

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 99 (1973)
Heft: 1

Artikel: Problèmes survenus lors de la mise au point des pompes d'accumulation de la Centrale de Veytaux
Autor: Jaunin, R. / Pingoud, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71639>

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: 29.03.2025

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

l'industrie des monopoles internationaux qui — en absorbant au passage quelques entreprises de moyenne importance — grâce à une rationalisation poussée et à l'introduction de procédés de construction nouveaux, tant au niveau des structures primaires que secondaires, inonderait le marché d'une production qui consacrerait la perpétuation de la pauvreté des critères d'appréciation qualitatifs classiques quant à la valeur d'usage, compromettant du même coup l'espoir d'une progression de la qualité de vie, par la nécessité d'écouler une marchandise inadéquate, bien que technologiquement actualisée.

Dès lors, si l'on veut échapper à pareille réduction, l'étude des modalités économiques et juridiques fixant les rapports de l'usager avec son logement — tout comme celle des nécessaires mutations technologiques — ne peut être isolée de celle de la valeur d'usage de ce produit, ce qui, par relation d'interdépendance, nous ramène à l'étude simultanée de la conception même du logement et de la structure de ses milieux de production, y compris l'organisation de l'ensemble du système de leurs intervenants, avec tout ce que la recherche des bases d'une finalité nouvelle peut requérir comme innovations dans ce domaine. Le saut qualitatif qu'il s'agit de réaliser, ainsi que le stade actuel de nos connaissances dans les sciences humaines, nécessite donc que la recherche soit orientée non pas vers la création d'un nouveau produit fini ou semi-fini par la technocratie, qui serait présenté une fois de plus comme la solution optimale aux besoins obligés de l'usager-consommateur, mais vers la possibilité d'offrir à ce dernier, sur tous les plans, la liberté de découvrir et d'apporter lui-même les réponses variables à ses besoins évolutifs, tout en lui redonnant une identité qu'il avait perdue un jour, sous prétexte d'efficacité et de réalisme.

5. Vers des mesures de prévoyance ?

En définitive, la recherche qu'il s'agit de promouvoir représente un effort de longue haleine et elle ne saurait être imposée sous la pression d'événements qu'elle devrait précisément permettre d'éviter en décelant leurs causes suffisamment tôt pour pouvoir parer à leurs développements. Car de fait, lorsqu'une crise éclate, les conséquences de l'imprévoyance, du laisser-aller ou des erreurs qui en sont l'origine, doivent figurer, d'une manière ou d'une autre, dans le bilan social et une politique d'improvisation, en ne se résumant le plus souvent qu'à des remises d'échéances momentanées — qui ne résolvent rien en profondeur — pourrait s'avérer à la longue insuffisante pour empêcher l'irréversible que constituerait le passage à un totalitarisme quelconque.

Il apparaît cependant que ni la division du savoir, ni la répartition des disciplines, ni l'affectation des diverses institutions d'enseignement ou de recherche existants ne permettent la prise en charge de cette problématique de l'environnement construit, qui engage pourtant de plus en plus la société tout entière.

Dès lors, compte tenu de l'accélération constante de l'évolution, c'est aux instances supérieures de la Confédération qu'il appartient — en vertu de leurs responsabilités gouvernementales — de doter le pays d'un outil de recherche adéquat — indépendant des intérêts à remettre en cause et libre de tout dogmatisme idéologique — qui soit habilité à aborder, sans préjugés ni entraves, la totalité des problèmes déclarés ou latents de l'environnement construit.

Adresse de l'auteur :

Roland Beltrami

13, av. de la Harpe, 1006 Lausanne

Problèmes survenus lors de la mise au point des pompes d'accumulation de la Centrale de Veytaux

par R. JAUNIN et P. PINGOUD, ingénieurs à la société générale pour l'industrie, Lausanne¹

A l'intention des ingénieurs appelés à s'occuper de centrales de pompage-turbinage, notamment de celles équipées de groupes ternaires, il nous a paru intéressant de signaler certaines difficultés qui ont dû être surmontées lors des contrôles et mises au point préalables à la mise en service effective des pompes d'accumulation de la Centrale de Veytaux, de l'aménagement Hongrin-Léman.

Cette installation comporte 4 groupes horizontaux de 75 MVA, comportant chacun, sur l'axe principal :

- a) une turbine Pelton à 2 roues et 4 injecteurs ;
- b) un alternateur-moteur synchrone triphasé ;
- c) un accouplement à denture, embrayable et débrayable à l'arrêt ou à pleine vitesse, situé entre la pompe principale et le moteur-alternateur ;
- d) une turbine de lancement de la pompe principale ;
- e) une pompe principale à 5 étages.

