

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 65 (1939)
Heft: 12

Artikel: Essais des turbines de la Jougne
Autor: Bois, L. du
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49999>

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: 30.03.2025

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

nouvelles dans des domaines extrêmement variés dépassant de beaucoup le cadre des préoccupations habituelles de nos milieux techniques.

Son langage sans détour allait droit au but, c'était un plaisir de converser avec lui. Il cachait sous quelque peu d'ironie et une allure parfois désabusée un cœur excellent et une perspicacité psychologique remarquable.

Ses amis lisaient toujours avec plaisir ses messages où

par quelques termes, constituant souvent de vraies trouvailles, il jugeait une situation, brossait un caractère, fixait une attitude.

Ses connaissances si variées et si complètes Demierre les mit au service d'une quantité de causes dont il fut en bien des cas la cheville ouvrière, et cela modestement, faisant preuve d'un grand désintéressement, d'une fidélité et d'une discipline dans le travail à toute épreuve.

D. BRD.

Essais des turbines de la Jougenaz

par L. Du Bois, ingénieur, à Lausanne.

L'aménagement de cette chute, par la Société Electrique du Châtelard, à Vallorbe, a fait l'objet d'une description dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* des 9 et 23 avril 1938. Comme particularité intéressante de cette installation, nous avons signalé la solution proposée, pour les turbines, par les *Ateliers des Charmilles*, en vue d'obtenir, avec un seul groupe, des rendements aussi élevés que possible pour des charges très réduites.

Rappelons que le groupe comprend deux turbines Francis à axe horizontal montées sur le même arbre, celui-ci entraînant un seul alternateur par accouplement rigide, à la vitesse de 1000 tours par minute. Chaque turbine est pourvue, à l'entrée, d'une vanne autoclave coudée, à commande par huile sous pression. Le réglage de la vitesse est assuré par un régulateur accélérotachymétrique « Volet-Charmilles », de manière à produire automatiquement le fonctionnement de l'une des turbines (turbine N° 1, côté alternateur), ou des deux simultanément (turbine N° 1 et turbine N° 2, à ouvertures égales), selon ce qui est nécessaire pour obtenir le rendement optimum à toute charge. Lorsque le distributeur de la turbine N° 2 se ferme, la vanne-coude de cette turbine se ferme également automatiquement, afin d'éviter toute perte d'eau. Lorsque l'ouverture de cette turbine doit avoir lieu, sa vanne est préalablement ouverte automatiquement. Quand la turbine N° 1 marche seule, elle entraîne à vide la roue de la turbine N° 2, le volant et le régulateur avec sa pompe. La chute nette varie de 50 à 36 m, et la puissance maximum du groupe (distributeurs également ouverts), de 880 à 590 ch, ce qui, avec la vitesse de 1000 tours par minute, correspond à un « nombre de tours spécifique » de 158 à 195 (par roue turbine).

Des essais de réception aussi exacts que possible ont été effectués, les 5 et 6 mai 1938, et le 1^{er} février 1939, afin de se rendre compte si les garanties données par les constructeurs étaient bien remplies.

Nous donnons ci-après une rapide description de ces essais et des résultats obtenus.

Chute nette :

La crête du barrage est à la cote . . .	778,000
L'axe des turbines est à la cote . . .	728,512
Différence	49,488 m

La hauteur d'aspiration a varié, suivant le débit dans le canal de fuite, entre les valeurs de 3,31 m et 3,55 m.

Pour chaque essai on notait, à des intervalles de 2 minutes, la hauteur des plans d'eau amont et aval, et on prenait la moyenne de ces lectures. Les pertes de charge ont été observées à l'aide d'un grand manomètre branché en quatre points à l'aval de la vanne-coude de la turbine N° 1, dans un même plan, à 90° les uns des autres. A l'aide de quatre robinets, on faisait les quatre lectures successivement, et cela toutes les deux minutes. Ce manomètre avait, au préalable, été étalonné à une pression statique voisine de 50 m, et l'on avait établi le chiffre de correction à appliquer aux lectures. A chaque essai on a ajouté au chiffre résultant des lectures au manomètre la valeur $V^2 : 2g$, V étant la vitesse moyenne de l'eau au point de lecture, c'est-à-dire dans un tuyau de 0,40 m de diamètre.

Dans le tableau ci-contre, donnant le résumé des essais, la colonne 3 renferme les valeurs de la chute brute (différence de niveau entre les plans d'eau amont et aval), et la colonne 4 les valeurs de la chute nette. La colonne 2 indique les ouvertures des distributeurs mesurées sur le cercle extérieur qui commande les aubes directrices ; l'ouverture complète correspond à 68 mm de course. Lorsqu'on marche à deux turbines, les deux distributeurs sont également ouverts.

