Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 29 (1903)
Heft: 11

Artikel: Usine électrique à vapeur de Neuchâtel (suite et fin)
Autor: Chavannes, Roger
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-23494

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: 27.12.2025

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

29me Année. 10 juin 1903. N° 11.

Bulletin technique de la Suisse romande

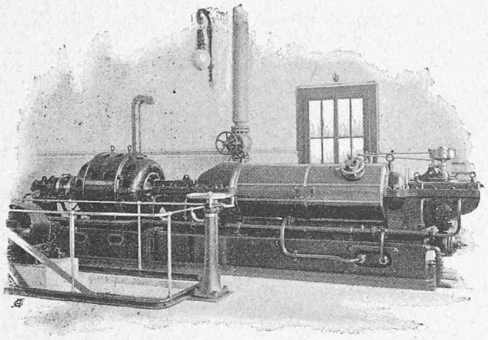
ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

SOMMAIRE : *Usine électrique à vapeur de Neuchâtel* (suite et fin), par M. R. Chavannes, ingénieur, professeur au Technicum de Genève. — **Divers :** Reconstruction du pont sur l'Aar, à Brugg. Planche 7. — Tunnel du Simplon. Etat des travaux au mois de mai 1903. — Université de Lausanne. Ecole d'ingénieurs. — Nécrologie. — Correspondance. — Concours pour la composition des cartons de verrières pour l'Eglise de St-François, à Lausanne. — Concours pour un bâtiment d'écoles primaire et secondaire, à Fribourg.

Usine électrique à vapeur de Neuchâtel.

(Suite et fin)[1].



Turbo-dynamo de l'usine de Neuchâtel.

Turbine à vapeur. — La turbo-dynamo a une puissance de 300 kilowatts effectifs, la vapeur ayant 11 atmosphères à la vanne, avec condensation. Le nombre des tours est de 3000 à 300 kilowatts et 3050 à vide. On peut faire varier cette vitesse de 10 % en plus ou en moins par le réglage du ressort antagoniste du régulateur.

La turbine Parsons est du type à réaction, comportant, par conséquent, entre chaque distributeur et chaque roue d'aubes mobiles correspondante une certaine pression de vapeur. Le modèle de 300 kilowatts comporte 48 distributeurs et autant de roues d'aubes, répartis sur trois cylindres de diamètre croissant (voir fig. 9). Des disques de même diamètre, circulant entre des tores fixes, sans frottement, équilibrent la poussée axiale. La valve U sert accessoirement à introduire la vapeur directement au deuxième rang des aubes, dans le cas où la pression insuffisante ou l'échappement à l'air libre réduiraient la puissance.

La disposition intérieure d'une turbine Parsons est si simple que, toute prépondérante qu'elle soit aux points de vue de la théorie et de la dépense de vapeur, elle n'est, pour l'usage pratique, qu'un point accessoire. Il en est, du reste, de même avec les machines à piston. La figure 10 montre une turbine ouverte. Ce n'est pas celle de Neuchâtel.

La maison Brown, Boveri & Cie a donné des soins tout particuliers aux appareils de graissage et régulation, dont la perfection rend l'emploi des turbines si simple. Le graissage est le même à peu près que celui des turbines anglaises. Les coussinets des paliers sont formés de plusieurs cylindres minces, en bronze, emboîtés les uns dans les autres et dont les jeux communiquent ensemble par des trous. L'huile arrive sous pression (1 à 2 atmosphères) dans une cannelure circulaire entre le coussinet intérieur et l'arbre. Les pattes d'araignée sont parallèles à l'axe de l'arbre et vont jusqu'aux extrémités des coussinets. Il en résulte que l'ensemble de ceux-ci baigne dans une circulation d'huile, et que la légère souplesse des minces coussinets partiels permet à l'arbre de frotter uniformément sur les surfaces portantes.

La pompe à huile, mue par un contre-arbre qui est commandé à l'aide d'un engrenage par l'arbre vertical du régulateur, aspire son huile dans un réservoir placé dans le bâti et dans lequel est établie une circulation d'eau froide. Quand l'eau est rare on envoie cette eau dans le puisard des pompes d'alimentation. Ce n'est pas le cas à Neuchâtel, et l'eau nécessaire à ce refroidissement est fournie par un éjecteur-aspirateur, actionné par l'eau en pression de la ville; l'eau prise au lac est ensuite rejetée à l'égout. La température de l'huile atteint environ 40°; celle de l'eau de refroidissement est à peine modifiée.

La régulation du débit de la vapeur ne pouvant se faire par la réduction de la section du premier distributeur se fait nécessairement par étranglement de l'orifice d'entrée dans la première chambre. On sait les difficultés du réglage dans ces conditions et les ingénieuses dispositions proposées pour les résoudre. Citons le servo-moteur de Farcot, les tiroirs tournants de Raffard et nombre de commandes indirectes. M. Parsons a adopté un tiroir oscillant, dont le centre d'oscillation varie suivant la position du régulateur de vitesse (fig. 11). L'oscillation est donnée par un excentrique monté sur l'arbre du régulateur ou sur l'arbre de la pompe à huile. Le nombre d'oscillations varie suivant les modèles. Il est de 120 à celui de Neuchâtel. A chaque oscillation, et par l'effet du jeu

[1] Voir N° du 25 mai 1903, page 137.

