Calcul des oscillations dans le siphon de Z'Mutt

Autor(en): **Meystre, P.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **85 (1959)**

Heft 20

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-64138

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'exploitation de cette énergie en Valais poursuit un double but. Il s'agit d'une part, de couvrir, à l'aide d'un potentiel national indépendant de l'étranger, un besoin d'énergie toujours croissant, de remplacer la production thermique par l'hydraulique et de réduire ainsi la consommation des huiles et charbon au minimum indispensable ; d'autre part, lorsqu'on aura mis en valeur ces richesses en force hydraulique, le Valais disposera d'un excédent d'énergie appréciable pour l'exportation.

Nous aurons acquis alors une position centrale, un rôle régulateur dans l'économie électrique générale de la Suisse et même de l'Europe.

C'est là une tâche qu'aborde volontiers notre canton conscient que l'enchaînement des intérêts économiques propres aux divers pays, sur une vaste échelle continentale, constitue la meilleure garantie pour une paix durable et la prospérité générale.

Sion, le 27 août 1959.

CALCUL DES OSCILLATIONS DANS LE SIPHON DE Z'MUTT

par P. MEYSTRE, ingénieur, Grande Dixence S. A., Lausanne

Le siphon de Z'Mutt fait partie des ouvrages d'adduction de Grande Dixence. Il est intercalé entre deux galeries à écoulement libre : à l'amont, la *Galerie de Furgg*, qui amène les eaux captées le long des Mischabel et sous les glaciers de Furgg et d'Oberertheodul, et à l'aval, le *Collecteur*, qui conduit ces eaux vers la vallée d'Arolla et, de là, au lac de Grande Dixence (en prenant en passant toutes les eaux captées dans ces régions).

Le profil du siphon est représenté sur la figure ci-après ; sa longueur développée est de 1953 m, dont 1147 m pour la branche descendante au sud et 806 m pour la branche montante au nord. La différence de niveau disponible entre les radiers des deux galeries est de 19,24 m, et la charge au point bas en moyenne de 255 m. La branche descendante est dimensionnée pour un débit de 20,5 m³/sec avec un diamètre de 2,25 m précédée d'un premier tronçon de 80 m avec un diamètre de 2,70 m ; la branche nord est dimensionnée pour un débit de 30,1 m³/sec avec un diamètre de 2,45 m et un dernier tronçon de 3 m de diamètre sur 90 m de long.

