

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 54 (1928)
Heft: 14

Artikel: Transformation d l'ancien équipement mécanique de l'usine hydro-électrique de Wynau
Autor: Marti, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-41881>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

Transformation de l'ancien équipement mécanique de l'usine hydro-électrique de Wynau¹,

par M. F. MARTI, ingénieur,

Directeur des Usines électriques de Wynau S. A., à Langenthal.

La centrale de la Société des Usines électriques de Wynau (canton de Berne) fut construite sur la rive droite de l'Aar, en 1893-1895, par *Siemens & Halske A. G.*, de Berlin. L'installation étant du type « usine-barrage », sans canal d'aménée, la chute utile varie, avec le débit du fleuve, entre 2,2 m en hautes eaux et 5,0 m en basses eaux (100 m³/sec, environ). La chute moyenne annuelle est de 3,7 m, environ, et le débit moyen annuel, de 290-300 m³/sec.

Premier aménagement.

En conformité de la « technique » de cette époque, l'usine fut équipée de 5 turbines *Jonval*, à axe vertical, développant chacune 750 ch, à la vitesse de 41,5 tours/min. L'énergie engendrée était transmise, au moyen d'engrenages coniques, aux génératrices à axe horizontal. Celles-ci d'une puissance de 640 kVA, tournant à raison de 150

¹ Traduit par la rédaction du *Bulletin technique*.

tours/min, produisaient du courant triphasé, à la tension de 450 V entre phases et à la fréquence de 50 périodes/sec (Voir fig. 1). Cette tension était élevée à 9200 V par 12 transformateurs de 200 kVA chacun, pour l'alimentation des lignes de transmission. Le constructeur avait « garanti » les caractéristiques suivantes pour les turbines *Jonval* :

Chute	4,0	4,3 m
Puissance	667	750 ch
Débit	16,9	17,5 m ³
Rendement	74	75 %
Vitesse angulaire	41,5 t/min.	

Des essais effectués en 1899 donnèrent les résultats suivants :

Chute nette	3,3	3,9	4,2 m
Puissance du groupe mesurée aux bornes à haute tension des transformateurs.	270,0	378	438 kW

Première transformation.

Malheureusement, les roues des turbines se révélèrent impropres à résister aux sollicitations auxquelles elles étaient exposées, particulièrement en cas de court-circuit aux génératrices, et furent sujettes à des ruptures

répétées, quelques années déjà après leur mise en service. Ces accidents engagèrent la direction de l'usine à procéder, graduellement, au remplacement des turbines *Jonval* par des turbines *Francis*, à une seule roue, tout en conservant la transmission par engrenage entre turbine et génératrice. Lors des études de cette transformation, exécutées en 1908-1909, on envisagea sérieusement l'éventualité de se libérer aussi de cette transmission qui causait de fréquentes interruptions du service. Il eût été possible de loger dans le puits existant une turbine *Francis* double, à axe vertical, développant 700 ch, à 60 t/min, mais l'alternateur triphasé, accouplé directement avec la turbine, aurait eu des dimensions inadmissibles, savoir 6,5 m de diamètre extérieur, alors que la distance entre axes des chambres de turbines n'est que de 6,0 m.

Comme, d'autre part, les génératrices étaient encore, à cette époque, en bon état, on décida de les conserver et de ne remplacer que les turbines. Les 5 turbines *Jonval* furent donc remplacées, dans la période 1909-1916 par 3 turbines *Francis* munies du réglage par vannage système *Schaad* (Lucerne), et par

