux tournant à 750 tours.

Dans les bons types de turbines, ces consommations varient peu avec la charge, et restent les mêmes à 5 % près depuis la demi-charge jusqu'à 50 % de surcharge.

La zone de fonctionnement économique est ainsi très étendue, et cette circonstance, jointe à la très grande élasticité de puissance des turbines, fait que l'on peut, sans inconvénients, constituer les usines génératrices avec un nombre d'unités sensiblement moins grand, même quand elles ont à développer des puissances très variables, comme c'est le cas des stations alimentant les réseaux de force et de lumière.

Il ne faut en outre pas perdre de vue que, par suite de l'absence de toute usure, les consommations de vapeur des turbines ne se modifient pas avec le temps et ne dépendent pour ainsi dire pas de la surveillance ou de l'habileté du personnel de conduite. Comme l'expérience l'a d'ailleurs surabondamment démontré, les chiffres trouvés aux essais se trouvent en service courant, ce qui est loin d'être le cas avec la plupart des types de machines à vapeur.

D'autre part la consommation de graissage est excessivement faible et ne dépasse guère 2 à 3 % des dépenses de combustible, alors qu'avec les machines à pistons, surtout à vapeur surchauffée, elle atteint et dépasse fréquemment 10 à 12 %.

La conduite des turbines à vapeur est des plus faciles, et ne nécessite pour ainsi dire pas d'autre surveillance que celle des appareils auxiliaires, et en particulier des appareils de condensation. Le personnel affecté à cette conduite peut donc être très restreint. L'économie qui en résulte est encore accrue par le fait que la puissance des unités pouvant être beaucoup augmentée, leur nombre peut être diminué en proportion.

Enfin les dépenses d'entretien sont des plus minimes, l'usure étant pour ainsi dire négligeable, grâce à la suppression de tous efforts et de tous frottements. L'expérience a montré que, malgré les vitesses élevées de la vapeur, il ne se produisait aucune usure appréciable, ni des organes distributeurs, ni des roues motrices; l'entretien se réduit donc pratiquement à celui des coussinets et des diverses garnitures.

Il y a lieu d'ajouter que la suppression de tous frottements rendant inutile tout graissage intérieur, la vapeur condensée est tout à fait pure et peut être employée sans inconvénients, après sa condensation dans des condensateurs à surface, à l'alimentation des chaudières. Celles-ci restent dès lors toujours propres intérieurement et il en résulte pour elles non seulement une augmentation de rendement, mais aussi une sensible diminution d'entretien et d'indisponibilité pour nettoyages.

En tenant compte de ces divers éléments, on peut estimer en moyenne à 20 ou 25 % l'économie que l'emploi judicieux des turbines à vapeur peut permettre de réaliser sur les frais de production de l'énergie électrique; cette économie tend à s'accroître au fur et à mesure qu'augmente l'importance des unités et à diminuer au contraire avec celle-ci. Elle disparaît en grande partie pour les puissances inférieures à 500 chevaux.

#### 4<sup>o</sup> Faibles dépenses de premier établissement.

Le coût des groupes turbo-générateurs est sensiblement inférieur à celui des autres machines thermiques. A l'heure actuelle il oscille, pour les diverses puissances, entre 130 et 180 francs le kilowatt, ce qui présente un écart d'au moins 20 à 25 % par rapport aux machines à vapeur à pistons perfectionnées à

<sup>1</sup> Voir N° du 25 octobre 1906, page 239.

quatre distributeurs, type compound, ou à triple expansion de puissance égale et de consommation comparable. Cet écart ne fera vraisemblablement qu'augmenter dans l'avenir, au fur et à mesure que l'extension des débouchés permettra de réduire les prix de revient des turbines et d'amortir les frais d'études et d'outillage nécessités par ces machines, encore relativement nouvelles.

D'ailleurs, l'économie réalisée grâce à l'emploi des turbines est bien loin de se borner au coût des machines elle-mêmes.

Grâce à leur encombrement très réduit, l'importance et le prix des bâtiments par unité de puissance sont très considérablement diminués, principalement avec les turbines à axe vertical. La superficie des salles des machines peut aisément être réduite au tiers et même au quart de ce qui serait nécessaire pour des machines à pistons, et les dépenses de fondation au dixième. Par suite de la réduction des encombrements, les tuyauteries de vapeur, les connexions électriques, les aménagements intérieurs des bâtiments, et enfin les terrains et emplacements nécessaires, subissent des réductions correspondantes.