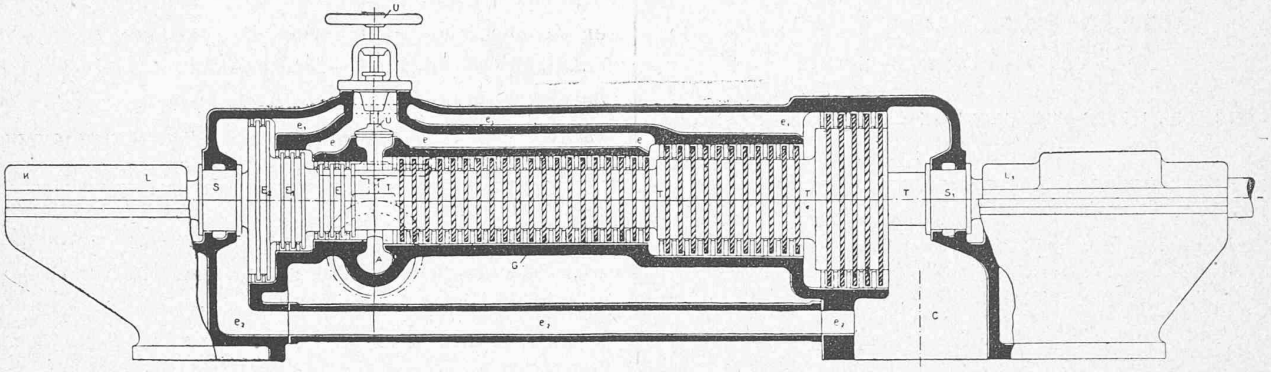


Fig. 9. — Coupe en long schématique par l'axe d'une turbine Parsons.

du tiroir, le piston attelé à la soupape d'admission se lève d'une quantité variable avec la position du centre d'oscillation. La vapeur qui sort de cette petite distribution est envoyée dans les chambres d'étanchéité S S_1, voisines des paliers (fig. 9), où son rôle est d'empêcher les rentrées d'air dans le condenseur.

La turbine reçoit ainsi des bouffées de vapeur, à raison de 120 par minute et d'un volume réglé par le régulateur. La vapeur est donc, dans la règle, surchauffée par la détente.

Un régulateur de sécurité ferme la vanne d'arrêt manœuvrée à la main, dans le cas d'une vitesse exagérée, causée soit par le dérangement du régulateur ordinaire, soit par le retour du courant électrique extérieur dans la dynamo (fig. 12).

Il a été essayé d'actionner le régulateur de vitesse par solénoïde, et, par conséquent, d'obtenir une tension électrique constante avec une vitesse variable. Cette solution n'a pas été adoptée pour les turbo-dynamos Parsons-Brown Boveri, au moins jusqu'ici.

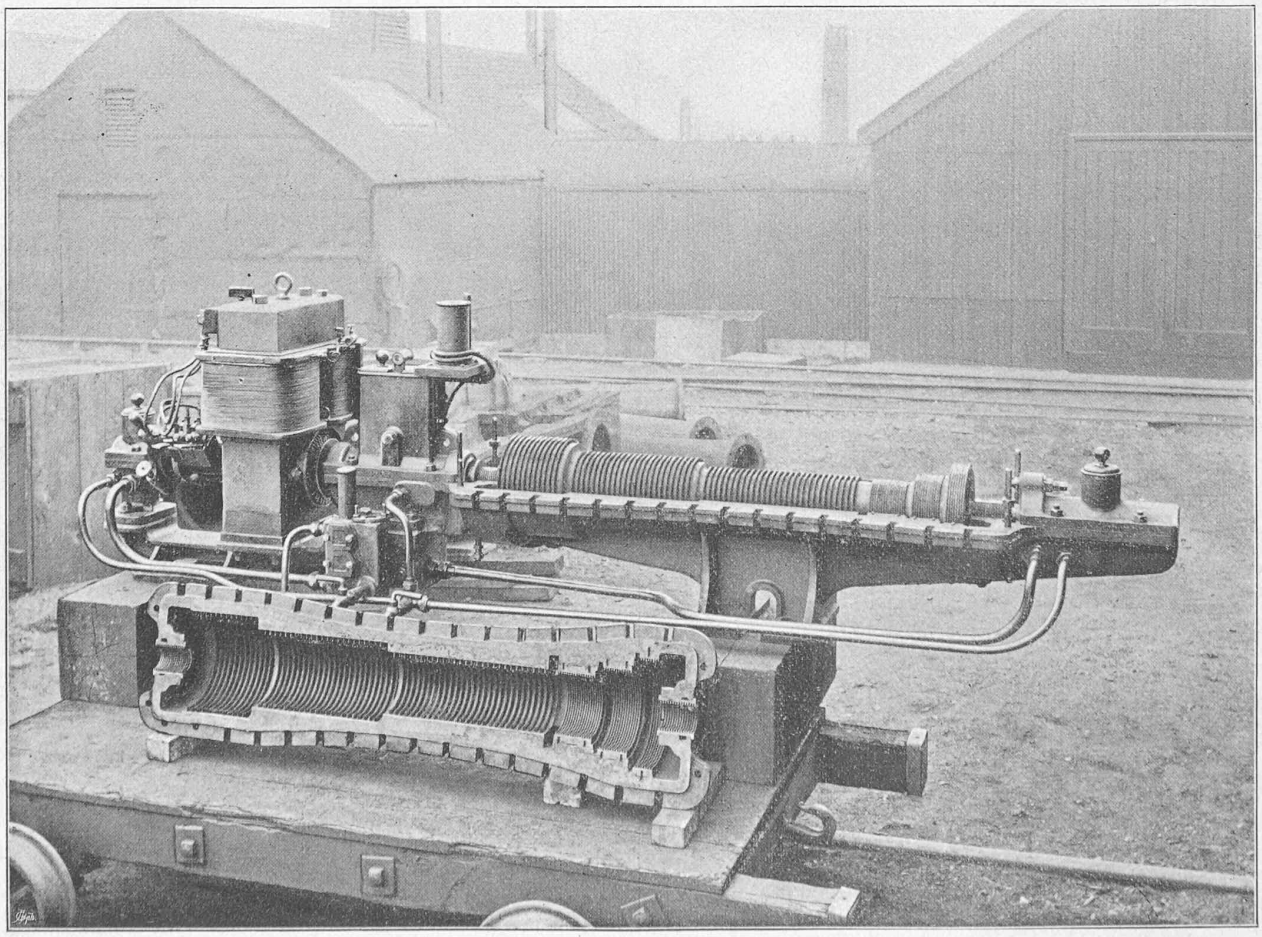


Fig. 10. — Vue d'une turbine Parsons ouverte.