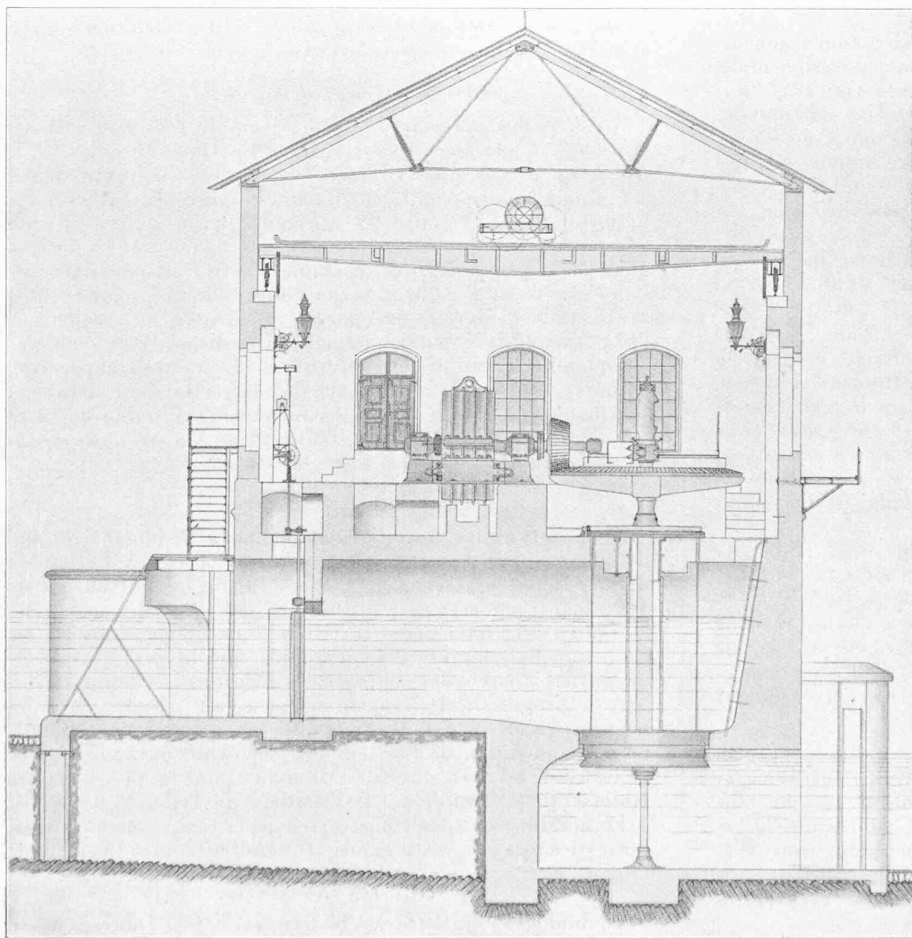


Fig. 1. — Turbine *Jonval* de l'ancienne centrale de Wynau.
(D'après le dessin original du constructeur.)