Un second manomètre, branché sur la conduite à l'entrée de l'usine, nous a permis de mesurer les pertes de charge dans la conduite en pression et, par différence, de déterminer quelles étaient les pertes de charge dans le collecteur, les coudes et les vannes. Nous ne donnons pas ces chiffres, qui n'ont rien à voir avec les essais de rendement des turbines.

Débits :

Les débits ont été jaugés à l'aide de deux moulinets *Ott* mesurant les vitesses de l'eau à l'intérieur du tronçon supérieur de la conduite de 1,00 m de diamètre intérieur. Les lectures se faisaient suivant deux diamètres à 90°, en huit points sur chaque diamètre. Les vitesses de rotation des moulinets, en fonction du temps, étaient enregistrées sur bandes de chronographe, ce qui écarte toute possibilité d'erreurs d'observation. Les deux moulinets ont été étalonnés, après les essais, au laboratoire du Service fédéral des eaux, à Berne.

Le calcul des débits a ensuite été effectué par la méthode graphique en traçant, pour chaque jaugeage, tout d'abord la courbe des vitesses moyennes aux quatre

points d'observation d'un rayon ($r_1 = 0,102$ m; $r_2 = 0,262$ m; $r_3 = 0,362$ m; $r_4 = 0,442$ m) et ensuite la courbe des valeurs $\pi \cdot r \cdot v$, et enfin, suivant la méthode usuelle, par planimétrie de la surface déterminée par cette courbe et l'axe des x . Les débits ainsi obtenus figurent dans la colonne 5 du tableau.

Vitesse :

Tous les essais ont été effectués à la vitesse de régime d'environ 1000 tours par minute; les écarts ont été très faibles de sorte que nous n'avons pas jugé nécessaire de faire figurer les nombres de tours dans le tableau.

Puissance théorique :

La puissance théorique, colonne 6, est obtenue au moyen des valeurs de la chute nette (colonne 4) et du débit (colonne 5).

Puissance effective :

Les puissances effectives développées par le groupe des turbines ont été calculées au moyen des kW (colonne 7) et des rendements de l'alternateur (colonne 8) indiqués par la maison *Brown, Boveri et Cie*. Puissance absorbée sur des résistances liquides; kW mesurés à l'aide d'appareils neufs et étalonnés. Les valeurs obtenues figurent dans la colonne 9.

Rendements des turbines :

Colonne 10. Rapport de la puissance effective (colonne 9) à la puissance théorique (colonne 6).

Chiffres corrigés pour chute nette de 50 m :

La dernière colonne du tableau (N° 12) donne les valeurs corrigées des puissances effectives sous la chute de 50 m, ceci afin de permettre d'établir les courbes de comparaison entre les valeurs obtenues pour les rendements et celles données par les constructeurs des turbines, qui se rapportent à la chute nette de 50 m.

Examen des résultats :

Le graphique figure 1 résume les résultats des essais des turbines N° 1 et N° 2 tels qu'ils ressortent du tableau. Le graphique figure 2 résume les résultats des essais de

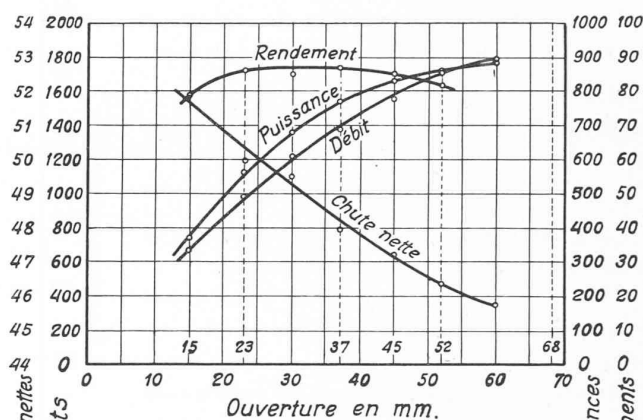


Fig.1. Turbines N°1 + N°2.

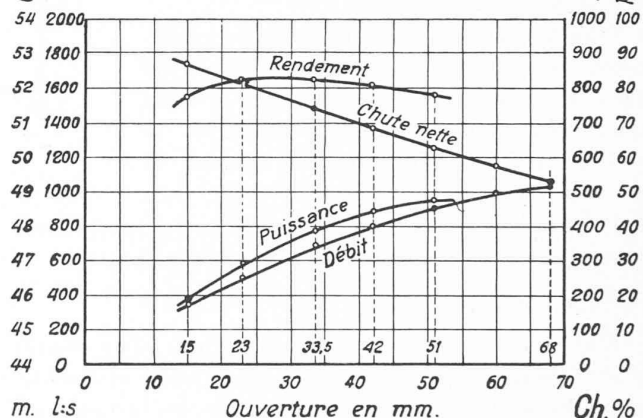


Fig.2. Turbine N°1.