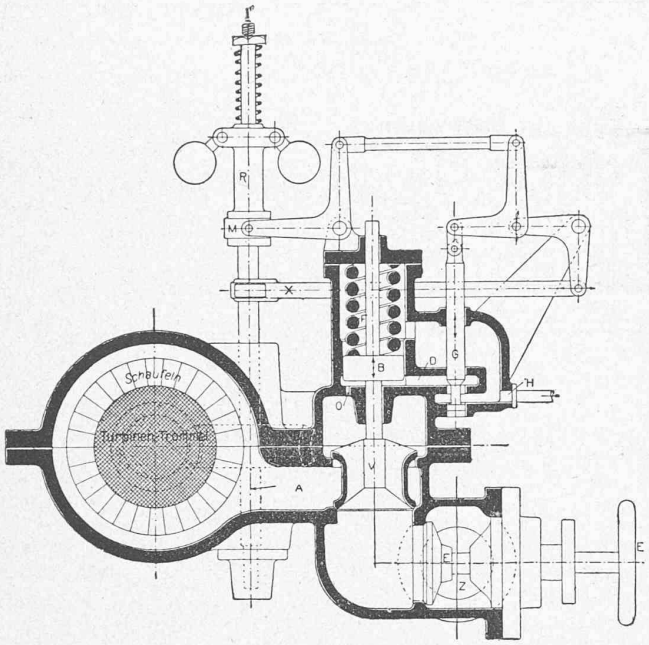


Fig. 11. — Coupe en travers, schématique, par l'axe de la vanne d'entrée d'une turbine Parsons.

La *dynamo*, montée sur le même arbre, est donc combinée pour marcher à vitesse constante. A 3000 tours les dimensions sont forcément très restreintes et c'est une sérieuse difficulté pour l'autorégulation électrique. Les électriciens exploitants sont aujourd'hui devenus très sévères sur ce chapitre. Les dynamos compound ont parmi eux peu de partisans, et la plupart exigent des chutes de tension réduites avec excitation en dérivation. Cette exigence s'applique aujourd'hui aux dynamos pour courants de tramways comme à ceux qui sont destinés à la lumière; et tandis qu'autrefois des chutes de tension de 40 à 50 % entre la tension à vide et en charge étaient tolérées comme facilement compensées par le réglage à main, on demande aujourd'hui des chutes inférieures à 8 % pour les grosses unités. Ces faibles chutes s'obtiennent en somme par de grandes dimensions; et c'est pourquoi les grandes vitesses, qui ramènent aux petites dimensions, sont une difficulté particulière. La dynamo que nous décrivons est excitée en compound; mais les champs magnétiques fournis par l'enroulement en dérivation et l'enroulement en série ne sont pas superposés, mais à angle droit. Le but est d'obtenir le champ résultant de l'inducteur et de l'induit fixe dans l'espace, et, par conséquent, de supprimer le déplacement de l'axe de commutation qui produisait des étincelles aux balais.

Le commutateur, fort long, est serti au milieu et aux extrémités par des frettes d'acier pour résister à la force centrifuge. Les balais sont en cuivre. La marche est très bonne, sans échauffement, sans étincelles, et sans qu'il faille déplacer les balais aux variations de charge. Le seul inconvénient du système est qu'il aboutit à une dynamo compound, et même surcompound, car la tension croît légèrement avec la charge. Il faut donc, pour la marche en parallèle avec d'autres machines, disposer les tableaux comme pour des machines compound, soit avec barres de compensation, résistances d'équilibre, etc. Quand cela est une gêne, il faut avoir recours à l'excitation indépendante, solution souvent adoptée dans d'autres turbo-dynamos Brown-Boveri.

La pompe de condensation est mue par un moteur électrique indépendant placé au niveau de la turbine et actionnant la pompe par courroie (fig. 14). Ce condenseur ne présente rien de saillant. Il aspire l'eau du lac dont le niveau aux hautes eaux est à peine inférieur à la tubulure d'injection. En basses eaux l'aspiration est d'environ 2 $^1/_2$ m.

Une vanne à trois voies permet d'évacuer la vapeur directement dans le canal d'échappement des eaux de condensation.

Un avantage marqué des turbines à vapeur sur les machines à piston est la rapidité de mise en marche. On peut en toute sécurité mettre en route en dix minutes, depuis le commencement de la manœuvre jusqu'à la marche en charge. Une machine à piston de 450 chevaux, même à vitesse notable, exige plus d'une demi-heure pour que l'échauffement soit suffisant pour éviter les coups d'eau.

Il y a eu les premiers temps à Neuchâtel de ces coups d'eau, provenant d'un défaut dans la vidange de l'eau du pot de condensation de la conduite de vapeur. La turbine s'arrête alors assez rapidement, ou ralentit la marche, sans autre incident. Une machine à piston aurait ses fonds de cylindres emportés.

Dépense de vapeur. — Les garanties du constructeur sont rapportées d'une part à la vapeur sèche et saturée ayant 11 atmosphères de pression à la vanne, et, d'autre part, au kilowatt effectif. Dans ces conditions, cette garantie est de 11,3 kg. de vapeur par kilowatt à pleine charge, et 12,6 kg. à demi-charge, la température de l'eau de condensation ne dépassant pas 20°.

