L’aménagement hydro-électrique de la Gougra: les centrales et leur équipement électro-mécanique

Autor(en): **Hoeffleur, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 29

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-66194

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

L'aménagement hydro-électrique de la Gougra

DK 621.29

Les centrales et leur équipement électro-mécanique

Par **A. Hoeffleur**, Ingénieur à la S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium, Zurich

Suite de la page 500

6. Essais de rendement

A. Turbines

1. Méthode thermodynamique

La méthode thermodynamique a été appliquée en se conformant au mode opératoire mis au point par MM. Willm et Campas de l'Electricité de France[1]. En Suisse, cette méthode a été reprise par différents fournisseurs de machines hydrauliques. Elle n'est cependant pas encore reconnue par l'ASE, de sorte que pour des essais contractuels, une méthode classique accompagne en général les essais thermodynamiques.

La méthode est basée sur le fait que les pertes d'une turbine échauffent l'eau qui la traverse. A titre d'information, cet échauffement est, pour une turbine de Motec à pleine charge

$$(H = 613 \text{ m } \eta = 0{,}89) \qquad \Delta t = \frac{613\ (1 - 0{,}89)}{427} = 0{,}158^{0}\,\text{C}$$

Une sonde de platine, qui permet des mesures d'une précision d'environ 1/1000° C est plongée dans un détendeur qui lui, est alimenté par un faible débit de l'eau soutirée *en amont* de la turbine. Cette eau est détendue par une petite vanne, de manière que sa température correspond à celle de l'eau à la sortie de la turbine. Une deuxième sonde de mêmes caractéristiques mesure la température de l'eau *à l'aval* de la turbine. Les sondes sont connectées à un pont de haute précision dont le galvanomètre indique 0 si les deux températures sont égales (étalonnage avant les essais). La différence de pression de l'eau en amont et en aval de la vanne, mesurée par un manomètre à poids automatique, correspond à la différence de température de l'eau à l'entrée et à la sortie de la turbine. *Par cette méthode on remplace donc la mesure des températures par une mesure de pression.*

A Motec, toutes les conditions pour l'emploi de cette méthode étaient extrêmement favorables: chute nette assez élevée (612 m); température de l'eau à l'entrée de la turbine pratiquement constante; homogénéité de la température de l'eau restituée. Nous nous bornerons à indiquer ci-après quelques particularités des essais effectués.

Gradient de température de l'eau à l'entrée. La température de l'eau à l'entrée de la turbine est restée pratiquement constante pendant la durée des essais. Elle est restée comprise entre 3,35 et 3,45° C.

[1]) Voir à cet sujet les articles que ces auteurs ont publié dans «La houille blanche» No. 4 et 5 de l'année 1954.

Homogénéité de la température de l'eau restituée. La température de l'eau évacuée a été sondée au droit de la rainure à batardeaux située à 7 m de l'axe du groupe. Un contrôle préliminaire a été fait en plaçant la sonde d'abord sur la rive gauche, puis sur la rive droite de la veine. On a constaté alors que les rendements obtenus pour ces deux positions ne différaient que de 2‰. La sonde ayant été placée dans le plan vertical de symétrie de la section, d'abord au voisinage du sol, puis au voisinage de la surface, on a observé un écart de rendement de 1‰. En définitive, la sonde a été placée pour tous les essais au centre de la section.

Apports de calories. Des apports de calories à la sonde de température amont, par l'eau de conditionnement, et par le dispositif de soutirage de l'eau d'entrée de la tuyauterie d'amenée au détendeur, sont inévitables, malgré une bonne isolation thermique de tout ce système. Sans en tenir compte, il en résulterait des pertes trop petites. Les apports ont été déterminés sur la base de nombreux essais, en utilisant la même méthode thermodynamique. La moyenne des apports mesurés au cours de ces essais s'est élevée à 3,6 m, les plus grands écarts constatés n'excédant pas 1,5 ‰ de la chute nette.