En tenant compte dans un devis exact de tous ces divers éléments, on reconnaît, dans la plupart des cas, que l'économie réalisée sur les frais de premier établissement, grâce à l'emploi des turbines à vapeur, sera rarement inférieure à 20% et pourra même atteindre 30% pour des usines très importantes.

Ces avantages, auxquels viennent s'ajouter beaucoup d'autres de moindre importance, justifient amplement la vogue générale dont jouissent les turbines à vapeur, et expliquent le développement rapide qu'elles ont pris en si peu de temps.

#### 5<sup>e</sup> Comparaison entre les divers types de turbines.

Cette comparaison est, à l'heure actuelle, encore quelque peu téméraire, les différents types de turbines étant encore dans la période d'évolution et de perfectionnement, et les bases d'appréciations comparatives n'étant pas encore suffisamment abondantes.

Toutefois, un fait paraît déjà à peu près acquis : c'est que les différents types de turbines se valent, ou à peu près, au point de vue de la consommation de vapeur, et que les écarts constatés dans un même type, suivant le tracé plus ou moins judicieux des aubages, l'exécution plus ou moins parfaite, et suivant les conditions plus ou moins favorables de pression de vapeur, de surchauffe et de vide, sont beaucoup plus sensibles que ceux trouvés en passant d'un type à un autre également bien établi. La comparaison attentive des résultats qui ont été publiés sur les essais de turbines Parsons, Zoelly et Curtis est tout à fait probante à cet égard.

La préférence doit être dictée non pas par la question de consommation de vapeur, mais plutôt par des considérations basées sur la simplicité et la solidité de la construction, sur la sécurité de fonctionnement et la facilité de l'entretien.

A ce point de vue, les turbines à action du genre des Curtis et des Zoelly paraissent présenter des avantages sérieux, grâce à la suppression des poussées axiales et des pistons compensateurs, qui en sont la conséquence, grâce à leur moins grand nombre de roues motrices et à leur constitution plus robuste, grâce enfin aux jeux plus grands dans le sens radial, entre les parties fixes et les parties mobiles, jeux suffisants pour écarter tous inconvénients dus aux différences de dilatation et pour en permettre la mise en marche et l'arrêt sans aucune précaution et sans réchauffage prolongé.

Parmi les turbines à action, les turbines Curtis se distinguent par leur disposition verticale. Cette disposition a été trouvée d'abord très originale et a fait l'objet de très vives critiques. Cependant elle était employée depuis longtemps, avec plein succès, pour les turbines hydrauliques à basse chute et elle tend même à s'employer à l'heure actuelle pour les turbines hydrauliques à haute chute, de très grosse puissance, tournant à grande vitesse. Cette disposition supprime toute difficulté d'alignement et de graissage de paliers, et l'expérience a montré, comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre facilement, que le bon fonctionnement du pivot était très facile à réaliser, aussi bien avec le graissage à l'eau sous pression qu'avec le graissage à huile, et était pour le moins aussi sûr que celui des paliers des turbines horizontales.

Cette disposition semble particulièrement avantageuse pour les grandes puissances ; elle se combine heureusement avec l'établissement de condenseurs à surface ou à mélange établis dans la base même de la machine, dans les meilleures conditions pour l'écoulement direct et sans perte de charge de la vapeur à condenser, et elle permet de réduire à la dernière limite l'encombrement.

Avant de quitter ce sujet, il est bon de remarquer que la disposition verticale n'est guère réalisable qu'avec les principes sur lesquels sont basées les turbines Curtis : très petit nombre de roues de grandes vitesses périphériques et par suite de grand diamètre, conduisant à une grande largeur diamétrale et à une faible dimension longitudinale, et permettant de donner aux machines une assise et une stabilité qu'il serait très difficile de réaliser avec les proportions admises pour les turbines genre Parsons ou Zoelly.

#### 6<sup>e</sup> Meilleures conditions à réaliser pour l'établissement de turbines à vapeur.

Les turbines à vapeur ne réalisent tous leurs avantages économiques qu'en marchant à condensation avec un très bon vide.