Groupe de la Jougnenaz.

Essais des 5 et 6 mai 1938 et 1^{er} février 1939.

Essai N°	Ouverture mm	Hauteur de chute		Débit l : s	Puissance théor. ch N ₂	Alternateur		Turbines :		Sous $h_2 = 50$ m $\sqrt{2gh_2} = 31,30$	
		brute, m	nette, m			kW	Rendement	Puissance eff. ch N ₁	Rendement = N ₁ : N ₂	$\sqrt{2gh_1}$	N corrigé = $N_1 \frac{h_2 \sqrt{2gh_2}}{h_1 \sqrt{2gh_1}}$ ch
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			h_1		N_2			N_1			ch
Turbine N° 1.											
1	15	53,054	52,700	340,2	239	122	0,897	185	0,775	32,17	171
2	23	53,036	52,065	504	350	197	0,929	288	0,822	31,97	271
3	33,5	53,022	51,391	680	466	266	0,942	384	0,823	31,75	367
4	42	53,006	50,838	794	538	303	0,947	434	0,807	31,60	423
5	51	53,015	50,213	888	594	325	0,949	465	0,783	31,40	463
Turbines N° 1 + N° 2 (Ouvertures égales).											
6	15	52,997	51,871	667	461	250	0,940	361,4	0,785	31,90	342
7	23	52,248	49,922	978	651	394	0,954	561	0,862	31,30	562
8	30	52,812	49,476	1207	794	475	0,958	673	0,848	31,16	683
9	37	52,207	47,902	1375	877,5	538	0,960	761	0,867	30,70	808
10	45	52,506	47,165	1550	973	585	0,960	827	0,849	30,40	902,5
11	52	52,180	46,291	1708	1053	607	0,960	859	0,815	30,16	962

la turbine N° 1. Dans ces deux graphiques on trouve les quatre courbes suivantes :

Chute nette — Débit — Puissance — Rendement — le tout en fonction de l'ouverture des turbines.

Pour la chute nette de 50 m, les constructeurs avaient donné les garanties suivantes :

Charge: $\frac{10}{10}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{8}{10}$ $\frac{7}{10}$ $\frac{6}{10}$ $\frac{5}{10}$ $\frac{4}{10}$
 Rendements: 83,0 84,2 84,6 84,2 83,6 82,2 83,0%
 $\frac{3}{10}$ $\frac{2}{10}$
 81,5 78,0%

La puissance à $\frac{10}{10}$ de charge était indiquée à 960 chevaux (limitée à 880 chevaux).

Une tolérance de 2 % dans les rendements était prévue pour tenir compte de l'imprécision des procédés de mesure.

Le graphique figure 3 donne les rendements effectivement obtenus, en fonction de la charge, en admettant donc 960 chevaux pour la charge totale.

Pour la marche à deux turbines, les rendements obtenus dans la région de 450 à 900 chevaux sont nettement supérieurs à ceux qui avaient été garantis. Le maximum se trouve dans le voisinage de 700 chevaux et est très voisin de 87 %.

Pour la marche à une seule turbine, les rendements obtenus sont légèrement supérieurs à ceux garantis.

Chute réduite :

L'installation de la Jougne naz dispose d'un bassin d'accumulation journalière ; on a prévu une baisse maximum du lac de 12 m. Les constructeurs des turbines ont donc dû donner des garanties de rendement pour les valeurs suivantes de la chute nette : 50 m, 44 m, 40 m, 36 m.

Pour la hauteur de chute nette de 40 m, par exemple, les garanties étaient les suivantes :

Charge: $\frac{10}{10}$ $\frac{9}{10}$ $\frac{8}{10}$ $\frac{7}{10}$ $\frac{6}{10}$ $\frac{5}{10}$ $\frac{4}{10}$ $\frac{3}{10}$ $\frac{2}{10}$
 Rendements: 83,8 84,2 84,0 83,6 82,8 81,7 81,7 80,0 76,0%

Puissance à $\frac{10}{10}$ = 690 chevaux.

On s'est borné à faire trois essais sous une chute nette variant de 41,14 m à 42,50 m et l'on a pu constater que, là aussi, les conditions de garanties étaient remplies.