Apports de calories par le bâti de la turbine et par le canal de fuite. Comme on l'a vu plus haut, la température de l'eau turbinée était à peu près de 3,4° C. L'air ambiant avait une température sensiblement supérieure, variant de 15° à 20° C. Il en résulte que l'eau, à la sortie de la roue, pouvait absorber des calories au contact du bâti, calories susceptibles de fausser légèrement les indications de la sonde de température aval. Un contrôle expérimental de cet apport a été effectué séparément. Cinq points ont été mesurés, la température de la salle des machines étant d'environ 20° C. Puis en ouvrant portes et fenêtres, cette température a été considérablement abaissée. A la reprise des essais, elle était stabilisée à + 1° C au voisinage du bâti des injecteurs supérieurs, à + 5° C au voisinage des injecteurs inférieurs, de sorte qu'on peut admettre que la température de l'air ambiant était en moyenne à peu près celle de l'eau turbinée. Cinq valeurs du rendement pour des charges identiques à celles des essais précédents ont de nouveau été relevées dans ces nouvelles conditions. L'écart obtenu entre les résultats des deux séries d'essais est approximativement de 2‰.

Pertes par frottement dans les paliers. Le frottement dans les paliers ne contribuant que très peu à échauffer la turbine, il y avait lieu de les mesurer séparément et de faire supporter à la turbine la partie de ces pertes qui est imputable à son poids et à la réaction due aux jets sur les roues. A 8 MW ces pertes s'évaluent à 4 ‰, à 23 MW à 1,5 ‰.

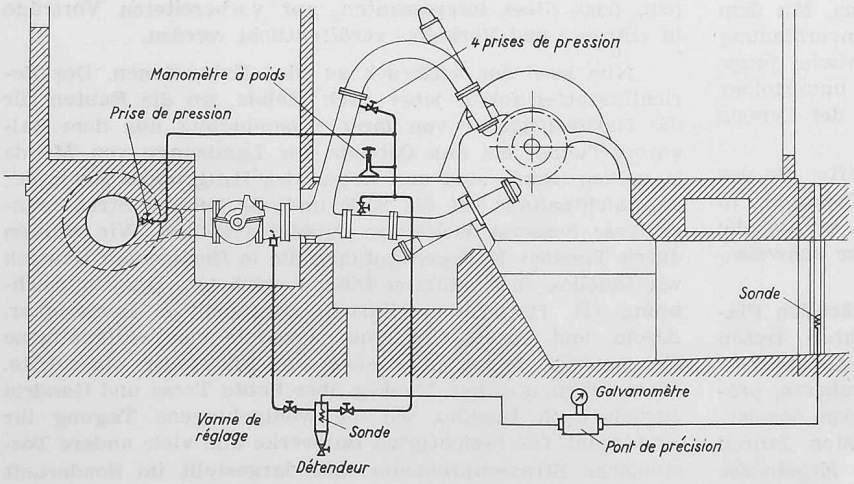


Fig. 26. Disposition pour la mesure thermodynamique

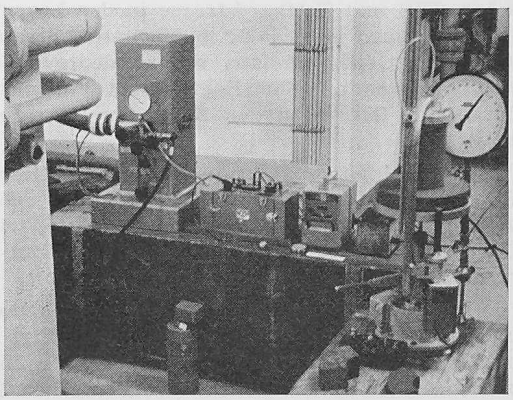


Fig. 27. Détendeur, pont de mesure, manomètre à poids autostable

2. Méthode volumétrique

Un jaugeage volumétrique du débit a pu être réalisé en utilisant le bassin de compensation de Motec comme réservoir étalonné. La vanne de la galerie de l'usine de Vissoie ayant été fermée, le temps de remplissage d'un certain volume de ce bassin a été déterminé. Le temps d'un point de mesure durait en moyenne deux heures et le niveau du bassin variait pendant ce temps de 1 à 1,6 m environ.