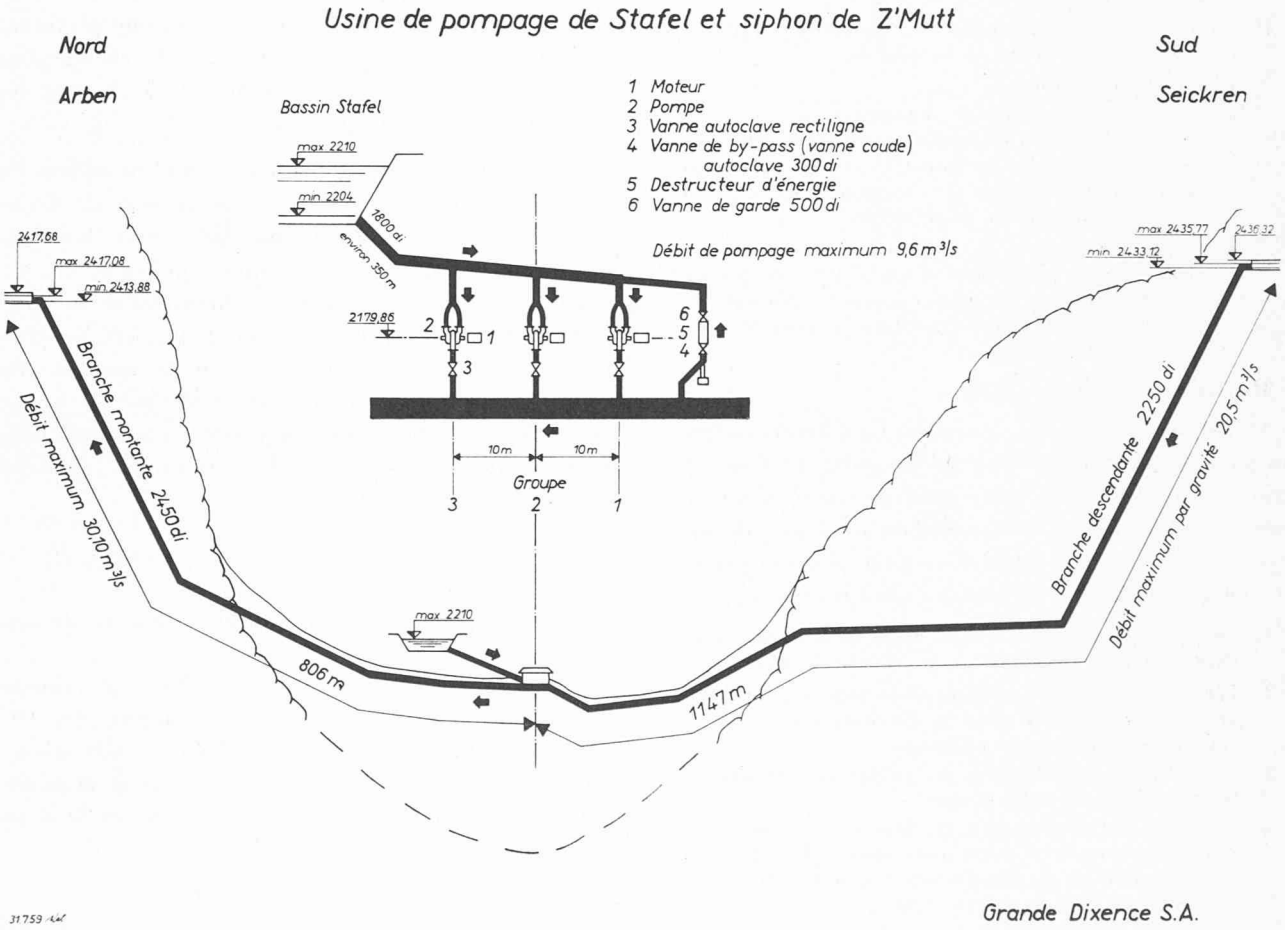

Fig. 1. — Profil en long du siphon et schéma de l'usine de pompage.

Une station de pompage refoule dans le siphon, au voisinage du point bas, un débit de 9,6 m³/sec au moyen de trois pompes de 3,2 m³/sec chacune. Le démarrage ou l'arrêt d'une pompe entraînera des oscillations des plans d'eau et, éventuellement, une mise en charge plus ou moins brutale de la galerie de Furgg. Le régime transitoire des débits et pressions dans le siphon, lors des manœuvres de l'usine, doit donc être étudié.

Une première étude montre qu'il suffit d'étudier le cas du démarrage d'une troisième pompe lorsque deux groupes sont déjà en service et que le siphon est traversé par le maximum envisagé du débit par gravité. Le calcul a été fait en tenant compte d'un débit pompé maximum de $2 \times 3{,}28 = 6{,}55$ m³/sec que l'on pourrait atteindre avec deux pompes si le bassin de mise en charge de l'usine était plein.

Le phénomène complet est régi par les lois et caractéristiques suivantes :

1° Pertes de charge dans les branches du siphon. L'étude doit être faite avec divers coefficients de perte de charge correspondant aux blindages neufs ou usagés.

2° Variation du niveau dans la galerie aval.

3° Courbe caractéristique débit-pression des pompes.

4° Caractéristique de perte de charge des vannes de réglage des pompes en fonction de la course. La course, lors de l'ouverture, est pratiquement linéaire en fonction du temps.

5° Inertie hydraulique des deux branches du siphon et *théorème des quantités de mouvement.*

6° Forme du volume disponible à la tête amont du siphon pour le calcul en chambre d'équilibre.

7° Equation de continuité :

a) L'état stable avant le démarrage du troisième groupe correspond à un débit par gravité de 20,5 m³/sec dans la branche descendante, un débit maximum pompé de 6,55 m³/sec et à un débit total dans la branche montante de 27,05 m³/sec.

b) L'état stable après la mise en marche de la troisième pompe correspond à un débit par gravité de 20,5 m³/sec, un débit pompé maximum de 9,8 m³/sec et un débit total dans la branche montante de 30,3 m³/sec.