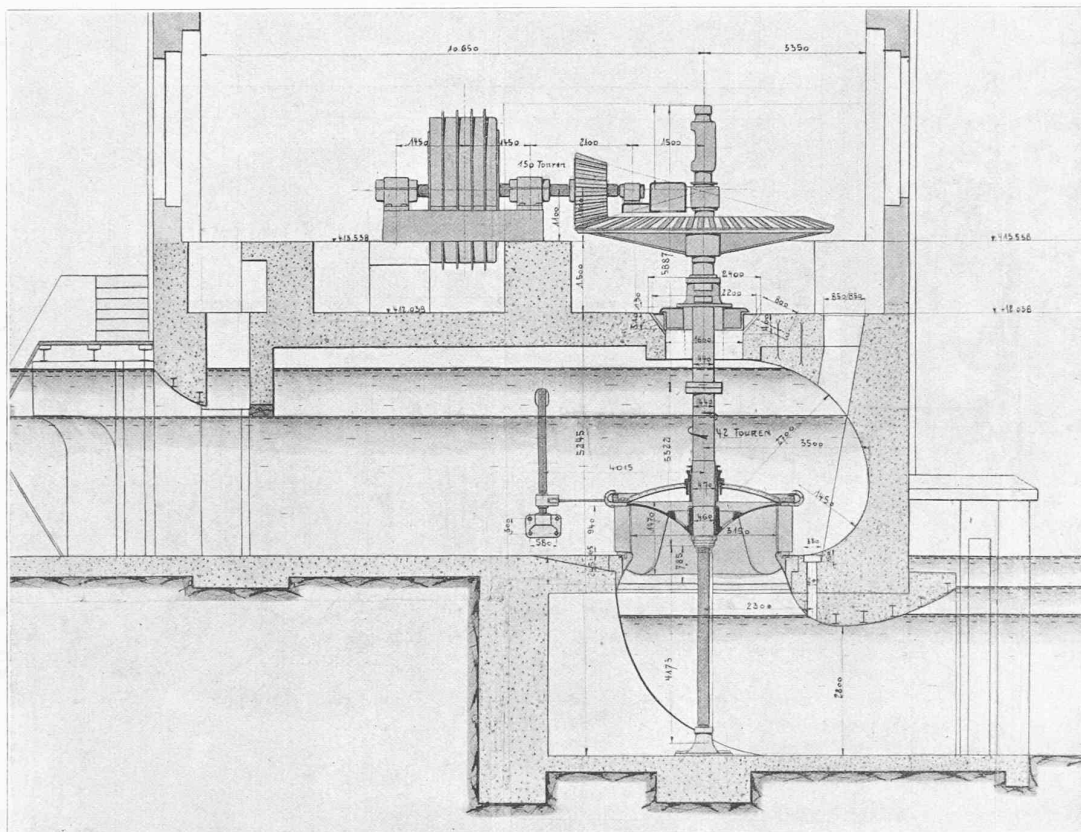


Fig. 2. — Turbine Francis de l'ancienne centrale de Wynau. — Echelle 1 : 150.

2 turbines Francis munies du réglage système *Finkel*, par pivotement des aubes du distributeur. Pour ces dernières turbines, les garanties suivantes avaient été données :

Chute nette	3,3	3,9	4,2	m
Débit	—	18,7	20,5	m ³ /s
Puissance	600	750	840	ch
Vitesse angulaire	42	42	42	t/min
Puissance du groupe mesurée aux bornes à haute tension des transformateurs.	370	463	518	kW

Cette première modernisation réalisa déjà une amélioration intéressante de la puissance et du rendement des turbines. (Fig. 2.)

Deuxième transformation.

Mais, après un service de trente années, les génératrices montrèrent, à leur tour, des traces de fatigue et, en 1925, le groupe I devint inutilisable par suite de la dislocation des tôles du stator. Or, il n'était pas question de remplacer les génératrices et de conserver les turbines démodées, avec les transmissions par engrenages, et, comme dans l'entretemps la Société des usines électriques de Wynau avait aménagé, sur la rive gauche de l'Aar, une usine tout à fait moderne, desservie par le même barrage, mais équipée de 4 turbines-hélices¹, de 2500 ch chacune, accouplées directement avec des alter-

nateurs triphasés à axe vertical et mise en service en 1923, il était tout indiqué de mettre à profit, pour la transformation de l'usine de la rive droite, les bons résultats fournis par ces turbines-hélices. En vue de réduire les travaux de maçonnerie, il fut décidé de conserver la chambre d'eau du groupe avarié I et de limiter le remaniement des fondations à la construction d'un tube d'aspiration approprié à la nouvelle installation et d'un double plancher en béton armé pour supporter la turbine et la génératrice.

Grâce à cette transformation, il fut possible de dimensionner le nouveau groupe de façon que, pour une vitesse de 125 tours par minute, il produise, sous différentes chutes, un gain notable de puissance, avec des rendements élevés. (Fig. 3.)

Le fournisseur de la nouvelle turbine, les *Ateliers de constructions mécaniques de Vevey*, avait donné les « garanties » suivantes, lors de la conclusion du contrat :

Chute nette	5,20	5,00	4,70	4,25	3,70	3,00	2,20	m																																					
Puissance à pleine charge.	1315	1250	1150	1000	820	650	425	ch																																					
Rende-ment à	<table border="0"> <tr> <td rowspan="4"> $\left. \begin{array}{l} 8/8 \\ 7/8 \\ 6/8 \\ 5/8 \end{array} \right\}$ </td> <td>de la pleine charge</td> <td>83</td> <td>83</td> <td>82</td> <td>81</td> <td>79</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>» » » »</td> <td>85</td> <td>85</td> <td>84</td> <td>83</td> <td>77</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>» » » »</td> <td>81</td> <td>81</td> <td>79</td> <td>77,5</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>» » » »</td> <td>73</td> <td>73</td> <td>71</td> <td>69</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>%</td> </tr> </table>								$\left. \begin{array}{l} 8/8 \\ 7/8 \\ 6/8 \\ 5/8 \end{array} \right\}$	de la pleine charge	83	83	82	81	79	—	—	%	» » » »	85	85	84	83	77	—	—	%	» » » »	81	81	79	77,5	—	—	—	%	» » » »	73	73	71	69	—	—	—	%
$\left. \begin{array}{l} 8/8 \\ 7/8 \\ 6/8 \\ 5/8 \end{array} \right\}$	de la pleine charge	83	83	82	81	79	—	—		%																																			
	» » » »	85	85	84	83	77	—	—		%																																			
	» » » »	81	81	79	77,5	—	—	—		%																																			
	» » » »	73	73	71	69	—	—	—	%																																				

Après la mise en service du groupe, des essais de réception minutieux ont été exécutés ; les résultats en sont récapitulés par le graphique ci-joint. (Fig. 4.)