3. Résultats

Aux charges partielles, jusqu'à $^{8}/_{10}$ d'ouverture, on a constaté un écart de rendement d'environ 0,5% entre les deux méthodes. De là jusqu'à pleine charge, les deux méthodes donnent presque les mêmes valeurs. Le rendement mesuré moyen est dans la tolérance, toutefois, environ 0,9 % en dessous de la valeur de garantie.

B. Pompe d'accumulation

1. Essais préliminaires

a. En «court-circuit hydraulique»

Pour ces essais, toute l'eau refoulée par la pompe alimentait ensuite la turbine et fut restituée au bassin de compensation (vanne papillon de Moiry fermée). Une petite partie seulement était effectivement refoulée dans le puits blindé pour couvrir les pertes de la galerie sous pression. Au total on a mesure 7 points avec des hauteurs de refoulement correspondant à des niveaux du lac variant de 2150 à 2262 m s. m. (niveau du déversoir du château d'eau). Les niveaux ont pu être maintenus constants. Ils étaient contrôlés à la chambre supérieure du château d'eau par mesure directe et dans le puits vertical par un manomètre de précision monté dans la chambre des appareils à Moiry. Les pertes de charge dans le puits blindé et la galerie étaient pratiquement nulles, vu qu'il n'y avait pour ainsi dire aucune circulation d'eau.

La puissance absorbée aux bornes du moteur correspondait aux pertes totales du groupe (moteur, pompe principale, pompe nourrice, turbine de la pompe nourrice, turbine prinpale, collecteur et pertes de la galerie). De ces pertes, seulement celles du moteur et de la pompe nourrice étaient connues. En admettant que les valeurs de garantie de la turbine étaient atteintes, on pouvait donc déterminer les rendements de la pompe. Les résultats ainsi obtenus correspondent bien avec ceux des mesures définitives aux moulinets.

Un jaugeage volumétrique du débit a été réalisé en utilisant, toujours à vanne papillon Moiry fermée, la chambre supérieure du château d'eau comme réservoir étalonné. Le temps de remplissage a été mesuré. Pour 3 points de mesure, le débit déterminé par cette méthode s'est avéré de 3,8 %, 0,5 %, 2,38 % plus élevé et pour un autre de 1,95 % plus bas que celui mesuré plus tard aux moulinets.

2. Essais définitifs

a. *Mesures aux moulinets*

17 moulinets ont été disposé conformément aux normes ASE sur une croix dans une section rectiligne de la partie blindée de la galerie Moiry-Motec, à 45 m de la vanne papillon de Tsarmette.