On trouve souvent indiqué des dépenses inférieures à celles-ci, pour des turbines de même puissance. C'est ainsi que celle de Coire (200 kw.) a donné aux essais 9,59 kilos par kilowatt effectif, en pleine charge; mais la vapeur avait 12 $^1/_2$ atmosphères à la vanne et une surchauffe notable (250°). Celle de Tschöpeln, de 400 kilowatts, à 7 $^1/_2$ atmosphères et avec vapeur saturée a consommé 10,5 kg. par kilowatt-heure aux essais; mais la garantie était de 12 kg. Pour la turbo-dynamo de l'établissement d'Indret, de 280 kilowatts, la vapeur ayant 14 kg. à la vanne, sèche et saturée, la garantie était 11,5 kg. par kilowatt-heure à pleine charge, et les essais ont donné 10,58, mais *non* compris le travail de la condensation, travail effectué par une énergie étrangère.

Ces différences proviennent surtout des différences de conditions. On peut cependant dans la construction d'une turbine avoir en vue une économie spéciale pour la pleine charge, par exemple ; mais alors la dépense aux faibles charges augmentera. Pour l'application aux dynamos génératrices pour tramways, il vaut mieux avoir égard aux dépenses à faible charge, qui ont plus de durée, quitte à sacrifier un peu l'économie à pleine charge.

Il a été fait pour la machine de Neuchâtel deux séries d'essais, la première à Baden, la seconde à l'usine de Champ-Bougin.

Nous n'indiquerons que les chiffres rapportés aux kilowatts effectifs, à pleine charge, en déduisant donc l'énergie envoyée dans le moteur électrique de la pompe de condensation.

On a trouvé à Baden 10,48 kg. par kilowatt, et à Neuchâtel un chiffre un peu plus élevé, provenant de ce qu'à Baden la station d'essai permet des mesures très précises de l'eau condensée, cette eau étant mesurée à la *sortie* de la turbine, toutes fuites déduites, et par un condenseur de surface. Au contraire, il a fallu à Neuchâtel mesurer l'eau entrant dans les chaudières, *y compris toutes les fuites* d'eau ou de vapeur, et la précision des mesures laissait forcément à désirer. Au reste, ces mêmes mesures ayant servi en même temps à la vérification de garanties des chaudières, ont montré que celles-ci auraient dépassé, avec emploi d'un combustible médiocre, la garantie promise pour du bon. Il y a donc probabilité d'une petite erreur à l'avantage des chaudières et au détriment de la turbine. Il y avait encore une seconde cause d'erreur dans le fait que les instruments de mesures électriques ne concordaient pas d'une manière absolue.

Voici le résultat des essais de Baden :

290 kw.	vapeur	saturée . . .	10,48	kg.	par kw.-h.
311 »	»	surchauffée 38°.	9,63	»	»
140 »	»	saturée . . .	12,51	»	»
145 »	»	surchauffée 28°.	11,43	»	»
A vide,	dynamo	excitée . . .	416,—	»	par heure.
»	»	non excitée . .	391,—	»	»

Ces deux derniers chiffres sont entendus sans la déduction à faire pour le travail de condensation, qui les aurait augmenté d'environ 250 kg., soit 10 kilowatts à 25 kg.