La mesure des débits, lors de ces essais, a été faite par M. Bitterli, ingénieur, à Rheinfelden, au moyen d'un

¹ Décrites dans le *Bulletin technique* du 16 août 1924, page 209.

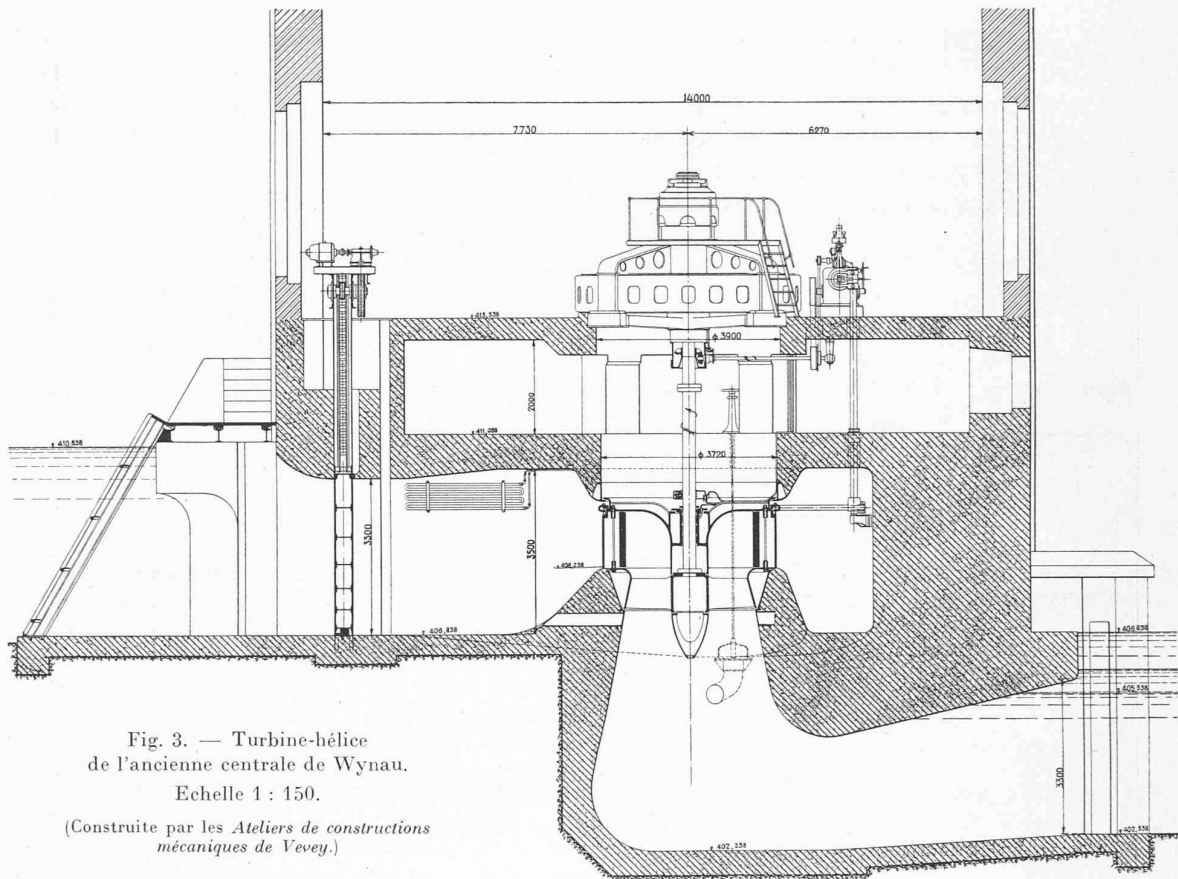


Fig. 3. — Turbine-hélice de l'ancienne centrale de Wynau. Echelle 1 : 150. (Construite par les Ateliers de constructions mécaniques de Vevey.)

nouvel appareil auto-enregistreur construit par A. Ott, à Kempten.