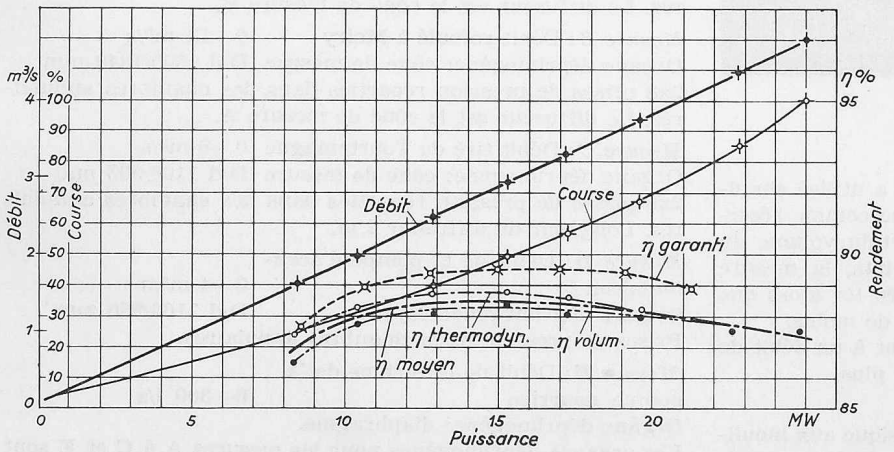


Fig. 28. Caractéristiques des turbines

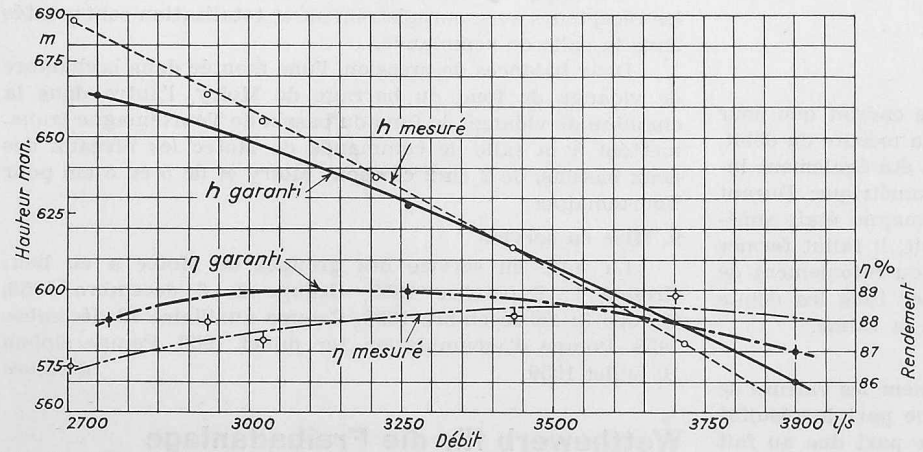


Fig. 29. Caractéristiques de la pompe d'accumulation

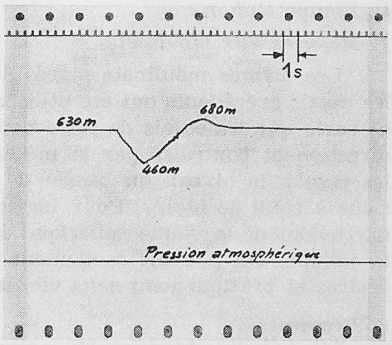


Fig. 32. Variation de pression mesurée. Moteur 24 MW, turbine fermée ouverture de la turbine en 4 secondes