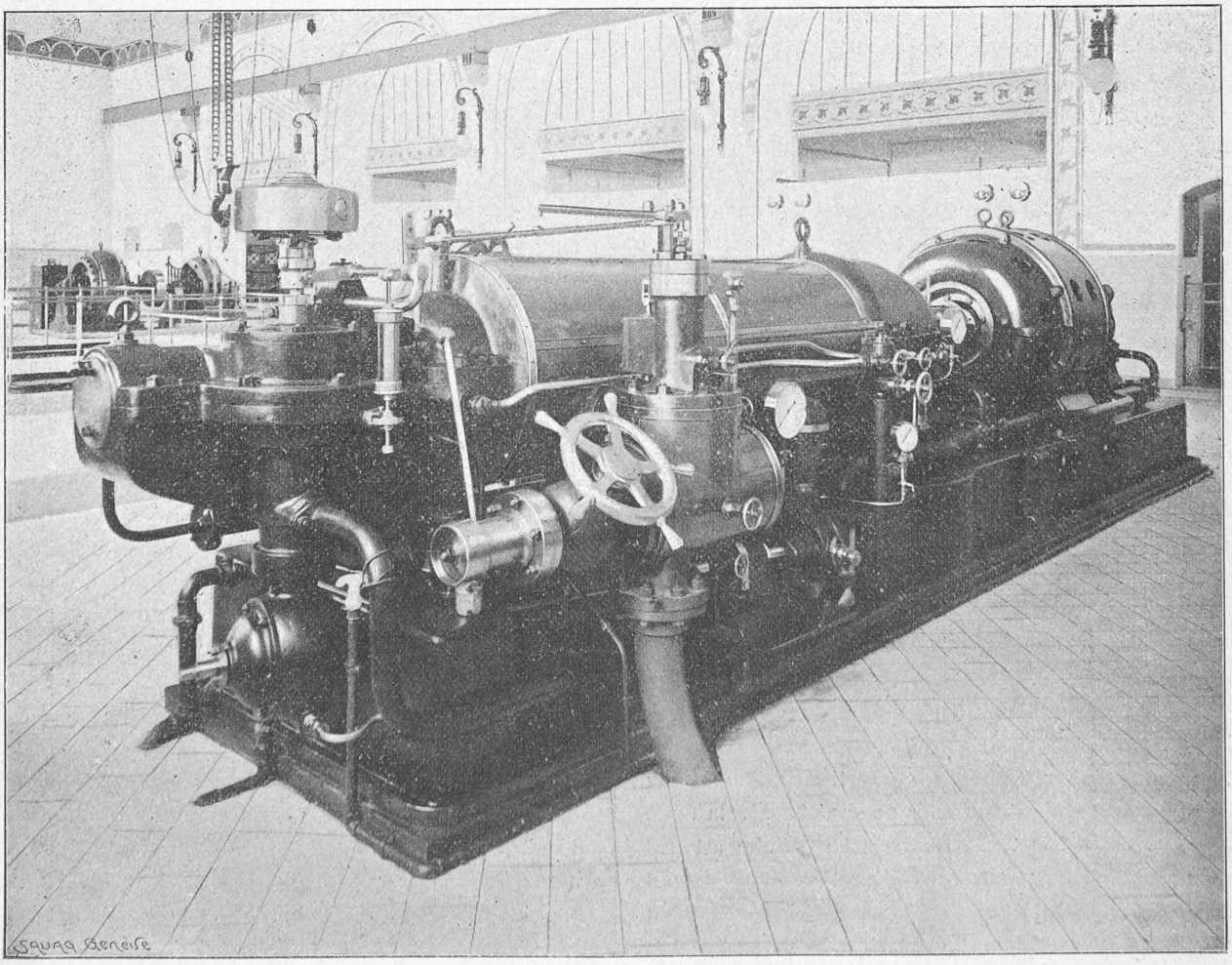


Fig. 12. — Usine électrique à vapeur de Neuchâtel. — Turbo-dynamo vue du côté du régulateur.

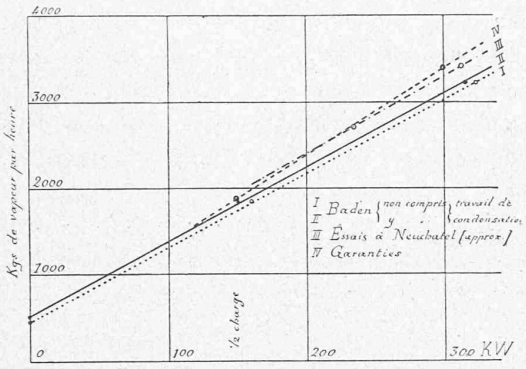


Fig. 13. — Résultats d'essais de la turbo-dynamo de 300 kw. de l'usine de Neuchâtel.

Pour établir ces chiffres, on a admis que le travail de la condensation, non mesuré, était de 10 kilowatts. On a pu mesurer exactement ce travail à Neuchâtel, et il est un peu inférieur. On serait donc en droit de corriger les essais de Baden, ce qui améliorerait encore un peu le résultat.

La figure 13 indique les courbes obtenues aux essais, comparées à celles des garanties. Il est à remarquer que les dépenses en fonction de la charge sont des fonctions presque linéaires.

Le tableau ci-après donne les résultats trouvés pour 14 turbines de 180 à 500 kilowatts, et ceux qui sont probables pour une 15e turbine de 900 kilowatts.

Groupes convertisseurs. — Le courant fourni par l'usine hydraulique du Pré-aux-Clées, près Boudry, est du courant triphasé à 33 périodes par seconde et 3800 volts. Pour convertir ce courant en continu à 600 volts, on utilise des commutatrices ou des groupes composés d'un moteur et d'une dynamo. Le premier mode a de chauds partisans, qui appuient leur opinion sur l'économie de matériel et l'avantage d'un rendement plus élevé. Les partisans du second mode objectent l'impossibilité du réglage de la tension du courant transformé et le retentissement sur le courant producteur de tous les incidents qui arrivent au courant produit.

La Compagnie des tramways possède à Neuchâtel une petite usine, actuellement hors d'usage, où il a été installé des commutatrices. Leurs inconvénients leur ont fait pré-