Reprenons ces divers points :

1° *Pertes de charge dans le siphon.* La différence entre les plans d'eau à débits maxima des galeries amont et aval est de 18,69 m ; cette hauteur, corrigée de la différence des énergies de vitesse dans les deux galeries, représente la hauteur totale disponible pour les pertes de charge. Ces pertes ont été groupées comme suit :

1. Perte de l'énergie de vitesse de la galerie amont et chute jusqu'au plan de mise en charge du siphon.
2. Pertes par frottements et dans les coudes de la branche descendante et perte dans le diffuseur à l'entrée du collecteur de l'usine de pompage.

3 *a*). Pertes ou gain le long du collecteur par apport latéral oblique du débit pompé.

3 *b*). Pertes par frottements et dans les coudes de la branche montante et perte dans deux diffuseurs, l'un à l'augmentation du diamètre de 2,45 à 3 m et l'autre au débouché dans la galerie aval.
Les pertes 2 et 3 *b*) varient avec les carrés des débits respectifs.

Les pertes 3 *a*), localisées aux débouchés des refoulements des trois pompes, sont très faibles, environ 0,12 m par embranchement à plein débit, et on ne fait pas une grande erreur en groupant ces pertes avec celles de la branche montante du siphon et en admettant que le tout varie avec le carré du débit montant ; ceci permet de simplifier beaucoup les calculs sans introduire d'erreur inadmissible dans le cas particulier.

2° La hauteur d'eau dans la *galerie aval* varie à peu près linéairement avec le débit dans le domaine considéré (entre 27 et 30 m³/sec) : $T = 0{,}22 + 0{,}0985\, Q$.

3° *Courbe caractéristique des pompes.* Le débit instantané d'une pompe est donné par l'intersection de cette caractéristique avec la parabole des pertes de charge dans la vanne de réglage et les conduites. Cette parabole est dessinée à partir de la hauteur d'élévation mesurée entre le bassin de compensation et la ligne de charge au débouché dans le collecteur.

On néglige l'effet sur les deux pompes déjà en marche des variations de pression dans le collecteur pendant le démarrage de la troisième ; ces variations ne sont en effet que de 1,5 % de la hauteur d'élévation totale des pompes.

4° *Les vannes de réglage* sont des vannes annulaires rectilignes dont l'obturateur, à l'ouverture, se déplace à vitesse constante, la course totale pouvant être parcourue en 1½ à 3 minutes. La courbe caractéristique de la vanne est donnée pour des raisons pratiques par les valeurs du coefficient de perte de charge pour les petits débits et du coefficient de débit pour les grandes ouvertures de la vanne.

5° L'application aux divers tronçons du siphon du *théorème des quantités de mouvement* permet de déterminer les inerties hydrauliques des deux branches descendante (indice d) et montante (indice m).

La répartition entre les deux branches d'une augmentation élémentaire du débit pompé Q_p se fait inversement proportionnellement à la somme des inerties hydrauliques de chaque branche ; si h_1 est l'augmentation élémentaire de pression engendrée dans le collecteur de l'usine par l'augmentation de débit dQ_p, avec : $dQ_p + dQ'_d = dQ'_m$, on a

$$dQ'_m \sum_m (L_m/S_m) = -dQ'_d \sum_d (L_d/S_d) = g\, h_1\, dt.$$

où L et S : Longueur et section des éléments de conduite.

L'impulsion de débit provoque dans la branche descendante une diminution du débit d'origine ($dQ_d < 0$), ce qui entraîne une accumulation d'eau à la tête amont, une élévation h du niveau de mise en charge et finalement une augmentation du débit de bout en bout du siphon :

$$dQ_s = dQ_d = dQ_m$$

$$dQ_s \sum_s L/S = g\, h\, dt.$$

6° La forme du *volume disponible à la tête amont* du siphon permet de déterminer la variation du niveau de mise en charge en fonction du volume d'eau accumulé.

Cette forme est donnée par l'inclinaison du puits, son diamètre et la place déjà occupée par l'écoulement par gravité constant de 20,5 m^3/sec (écoulement torrentiel).

7° *L'équation de continuité* donne la relation entre la variation du volume accumulé dans la tête amont et le débit dans la branche descendante du siphon.