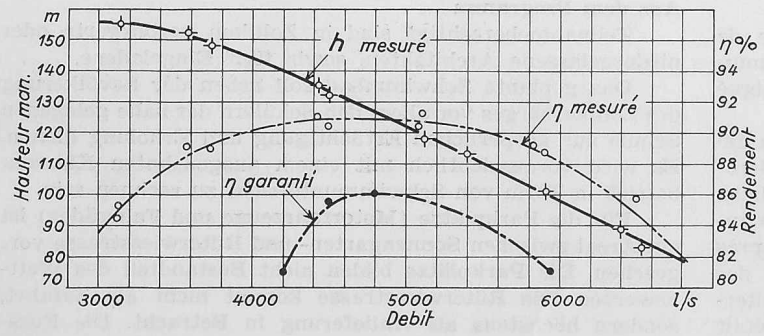


Fig. 30. Caractéristiques de la pompe siphon

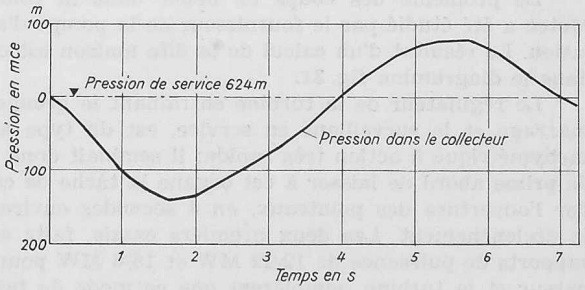


Fig. 31. Variation de pression calculée

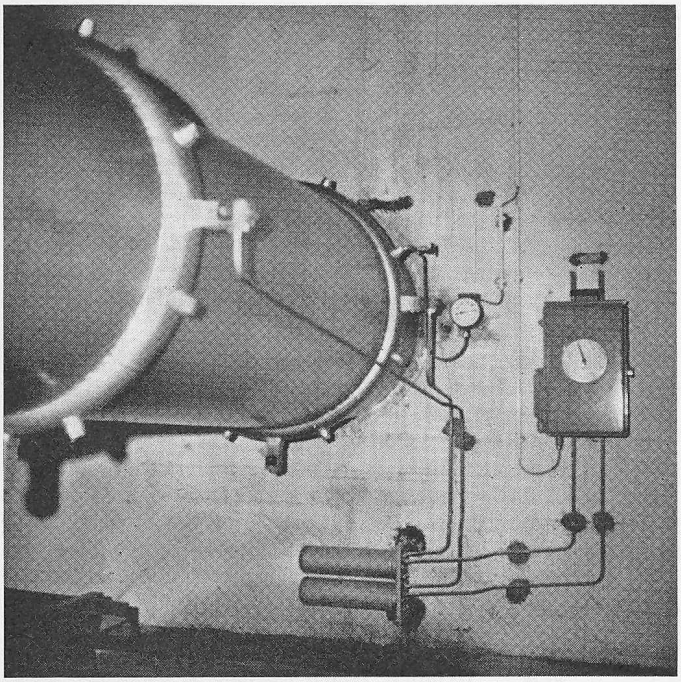


Fig. 33. Venturi C

b. *Mesures volumétriques*

Comme pour les essais de la turbine, on a utilisé simultanément le bassin de compensation de Motec comme réservoir étalonné. Le temps de vidange d'un certain volume du bassin a été déterminé. Pour un de ces points, la mesure dura 6235 s, correspondant à un débit de 3490 l/s, alors que les moulinets donnaient 3519 l/s, donc 0,83% de moins.

Un autre point dura 3648 s, correspondant à un débit de 3100 l/s (moulinets 3093,5 l/s), donc 0,2% de plus.

c. *Résultats*

Les valeurs obtenues par la méthode classique aux moulinets correspondent aux valeurs garanties par le fournisseur. Les deux courbes de rendement sont toutefois légèrement décalées l'une par rapport à l'autre.

C. Pompe siphon

1. Mesures aux moulinets

Les mêmes moulinets placés au même endroit que pour les essais précédents ont été utilisés pour la mesure du débit, de sorte que les essais de cette pompe ont été également indirectement contrôles par la méthode volumétrique. Durant les essais, le niveau du bassin de Tourtemagne était supérieur à celui de Moiry. Pour régler le débit, il fallut fermer partiellement la vanne sphérique du côté du refoulement de la pompe. On pouvait facilement stabiliser tous les débits désirés et pratiquement sans vibrations de la vanne.

2. Résultats

Les valeurs obtenues dépassent largement les valeurs de garantie. Cette grande différence est d'une part le résultat des essais sur modèle approfondis, d'autre part due au fait que les valeurs de garantie étaient extrêmement basses.

7. Essais de coups de bélier

Le problème des coups de bélier dans la centrale de Motec a été étudié par le fournisseur de la pompe d'accumulation. Le résultat d'un calcul de la dite maison est consigné dans le diagramme fig. 31.

Le régulateur de la turbine entraînant le groupe au démarrage et le surveillant en service, est du type accélérotachymétrique à action très rapide; il semblait donc logique, de prime abord de laisser à cet organe la tâche de commander l'ouverture des pointeaux, en 4 secondes environ après le déclenchement. Les deux premiers essais, faits avec des rapports de puissance de 12/12 MW et 18/6 MW pour l'alternateur et la turbine, semblèrent que ce mode de faire était suffisant. Il n'ent fut plus ainsi avec un rapport plus élevé. On modifia alors le schéma électrique en donnant l'ordre directement à la soupape d'ouverture rapide, lors d'un déclenchement du disjoncteur, pour diminuer le temps mort jusqu'à la reprise par la turbine.