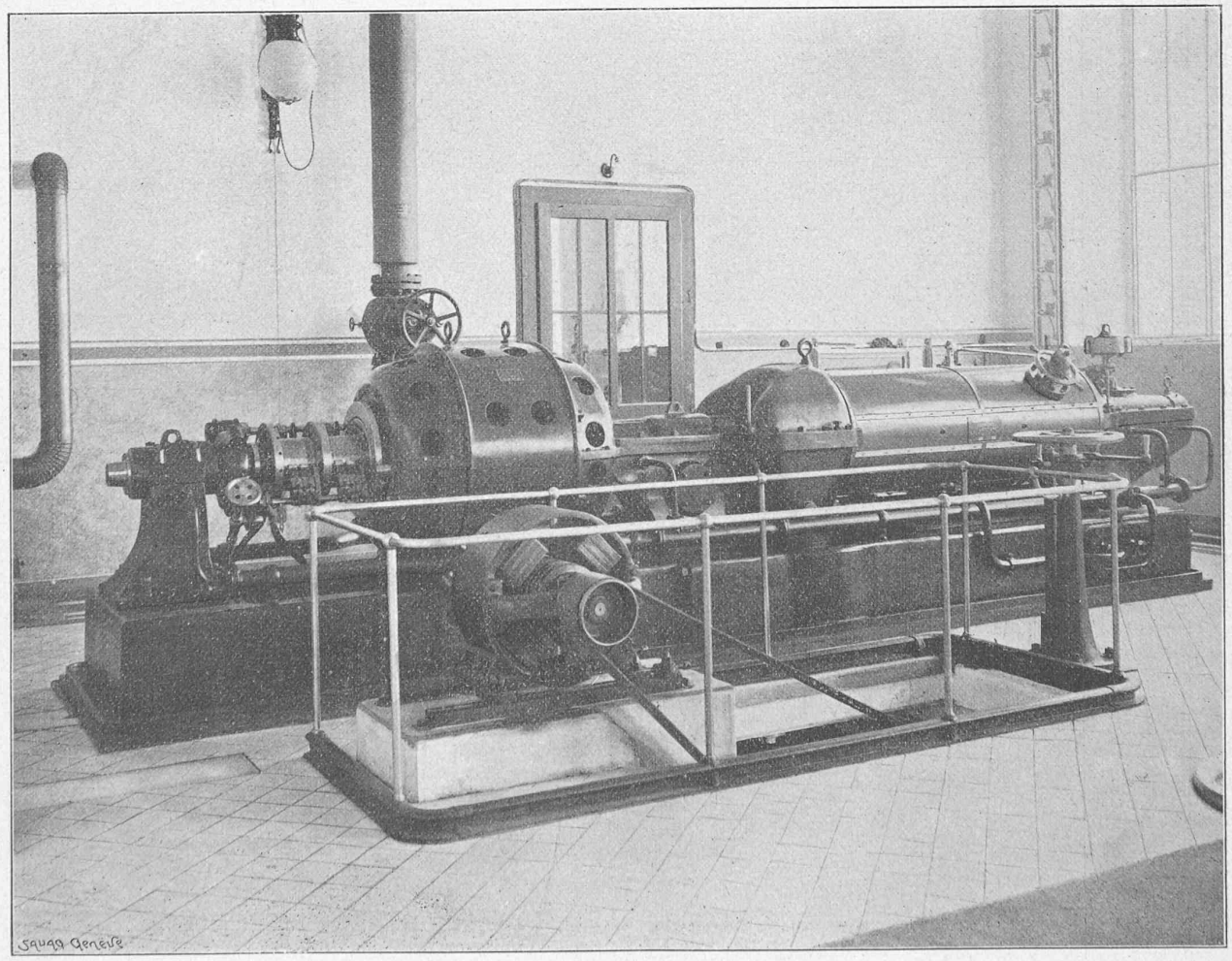


Fig. 14. — Usine électrique à vapeur de Neuchâtel. — Turbo-dynamo vue du côté du moteur de condensation.

Tableau des dépenses de vapeur rapportées au kilowatt effectif de différentes turbo-dynamos Parsons-Brown-Boveri.

Propriétaire.	Puissance en kw.	Nombre de tours.	Pression de la vapeur.	Degré de vide au condenseur.	Température de la surchauffe.	Courant électrique.	Poids de vapeur dépensée par kilowatt-heure, avec charge				Dépense à vide, dynamo		Remarques.
							4/4	3/4	1/2	1/4	exitée.	non exitée.	
Tschöpeln	380	3000	7 1/2	90 %	—	triphasé	12	—	13.4	15.8	—	550	Garanti.
—	400	—	—	—			10.5	11.27	12.8	17.35	—	920	Trouvé.
Neuchâtel	300	3000	11	90 %	—	continu	11.3	—	12.6	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—			10.48	11.15	12.5	—	600	575	Essais à Baden.
Antonienhütte	400	2500	7 1/2	90 %	—	triphasé	12.—	—	13.4	15.8	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—			10.5	11.3	13.2	16.45	915	735	Mesuré.
Linz-Urfahr	300	2700	9	90 %	—	monophasé	11.7	—	13.2	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—			11.04	11.9	14.72	19.9	679	407	Mesuré.
—	—	—	—	—	250		10.03	—	11.7	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	250		9.7	—	12.4	—	—	—	Mesuré.
Indret	280	3000	14	90 %	—	2 dynamos	11.5	—	—	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—		continu	10.58	11.3	12.7	—	—	452	Mesuré.
Lennewerke	350	3000	10	90 %	—	triphasé	11.3	11.8	12.7	15.—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—			10.2	11.3	12.7	17.4	650	443	Mesuré.
Troyes	900	1500	10	90 %	250	triphasé	9.6	—	10.5	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	250		9.2	—	11.3	—	—	—	Probable.
Wesserling	300	2860	10	90 %	—	triphasé	11.5	12.—	12.9	15.4	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	—		11.3	12.1	13.8	18.4	—	—	Mesuré.
Villach	350	3000	11.5	90 %	250	triphasé	10.—	10.5	11.2	13.4	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	250		9.3	10.2	11.6	15.3	620	—	Mesuré.
Carlshütte	350	3000	10	90 %	250	triphasé	10.—	—	11.2	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	250		9.82	—	11.—	—	—	—	Mesuré.
—	—	—	—	—	—		11.5	—	13.2	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	—		11.03	—	—	—	—	—	Mesuré.
Heidelberg	180	3500	9.5	90 %	230	continu	11.3	11.5	12.3	—	—	—	Garanti à 180, 150, 100 kw.
—	—	—	—	—	230		10.9	11.4	12.8	—	—	—	Mesuré » » » »
Flensburg	200	3000	9	90 %	280	continu	11.85	—	13.—	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	280		10.9	11.4	13.2 (?)	18 (?)	—	—	Mesuré.
Kiener et Cie	350	2880	11	90 %	250	triphasé	10.—	11.—	12.5	—	—	—	Garanti.
—	400	—	—	—	250		9.—	9.4	10.3	—	—	—	Mesuré.
Schlieper et Cie	500	3000	10	90 %	250	triphasé	10.5	11.3	12.1	18.—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	—	250		9.—	9.9	11.—	14.1	—	—	Mesuré.
Mfb. Baum	260	3000	7	échappemt	—	triphasé	21.—	—	26.—	—	—	—	Garanti.
—	—	—	—	libre	—		18.—	—	—	—	—	—	Mesuré.
—	—	—	—	90 %	—		—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—		11.2	—	13.3	—	—	—	Mesuré.

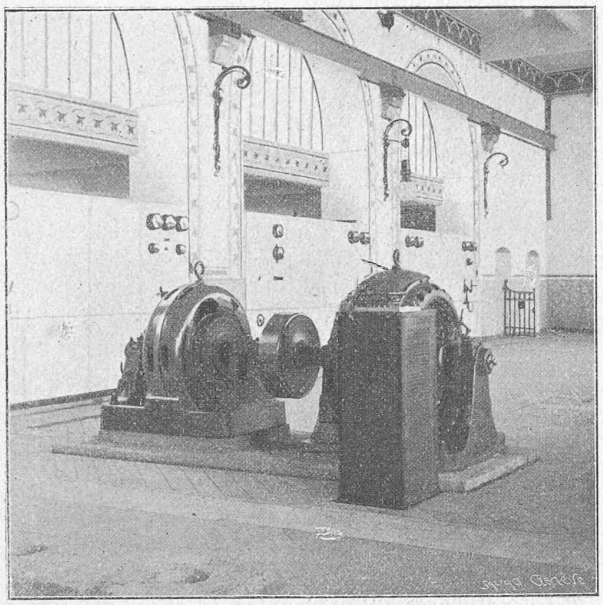


Fig. 15. — Usine de Neuchâtel.
Ancien groupe convertisseur de 100 chevaux.

férer pour les usines communales les groupes moteur et dynamo.