Le calcul d'un tel système est évidemment impossible par une méthode analytique puisque, aussi bien la caractéristique des pompes que celle de perte de charge dans les vannes en fonction du temps, que celle enfin de la section libre à la tête amont, ne sont pas exprimables mathématiquement d'une manière commode.

La seule méthode possible est une méthode par différence finie semi-arithmétique et semi-graphique.

Pour avoir une précision suffisante, nous avons prévu un intervalle de temps Δt de 6 sec. Le calcul d'un point au moyen d'une machine de bureau à deux mémoires prend environ une heure. Le calcul de la variation du niveau dans le puits amont pendant un temps d'ouverture de la vanne du troisième groupe de 2 minutes prend donc une vingtaine d'heures. Pour pouvoir étudier l'influence d'un changement du temps d'ouverture de la vanne, d'une variation de la rugosité du siphon ainsi que d'un changement de forme du haut de la branche descendante, il aurait fallu prévoir un temps de calcul très long. Nous avons donc utilisé la machine à calcul électronique (calculatrice ZEBRA) de l'Institut de mathématiques appliquées de l'EPUL, dont les résultats ont confirmé le premier calcul fait à la main et nous ont permis de préciser ces influences par les calculs suivants.

Les caractéristiques de la pompe, de la vanne et du volume disponible à la tête sud du siphon en fonction de la cote, ont été placées dans la machine sous forme de tables de valeurs avec un programme d'interpolation.

Le temps de calcul est très court, dans le cas particulier, vis-à-vis du temps nécessaire à l'impression des résultats. Ceci nous a permis d'augmenter la précision du calcul en utilisant un intervalle de temps de 1 sec. Une impression des résultats de 6 en 6 secondes nous a permis de suivre le phénomène et de dessiner les graphiques des débits dans les deux branches et des niveaux à la tête amont en fonction du temps.

EXPÉRIENCES FAITES AU COURS DE LA CONSTRUCTION

DES BASSINS DE COMPENSATION D'EGGEN (Energie électrique du Simplon) ET DU BERGLI (Simmentaler Kraftwerke A.-G.)

par J.-C. OTT, ingénieur principal à la Société générale pour l'Industrie [1]

Introduction

Les bassins de compensation sont destinés à valoriser journalièrement de l'énergie de déchet au fil de l'eau en énergie de qualité. Leur construction, moins spectaculaire que celle des grands barrages d'accumulation, pose à l'ingénieur des problèmes aussi difficiles, du fait des variations journalières rapides du plan d'eau et de la nature du terrain sous-jacent, rarement rocheux, le plus souvent alluvionnaire ou glaciaire.

De nombreux mécomptes ont été enregistrés par les constructeurs, non seulement en Suisse mais également à l'étranger : défauts d'étanchéité, instabilité des berges, envasement, érosion interne des digues, etc., dont un examen plus approfondi peut apporter un enseignement utile.

Lors d'un voyage d'études en Allemagne, au cours duquel j'ai visité plusieurs bassins artificiels, trois des plus grands faisant partie d'aménagements récemment inaugurés étaient en réfection, soit par suite de défectuosité des organes d'étanchéité, tapis bitumineux ou masques en argile, soit par suite de travaux de dévasement, causant ainsi à l'exploitant un défaut de recette très important.

Dans une société comme la nôtre, c'est un devoir pour chaque membre de faire connaître les expériences bonnes ou décevantes faites au cours de réalisations auxquelles il a participé, que ce soit à titre de maître de l'œuvre, d'ingénieur-conseil ou d'entrepreneur, en dût-il coûter parfois à l'amour-propre, et je remercie au nom du Comité les Sociétés « Energie électrique du Simplon » (E.E.S.) et « Simmentaler Kraftwerke A.G. » (S.K.W.), d'avoir bien voulu m'autoriser à vous en parler.

La Société Générale pour l'Industrie, que je représente ici, a assumé, en tant qu'ingénieur-conseil l'étude et la direction des travaux de deux bassins de compensation pour les sociétés susmentionnées, l'un étant un bassin entièrement artificiel dont le fond et les berges sont revêtus (bassin d'Eggen), l'autre étant un bassin non revêtu, formé par l'agrandissement d'un lac naturel (Bergli).

[1] Conférence donnée à la 4e Assemblée générale de la *Société suisse* de mécanique des sols et des travaux de fondations, le 12 juin 1959, à Sierre.