La vitesse du courant d'eau fut, chaque fois, mesurée à l'aide de 12 moulinets travaillant simultanément sur une même verticale du canal de jaugeage aménagé spécialement en vue des essais, derrière la vanne d'entrée de la chambre.

Ces mesures, combinées avec les mesures de la puissance développée par l'alternateur, donnent les caractéristiques de la turbine représentées par le diagramme de la figure 4.

Les résultats de ces essais ayant montré que les caractéristiques effectives surpassaient les caractéristiques «garanties», la «prime» stipulée au contrat, en prévision de cette éventualité, fut bonifiée au constructeur.

L'alternateur triphasé fut essayé chez le constructeur, les Ateliers de construction Oerlikon, où les caractéristiques suivantes furent relevées.

Rendements.

Puissance	Pour cos φ = 1		Pour cos φ = 0,8	
	Garantis	Effectifs	Garantis	Effectifs
1300 kVA, soit 4/4 de la pleine charge	95,0	94,7	91,5	93,0
975 » » 3/4 » » » »	94,3	94,2	90,8	92,4
650 » » 2/4 » » » »	92,8	92,8	89,2	90,7
325 » » 1/4 » » » »	88,0	88,0	82,0	85,1

Les valeurs «effectives» s'entendent y compris les pertes afférentes au palier de butée (pivot).

Elévation de la tension entre la pleine charge et la marche à vide, l'excitation n'étant pas modifiée.

Pour cos φ = 1	garantie : 15 %	effective : 19 %
» cos φ = 0,7	» 33 %	» 32 %

Les résultats comparatifs suivants se déduisent de ces essais :

Chute nette	3,3	3,9	4,3 m
Puissance	800	950	4070 ch à l'arbre de la turbine
Puissance	540	650	741 kW mesurée du côté haute tension.

Le supplément d'énergie annuelle dû à la transformation exécutée en 1925 découle du calcul suivant :

Le nouveau groupe I (mis en service le 20 août 1926) travailla, en 1927, 339 jours, correspondant à 8057 heures d'utilisation et produisit 4 704 070 kWh. La puissance moyenne fut donc de

$$4\ 704\ 070 : 8057 = 583,83 \text{ kW, en haute tension}$$

correspondant à une chute hydraulique nette, moyenne, de 3,50 m. Or, sous une même chute nette, moyenne, l'ancien groupe I (à turbine Francis) développait une puissance de 400 kW qui, pour une utilisation de 8057 heures, correspondent à 3 222 800 kWh. L'excédent d'énergie produite par le nouveau groupe, soit 1,48 million de kWh, évaluée à raison de 4,6 ct/kWh, recette moyenne de toute l'énergie produite par les Usines de Wynau, équivaut à un supplément de recettes de Fr. 68 138.

Les dépenses totales pour la transformation, y compris l'aménagement d'une nouvelle vanne d'entrée à commande électrique, s'étant montées à Fr. 300 000, en chiffres ronds, le supplément de recettes correspondant à l'excédent annuel d'énergie représente donc le 22,7 % des dépenses globales de constructions.

*Accroissement de la puissance disponible
dû à la transformation.*

Cet accroissement ressort du tableau ci-dessus. Puisque, sous une chute moyenne annuelle de 3,5 m l'ancien groupe développait 400 kW, en haute tension et que le nouveau

3,9 m, pour laquelle elle avait d'ailleurs été construite, en 1912. Sous des chutes plus grandes la turbine aurait, sans doute, développé un supplément proportionné de puissance, mais qui n'aurait pas pu être transmis à la génératrice sans risque de détériorer les engrenages. Au contraire, le nouveau groupe, installé en 1926, peut être pleinement utilisé jusqu'à la chute de 5,0 m correspondant à l'étiage minimum. Dans ces conditions, le groupe développe 1420 ch, correspondant à 980 kW, soit, sous cette chute, une majoration de la puissance de 460 à 980 kW, soit, en valeur relative, 113 %.

En résumé, il découle de l'analyse de cette transformation que la substitution de turbines « modernes » à des installations surannées, et même sans remaniement notable des fondations, est tout à fait économique et se traduit par un accroissement important de la puissance et de la capacité de production de l'usine, particulièrement pour les installations à basse chute.

Aussi la direction des Usines électriques de Wynau a l'intention de transformer, de la même manière, les autres groupes, afin de moderniser complètement la centrale de la rive droite de l'Aar.