Alors qu'un vide de 85% suffit très bien aux machines à piston, il ne faut pas réaliser moins de 90% avec les turbines, et il est même préférable d'atteindre 93 à 94%. D'une manière générale, on aura presque toujours intérêt à réaliser un vide aussi élevé que le permettront la température et la quantité d'eau de condensation dont on disposera.

Ce fait se comprend d'ailleurs aisément, puisqu'à l'inverse des machines à pistons les turbines utilisent la détente totale de la vapeur jusqu'à la pression du condenseur<sup>1</sup> ; en outre, la plus grande raréfaction de la vapeur doit conduire à une certaine diminution du frottement des roues motrices dans le fluide ambiant, principalement aux derniers stades.

En chiffres ronds, on a constaté une réduction dans la consommation de vapeur d'environ 1% par centième d'atmosphère de diminution de la pression d'échappement, et une augmentation encore plus marquée pour la puissance développée dans les mêmes conditions d'admission.

D'autre part l'utilisation, pour l'alimentation des chaudières, de l'eau distillée et absolument pure provenant de la condensation des turbines est une très précieuse faculté.

<sup>1</sup> Avec les machines à vapeur on sait qu'il est pratiquement impossible d'utiliser cette détente totale jusqu'à un vide de 93 à 94%, car on arriverait à des dimensions de cylindres inacceptables, d'où résulteraient un prix très élevé et des pertes par frottement exagérées.

Dans les turbines au contraire, le volume admis n'intervient que pour les sections d'orifices, et on peut pousser la détente et le vide aussi loin que possible en utilisant d'une manière efficace l'énergie correspondant à cette détente.



On a été ainsi conduit dans la plupart des cas et sauf de rares exceptions à l'emploi de condenseurs à surface du type à contre-courant, desservis au moyen de pompes à air sec ou de pompes à air humide (généralement du type Edwards).

La surface réfrigérante des condenseurs est généralement prise de 0,25 à 0,35 m<sup>2</sup> par kilowatt de puissance, et quant au débit le plus favorable pour l'eau de circulation, il dépend des conditions dans lesquelles elle est obtenue, c'est-à-dire suivant qu'elle doit être puisée à plus ou moins grande profondeur et suivant qu'elle est empruntée à une source d'eau courante ou à un réfrigérant.

Toutefois ce débit ne tombe guère au-dessous de 350 litres par kilowatt et il est souvent poussé jusqu'à 600 litres.

Nous devons ajouter que, depuis l'apparition des turbines à vapeur, de très grands progrès ont été apportés à l'établissement des appareils de condensation, et il est probable qu'ils s'accroîtront encore dans l'avenir.

Les hautes pressions d'admission et une surchauffe notable sont favorables au fonctionnement des turbines à vapeur, comme ils le sont pour celui des machines à vapeur (quoique peut-être à un degré un peu moins marqué).

Les essais faits sur les différents types de turbines ont permis de constater une économie à peu près uniforme de 1,5 à 2% par 10 degrés centigrades de surchauffe.

En tenant compte de tous les éléments en présence, une surchauffe à l'admission de la turbine de 75 à 100 degrés centigrades paraît constituer les conditions de fonctionnement les plus avantageuses.

Cette surchauffe n'offre d'ailleurs aucun inconvénient par suite de la suppression de tout graissage intérieur et, pour les turbines à action du moins, elle ne donne pas lieu à des difficultés du fait de la dilatation.

## NÉCROLOGIE

### † Fédor de Crousaz.

Ingénieur. Ancien Inspecteur des Travaux de la Commune de Lausanne. — Décédé le 23 septembre 1906.

Le 25 septembre, une nombreuse assistance, parmi laquelle on remarquait beaucoup de personnes notables, rendait les derniers devoirs à notre regretté collègue M. Fédor de Crousaz, mort après une longue maladie. Ce dernier témoignage d'intérêt et d'affection s'adressait à un homme dont on aimait à rencontrer la figure sympathique, l'une des mieux connues des anciens habitants de Lausanne.

Ce n'est cependant pas chez nous qu'il avait vécu ses jeunes années; né en 1842 à Hechingen, ancienne capitale de la principauté de Hohenzollern, il ne vint s'établir à Lausanne que vers 1850, ensuite de la révolution qui réunit cette principauté à la Prusse.

Elève de l'Académie de 1858 à 1860, il fit ses études techniques à l'Ecole Spéciale et en sortit en 1863 avec le diplôme d'ingénieur-mécanicien.