L'usine de Champ-Bougin contient deux groupes anciens, de 100 chevaux, comportant un moteur asynchrone triphasé, à 3800 volts, et une dynamo excitée en dérivation, de 500 à 720 volts. Vitesse commune 650 tours. On a installé, en outre, un groupe nouveau avec moteur synchrone, de 250 kilowatts comptés en courant continu. Le choix du moteur a été imposé par la faiblesse actuelle des lignes d'alimentation de l'usine. Le moteur synchrone, très largement dimensionné, en permettant de recaler le courant diminue les pertes de transport d'une manière

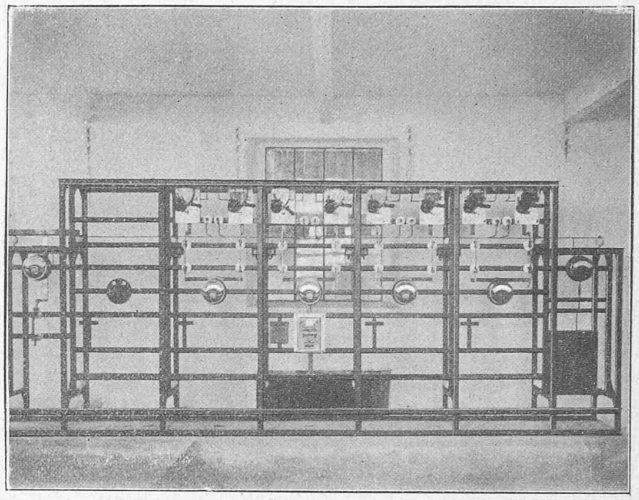


Fig. 17. — Usine de Neuchâtel. — Tableau des tramways.

notable, et en tout cas absorbe moins de courant. C'est son seul avantage, car comme usage pratique le moteur asynchrone lui est bien supérieur. Aussi les futurs groupes sont-ils prévus avec moteurs asynchrones, le groupe actuel suffisant pour recaler le courant de tous ceux-ci.

Tableaux de réglage. — Les plans de l'usine montrent un couloir latéral communiquant par quatre larges baies avec la salle des machines. Ce couloir, que le plan intitule « Galerie des tableaux », contient les tableaux de distribution des courants triphasés et monophasés à haute tension, et du courant continu à 580 volts.

Les appareils qui exigent une manipulation ou dont les indications sont continuellement utiles, sont placés dans les baies, du côté de la salle. Les autres sont groupés sur des châssis, au milieu du couloir.

Les conducteurs qui relient les tableaux et les machines, sont des câbles sous plomb, placés dans des canivaux; le sol de la salle a été creusé en de profondes rainures, recouvertes de marbre blanc, qui laissent passer ceux-ci. On préfère souvent à cette disposition des sous-sols élevés, où les conducteurs sont fixés sur isolateurs ; mais le sous-sol de l'usine est du rocher coûteux à exploiter et le voisinage du lac le rend humide. On a donc préféré faire l'économie, très notable, de n'excaver le bâtiment que pour les condenseurs des turbo-dynamos.

La figure 17 représente la partie du tableau de distribution qui concerne les tramways, avant son achèvement. Chaque division de châssis comprend un compteur, un ampère-mètre, deux disjoncteurs à main et deux disjoncteurs automatiques.

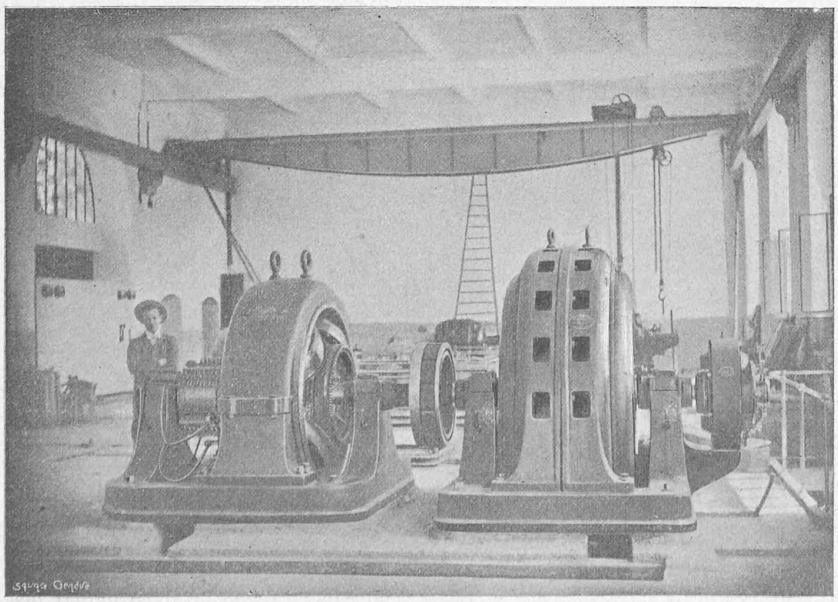


Fig. 16. — Usine de Neuchâtel.
Nouveau groupe convertisseur de 250 kilowatts.

Locaux accessoires. — Le bâtiment contient un réfectoire, une chambre de toilette, un atelier de réparations, un magasin au rez-de-chaussée, un magasin à l'étage et un dortoir.

Un couvert en charpente, de 32 m. de long, est destiné à abriter des poteaux et autres bois.