En résumé, on constate que la solution proposée par les Ateliers des Charmilles en vue d'avoir un groupe dont le rendement se maintienne aussi élevé que possible aux faibles charges a bien rempli son but puisque, à la charge de $\frac{2}{10}$, les rendements sont de l'ordre de grandeur de 78 %.

Le chiffre de rendement maximum, d'environ 87 % à la charge de $\frac{7}{10}$, peut être qualifié de bon, surtout si l'on considère qu'il s'agit de turbines de faibles dimensions, avec des roues de 0,44 m de diamètre extérieur seulement, et appelées à fonctionner sous une chute variant dans d'assez grandes proportions (36 à 50 m).

En outre, le groupe est muni d'un volant en acier rela-

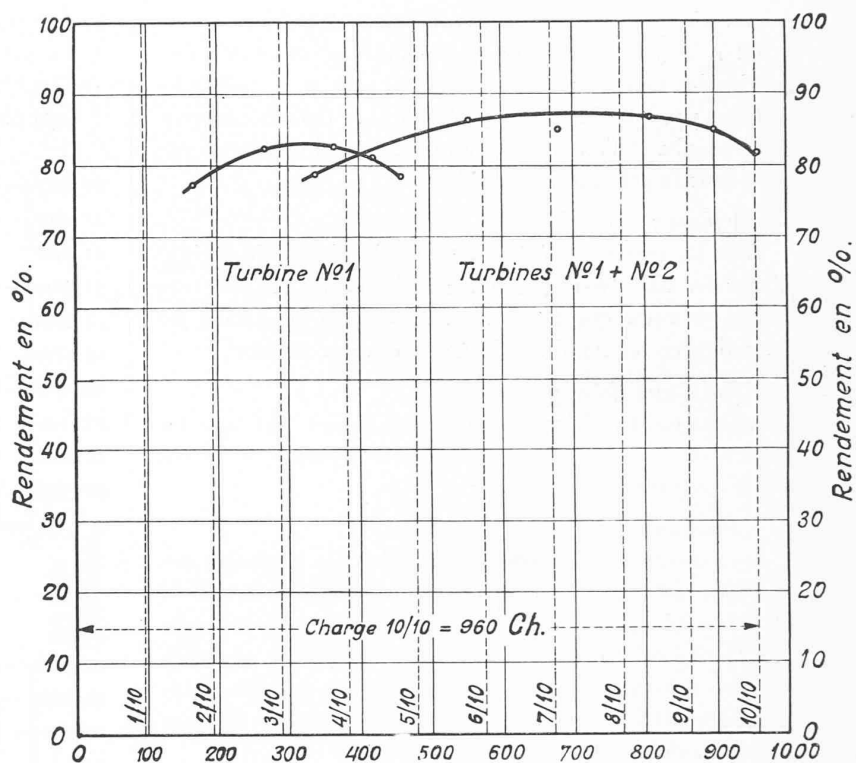


Fig 3. — Puissance, en ch, sous 50 m de chute nette.

tivement important (1400 kg) qui, en tournant dans l'air, absorbe une certaine énergie, comme aussi la pompe à huile pour l'alimentation du régulateur et la commande des vannes-coudes. Il a été fait abstraction de ces derniers facteurs qui, si l'on en tenait compte, amélioreraient quelque peu les chiffres de rendement.

Trains légers

séries BCFZe 4/6 et CFZe 2/6,
de la

Compagnie du Chemin de fer des Alpes bernoises Berne-Loetschberg-Simplon.

D'une description que M. L. Leyvraz, ingénieur en chef de la Traction de la C^{te} Berne-Loetschberg-Simplon a obligeamment mise à notre disposition, nous extrayons quelques données sur des remarquables « trains légers ». Les illustrations sont empruntées à la « Schweizer. Bauzeitung ». — Réd.

Le train léger, série BCFZe 4/6 (fig. 1 et 2) se compose d'une première voiture exclusivement de 3^e classe et d'une seconde voiture, avec accouplement court, qui comprend quatre compartiments différents, savoir : un compartiment de 3^e classe qui fait donc suite à ceux de la première voiture, puis un fourgon à bagages avec cellule pour détenus, un compartiment postal complet avec bureau pour les paquets et bureau pour les lettres, et enfin un compartiment de 2^e classe. Aux deux bouts de la première voiture se trouvent des plates-formes d'accès ; une troisième plate-forme est disposée à côté du compartiment de 2^e classe. Enfin, aux deux extrémités du train sont les postes de mécanicien, qui sont équipés avec tous les leviers et interrupteurs nécessaires à la manœuvre du véhicule. Chaque poste contient, en outre,