Quelques résultats d'essais sur le processus d'enclenchement et de déclenchement des interrupteurs à huile.

Résumé de la conférence faite à l'assemblée générale de l'Association suisse des Electriciens, le 17 juin 1928, à Baden, par M. le Dr KOPELIOWITCH.

La nécessité de calculer rationnellement les interrupteurs à huile, vu la puissance croissante des court-circuits qu'ils sont appelés actuellement à couper, a engagé la maison Brown Boveri à effectuer des recherches systématiques sur le processus d'enclenchement et de déclenchement dans l'huile.

Les essais démontrent l'accroissement linéaire, en fonction de la longueur, de la tension de l'arc de rupture, et l'insuffisance des formules employées pour calculer la longueur d'arc, car ces formules ne tiennent généralement pas compte de tous les facteurs entrant en jeu. On analysa alors systématiquement leur influence particulière par de grandes séries d'essais. Ceux-ci permirent l'établissement de graphiques à l'aide desquels il est possible, pour des cas déterminés, de trouver la tension et la longueur d'arc maxima. En même temps, on mesura l'énergie dissipée dans l'arc de rupture avec un wattmètre balistique, et la quantité de gaz dégagés avec un gazomètre. On enregistra les variations de pression à l'intérieur de la cuve de l'interrupteur avec un manomètre électrique alimenté par un courant de 1000 périodes par seconde.

On étudia les phénomènes de nature dynamique et thermique se développant dans l'interrupteur en cinématographiant au ralenti, à raison de 300 images par

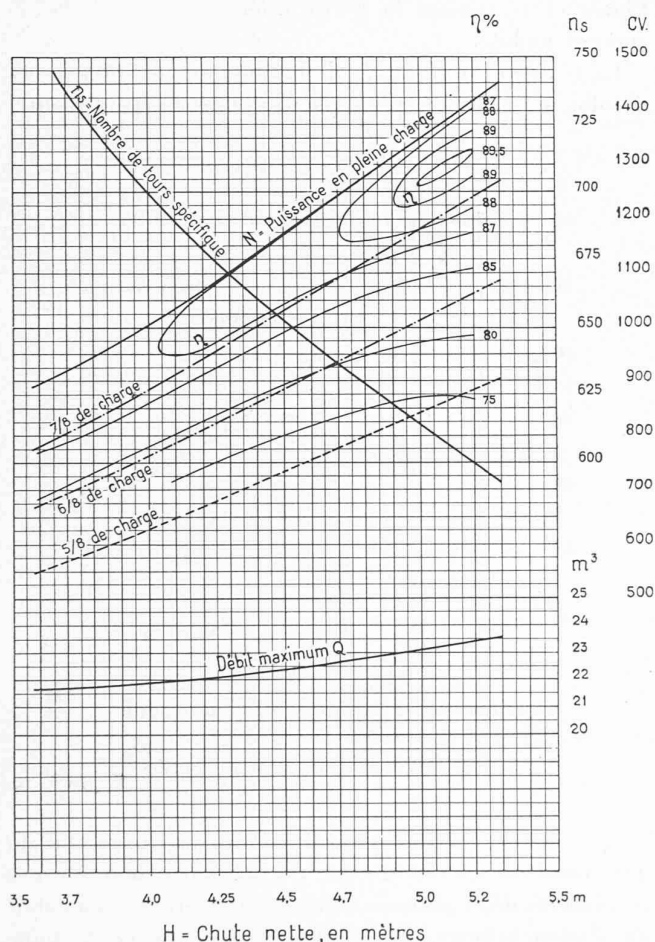


Fig. 4. — Caractéristiques de la turbine-hélice de l'ancienne centrale de Wynau.

groupe développe 584 kW, en chiffres ronds, le gain de puissance est donc de 46 %.

Il convient de remarquer que le nouveau groupe a été conçu avec le souci d'utiliser au mieux l'installation sous les hautes chutes, autrement dit en basses eaux. C'est pourquoi la turbine a été construite en vue d'une chute de 5,0 m.

La puissance de l'ancien groupe était limitée, par la présence des engrenages de transmission, à 750 ch correspondant à une puissance de la génératrice de 510 kW en basse tension et de 460 kW en haute tension. Cette puissance de la turbine se rapportait à une chute nette de