Il débuta à Marseille, aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, puis, rentré au pays en 1865, fut employé au Bureau des Travaux de la Commune de Lausanne, où il devint Inspecteur-adjoint en 1874, puis Inspecteur jusqu'en 1883. Cette longue période de 16 ans pendant laquelle il s'occupa à titres divers des travaux d'édilité de notre ville et en particulier celle des huit années de son inspectorat ont été marquées par des travaux importants.

C'était l'époque où Lausanne, sollicitée par une population toujours croissante, préluait au développement de nouveaux quartiers et prenait possession de sa banlieue.

Notre collègue présida entre autres à une modification très appréciée de l'aire de nos rues. Les pavés étaient autrefois des galets ronds tels que les roulent les torrents; ils furent remplacés par des pavés en grès et taillés.

Pendant cette même période on construisit l'avenue de la Gare et les importants travaux d'assainissement qui en furent

la conséquence. On perça en Couvaloup la rue qui relie la place St-Martin au tunnel de la Barre et la bifurcation vers la Cité. On commença à voûter le Flon en aval du Grand-Pont. Citons enfin la création du quai Dapples, à Ouchy.

Après avoir donné sa démission d'Inspecteur, M. de Crousaz ouvrit un bureau d'ingénieur civil et acquit la Fabrique de produits réfractaires qui fournit nombre de cornues à gaz d'un travail délicat.

La Direction de cette entreprise et divers travaux de génie civil l'occupèrent jusqu'à son décès.

Son activité et son entente des affaires rendirent des services à plusieurs sociétés et il a laissé partout le souvenir de sa parfaite urbanité et de la bonne grâce qu'il mettait à rendre service avec une grande obligeance.

Ce sont des titres qui, mieux que bien d'autres, restent dans la mémoire des hommes.

## Groupe électrogène de 13 500 chevaux pour la centrale de Buenos-Aires.

La ville de Buenos-Aires va bientôt être dotée d'une centrale thermo-électrique des plus intéressantes et des plus considérables qui aient été projetées jusqu'à maintenant.

La puissance totale de cette centrale est prévue à 100 000 kw., c'est-à-dire à 150 000 chevaux sur l'arbre des dynamos. Au début on installera cinq groupes électrogènes avec turbines à vapeur d'une puissance unitaire de 7500 kw., environ 11 000 chevaux, mais la puissance de chaque groupe pourra être poussée pendant deux heures à 9000 kw. c'est-à-dire à 13 500 chevaux sur l'arbre des turbines.

La puissance d'un seul groupe est donc équivalente à celle des plus grandes centrales de la Suisse romande et suffirait à l'alimentation d'environ 200 000 lampes à incandescence brûlant simultanément.

La vitesse des turbines est de 750 tours par minute; chacune de celles-ci est accouplée directement avec un alternateur triphasé débitant du courant à 50, respectivement à 25 périodes par seconde, sous une tension de 12 500 volts.

Cependant l'une des cinq turbines aura à commander deux machines électriques, chacune d'une puissance égale à la sienne, l'une capable de fournir du courant à 25 périodes, tandis que l'autre en pourra débiter à 50 périodes par seconde.

Ce puissant turbo-alternateur (le plus grand du monde entier actuellement) pèse avec son condenseur à surface environ 376 000 kilogrammes et son prix rendu posé atteint environ 1 million de francs.

Sa construction a été confiée à la maison Brown, Boveri & Cie, à Baden (Suisse), qui est chargée également de la fabrication d'un second groupe et de toute la partie électrique de la centrale.

La fabrication des trois autres turbines, avec leurs condenseurs, a été entreprise par la maison Franco Tosi, à Legnano, qui, comme on le sait, fabrique également des turbines Brown, Boveri-Parsons.

## Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne.

### Offres d'emploi.

On demande de suite un *jeune ingénieur-constructeur*, ayant déjà quelque pratique et bon dessinateur, pour collaborer à l'établissement d'un projet de chemin de fer électrique à voie étroite. Durée de l'engagement 2 à 3 mois.

On cherche un *jeune ingénieur-chimiste* pour une usine de gypse de la Suisse romande.

Adresser les offres au Secrétaire de la Rédaction, M. Fr. Gilliard, ingénieur, Valentin, 2, Lausanne.