Or un tel groupe, équipé d'une turbine Pelton exige, pour cette dernière, une certaine hauteur de suspension libre par rapport au niveau de restitution, impliquant une hauteur d'aspiration positive inadmissible pour le premier étage

de la pompe principale et c'est pourquoi il a fallu équiper cette dernière de :

- f) une pompe de mise en charge à axe vertical, entraînée par une turbine (fig. 1) que nous appellerons désormais la PSA (pompe semi-axiale), suivant un usage courant.

Rappelons qu'une disposition verticale des groupes aurait entraîné des dépenses très élevées, du fait de la très mauvaise qualité du rocher et de la proximité du lac.

Canal d'adduction à la PSA

La forme du canal d'adduction de la PSA avait fait l'objet d'essais à l'air, dans les laboratoires du constructeur de la machine, ce qui, à l'époque était tout à fait normal. Ces premiers essais avaient révélé la nécessité de prévoir une nervure de tranquillisation très voisine de l'embouchure de la trompe d'aspiration, afin d'empêcher la formation

¹ Chargée par la CETP de l'étude et de la réalisation de l'équipement électromécanique.

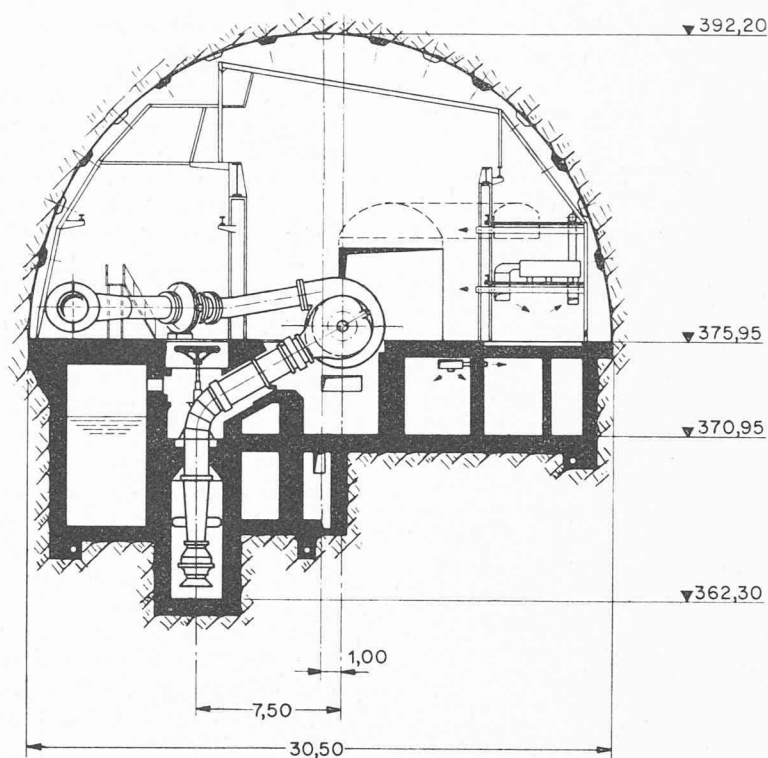


Fig. 1. — Coupe transversale de la centrale, au droit d'une pompe de mise en charge.

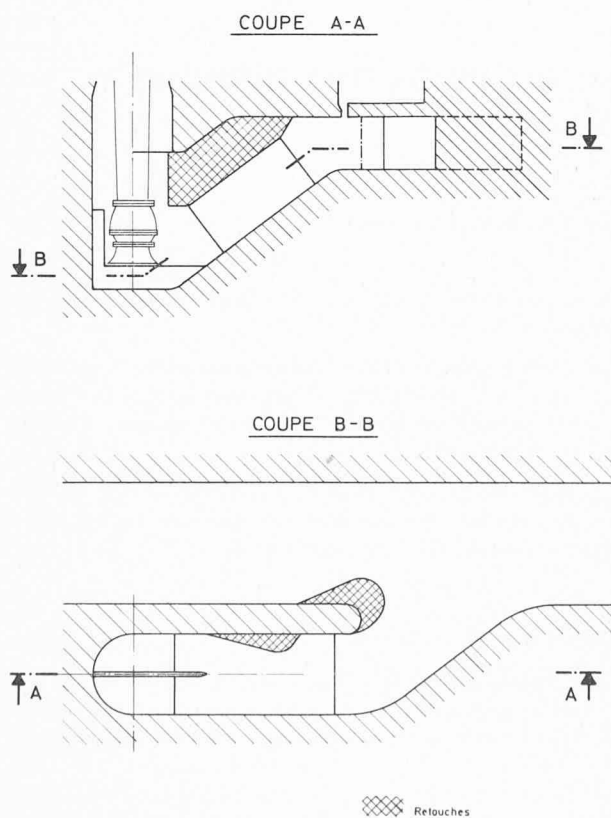


Fig. 2. — Modifications apportées au canal d'adduction de la PSA.

d'une composante giratoire trop accentuée de l'écoulement en cet endroit. Un raccourcissement relativement réduit de la longueur du canal avait été également étudié sans qu'on puisse déceler une influence défavorable.