Entrepreneurs. — Béton armé, gros œuvre des bâtiments : *Société Mordasini, Holliger & Cie.*

Cheminée, maçonnerie des chaudières : *Walzer & Cie*, à Winterthur.

Chaudières : *Maschinenfabrik Guilleaume Werke*, à Neustadt.

Epurateurs : *Société de constructions mécaniques* de Bâle.

Turbo-dynamo, tableaux de réglage : *Société Brown, Boveri & Cie*, à Baden.

Convertisseurs électriques : *Société d'Electricité Alioth*, à Münchenstein.

Pompes d'alimentation : *Weise & Monski.*

Architecte du bâtiment : M. *Alfred Rychner.*

Services industriels de la ville : directeur, *Ed. Hartmann;* ingénieur, R. Chavannes.

ROGER CHAVANNES.

Divers.

Reconstruction du pont sur l'Aar, à Brugg[1].
(Ligne de Bötzberg.)

A la fin de l'année dernière, la Direction générale avait proposé au Conseil d'administration des Chemins de fer fédéraux de remplacer le tablier métallique actuel du pont sur l'Aar, à Brugg, par un pont neuf, à l'occasion de la pose de la seconde voie Brugg-Stein, et de donner aux poutres principales de cet ouvrage, comme à celles du pont neuf de la 2e voie, la forme dite semi-parabolique.

Mais, suivant une contre-proposition de M. l'ingénieur en chef Moser, le Conseil avait écarté cette proposition en chargeant la Direction générale de mettre encore à l'étude la question de la transformation du pont métallique en un viaduc en maçonnerie.

M. l'ingénieur en chef Moser avait émis l'avis que le viaduc en maçonnerie mériterait la préférence pour autant que la différence de coût entre cette solution et le tablier métallique proposé ne dépasserait pas 200 000 fr., surcroît de frais compensé, estimait-il, par les économies sur l'entretien et par la durée bien plus étendue de l'ouvrage en maçonnerie.

M. l'ingénieur en chef Moser remarquait de plus que le viaduc en pierre pourrait même, peut-être, coûter moins cher que le tablier métallique neuf à double voie, devisé à 500 000 fr.; il appuyait son dire sur l'offre ferme d'une entreprise recommandable.

Notre planche 7 et les figures 1 et 2 représentent l'une des quatre variantes étudiées par la Direction générale.

[1] Voir N° du 25 avril 1903, page 120.

Ces quatre variantes diffèrent par la travée qu'on voit à gauche de la grande ouverture centrale : deux d'entre elles prévoient la division en trois par deux piles neuves, pour cette travée comme pour les autres travées latérales; mais, comme l'une de ces piles tomberait dans le canal des forces motrices de Brugg, ce canal doit forcément être dérivé.

Cette dérivation difficile et coûteuse est évitée par les deux autres variantes, qui prévoient deux arches pour cette travée de gauche, savoir une petite et une grande. Ce mode de procéder parait préférable parce qu'il présente l'avantage d'éviter tout chômage de l'usine des forces motrices.

Les voûtes de toutes les arches sont partagées suivant l'axe du chemin de fer par un vide de $1^m,50$, régnant sur toute la longueur du viaduc, en sorte que l'ouvrage se composerait en réalité de deux viaducs à simple voie juxtaposés, supportés par des piles communes à double voie. Ces deux viaducs courent parallèlement d'un bout à l'autre, aussi bien dans les petites arches des travées latérales que dans la grande ouverture centrale. L'intervalle est recouvert par une dalle en béton, de manière que le ballastage puisse s'étendre sur toute la largeur du tablier.

Chacune des voûtes à simple voie a $4^m,30$ de large.

La même disposition a été adoptée récemment pour le grand pont-route de Luxembourg, afin de réduire le cube de la maçonnerie des voûtes. L'intervalle y mesure à peu près le tiers de la largeur totale du pont (16 m.). Mais, au cas particulier du pont sur l'Aar, c'est pour une autre raison que cet intervalle s'impose : c'est la présence du pont actuel en fer et l'obligation de le maintenir en service; il est nécessaire, en effet, de construire d'abord une moitié du viaduc en pierre, celle destinée à la deuxième voie, pour y faire passer les trains tôt après. Ce n'est qu'alors que le tablier métallique actuel pourra être démoli et qu'enfin la seconde moitié du viaduc en pierre pourra être bâtie à sa place. L'avant-projet Moser ne prévoyait pas cette séparation des voûtes, mais M. Moser en a parlé dans son exposé. La construction des voûtes en deux fois rend une liaison rationnelle impossible, et le vide à ménager entre elles est préférable, d'autant plus qu'il offre aussi des avantages indiscutables pour l'exécution.

La passerelle pour piétons qui, sous forme de pont suspendu, traverse les piles à mi-hauteur, doit être supprimée pendant la durée des travaux et reconstruite ensuite d'une autre façon; or cette reconstruction de la passerelle à l'intérieur du viaduc en maçonnerie est bien plus simple dans le cas des voûtes séparées. Pendant la reconstruction du viaduc, l'établissement d'une passerelle provisoire s'impose.

L'élargissement des piles en rivière diminuant la section de l'Aar en temps de hautes eaux nécessite une augmentation du profil de la rivière sur la rive gauche.

Le rapport de la Direction générale contient, sur la valeur relative des ponts en maçonnerie et des ponts en fer, des considérations qu'il peut être intéressant de citer.

On sait, dit le rapport, que les ponts en maçonnerie, s'ils sont bien construits, sont préférables aux ponts métalliques.

Comme la construction des ponts voûtés, spécialement des voûtes à grande portée, a fait de notables progrès ces derniers temps et comme on dispose actuellement de chaux et de ciments d'excellente qualité, la tendance générale, justifiée du reste, est d'employer la pierre et non plus le fer à la construction des ponts.

Mais il est erroné d'en conclure que la construction des ponts métalliques doive absolument être abandonnée et que tous les ponts en maçonnerie soient également bons.