8. Mesure d'eau

La majeure partie de l'eau accumulée à Moiry provient du bassin versant de Tourtemagne. Une partie de cette eau doit être restituée sous forme d'énergie à Illsee-Turtmann S. A. Il est donc nécessaire de mesurer la quantité d'eau déviée de son cours naturel. D'autre part, les régimes d'exploitation, décrits dans les schémas hydrauliques 1—6, sont possibles avec un seul, ou avec la participation de plusieurs partenaires. L'eau accumulée à Moiry n'est donc pas nécessairement répartie par rapport à la participation financière des partenaires. C'est pour cette raison qu'il est indispensables de mesurer les débits turbinés et pompés.

Afin de pouvoir établir à chaque instant le bilan d'eau, on a prévu 5 venturimètres dont la disposition est dessinée dans les schémas hydrauliques, fig. 20—25.

Mesure A: Débit tiré de Moiry 0—14 m³/s
Organe déprimogène: cône de mesure D/d 1500/1340 mm
2x8 prises de pression réparties dans des chambres annulaires. Le diffuseur est le cône de mesure B.

Mesure B: Débit refoulé à Moiry 0—12 m³/s
Organe déprimogène: cône de mesure D/d 1500/1340 mm
2x8 prises de pression réparties dans des chambres annulaires. Le diffuseur est le cône de mesure A.

Mesure C: Débit tiré de Tourtemagne 0—8 m³/s
Organe déprimogène: cône de mesure D/d 1100/993 mm
2x8 prises de pression réparties dans des chambres annulaires. Longueur du diffuseur 2 m.

Mesure D: Débit de la pompe d'accumulation 0—4 m³/s
Organe déprimogène: tuyère D/d 1100/950 mm
Prises de pression dans chambres annulaires.

Mesure E: Débit de la turbine de la pompe nourrice 0—300 l/s
Organe déprimogène: diaphragme.

Les organes déprimogènes pour les mesures A à C et E sont installés conformément aux normes de l'ASE.

Les appareils émetteurs sont les balances de pression, les récepteurs avec enregistrement et totalisation sont montés dans la salle de commande.

Deux balances de pression, l'une montée dans la chambre de vidange de fond du barrage de Moiry, l'autre dans la chambre de vidange de fond du bassin de Tourtemagne transmettent à la salle de commande de Motec les niveaux des deux bassins, de 2 en 2 cm pour Moiry et de 5 en 5 cm pour Tourtemagne.

9. Mise en service

La mise en service des groupes de Motec a eu lieu: Groupe 1: 9 octobre 1959, Groupe 2: 6 décembre 1958, Groupe 3: 16 décembre 1958, Groupe auxiliaire 12 décembre 1958, Pompe d'accumulation 1er juillet 1959, Pompe siphon 10 juillet 1959.

à suivre

Wettbewerb für die Freibadanlage im Zollikerberg bei Zürich

DK 725.74

Aus dem Programm

Teilnahmeberechtigt sind in Zollikon verbürgerte oder niedergelassene Architekten, sowie fünf Eingeladene.

Das geplante Schwimmbad soll neben der Bevölkerung des Zollikerberges vor allem den Schülern der nahe gelegenen Schule zur körperlichen Ertüchtigung und Erholung dienen. Es wird voraussichtlich mit einem ausgedehnten Klassenbetrieb in Form von Schwimmunterricht zu rechnen sein.

Für die Parkplätze (Motorfahrzeuge und Fahrräder) ist ein Areal zwischen Sonnengarten- und Rüterwiesstrasse vorgesehen. Die Parkplätze bilden nicht Bestandteil des Wettbewerbes. Die Rüterwiesstrasse kommt nicht als Zufahrt, sondern höchstens als Anlieferung in Betracht. Die Fussgänger erreichen das Bad über den Waldweg, dessen Füh-