Par la suite le constructeur avait accepté, sans entreprendre de nouveaux essais, un raccourcissement sensiblement plus important du canal d'adduction permettant de réduire l'entre-axe des groupes.

C'est après 150 heures de fonctionnement des machines industrielles qu'on procéda à un premier démontage de la PSA, pour constater que l'aubage de la roue présentait déjà des usures par cavitation marginale, inexplicables à première vue, compte tenu du coefficient de cavitation mesuré sur le modèle de ladite roue. On procéda alors à un examen de l'écoulement à l'adduction qui révéla bientôt l'existence d'un vortex se propageant du niveau libre jusqu'à l'entrée de la machine. Les essais effectués antérieurement à l'air n'avaient donc pas pu cerner la totalité du problème. Le constructeur se décida à reconstituer un modèle d'essai et à le tester cette fois au moyen de l'eau, en similitude de Froude. On travailla même à différents débits pour relever l'influence du chiffre de Reynolds. Ces essais détaillés portèrent surtout sur les répartitions des vitesses dans diverses sections du canal d'adduction. Ils amenèrent à proposer des modifications du profil hydraulique de ce canal, autrement dit à apporter certaines retouches aux maçonneries existantes, travaux qui purent heureusement s'effectuer sans nuire aux conditions d'exploitation.

La figure 2 montre ces modifications qui se sont révélées très efficaces par la suite. Nous reviendrons un peu plus loin sur la question de la cavitation constatée sur la PSA.

Oscillations de masse

Nous passons maintenant à une autre constatation faite au moment de la mise en service d'une seule pompe. Il se produit alors un régime transitoire qui consiste d'une part en des oscillations de masse dans le puits de la cheminée d'équilibre de l'installation et, d'autre part, dans le canal de fuite (d'adduction en pompage).

Par suite de la tranche utilisable dans l'accumulation de l'Hongrin, il se peut fort bien que le niveau dans la cheminée d'équilibre soit préalablement établi, par exemple à mi-chemin de ses épanouissements.

Dans ce cas il peut se produire un régime d'oscillations du niveau assez important et au surplus peu amorti. Il engendre des oscillations de pression de l'ordre de 40 m pour la pompe principale et de 5 m pour la PSA (ce qui est bien plus fort en valeur relative).

Ce phénomène, qui finit bien par disparaître est ici sans inconvénient majeur pour le fonctionnement de l'ensemble, grâce au fait que le premier étage de la pompe principale est pourvu d'une roue à grande capacité d'aspiration, ce qui a permis d'abaisser le seuil de pression réglé sur le manostat de contrôle et pour lequel il se produit un arrêt intempestif et indésirable. A noter cependant que l'on pourrait amortir assez vite le phénomène d'oscillations si, pour le démarrage consécutif d'une 2^e pompe on ouvrait sa vanne à un moment donné et précis.

Cette condition peut être respectée par le personnel de service, mais pourrait être facilement imposée par le fonctionnement de l'automatisme de la centrale, du type électronique.

En résumé, il s'agit, pour les pompes de Veytaux, d'un phénomène supportable mais qui doit, pour toute installation de pompage, faire l'objet d'une étude minutieuse de l'ensemble du complexe canal d'adduction, puits blindé, chambre d'équilibre et a fortiori s'il en existe une seconde à l'aval, le tout en collaboration avec les fournisseurs des machines qui, eux, ne peuvent donner qu'une partie des paramètres déterminants.

Adaptation de la PSA à la pompe principale

On s'est vite rendu compte que, pour chaque groupe, la pompe principale refoulait, en moyenne, un débit de presque 10 % supérieur à celui de la garantie contractuelle, surplus que ne pouvait fournir la PSA à la hauteur requise qu'en tournant à une vitesse nettement supérieure aux prévisions du constructeur. Cette particularité impliquait :

1. Une perte de rendement pour la PSA.
2. Une perte supplémentaire de rendement pour sa turbine d'entraînement.
3. Une augmentation de la puissance absorbée par le groupe de mise en charge, ce qui a conduit à agrandir le diamètre de la tuyère d'injecteur de la turbine d'entraînement pour pouvoir y suffire.
4. De plus, on arrivait ainsi à une détérioration du coefficient de cavitation de la PSA et dont l'influence néfaste venait s'ajouter à celle des conditions d'écoulement très défavorables dans le canal d'adduction. C'est pourquoi le constructeur prit la décision de changer la géométrie de la roue de la PSA.

Résultat : retour à une vitesse favorable, aussi bien sous le rapport du rendement propre que de celui de sa turbine d'entraînement et, de plus, retour à un chiffre de cavitation mettant la machine à l'abri des attaques provoquées par ce phénomène.

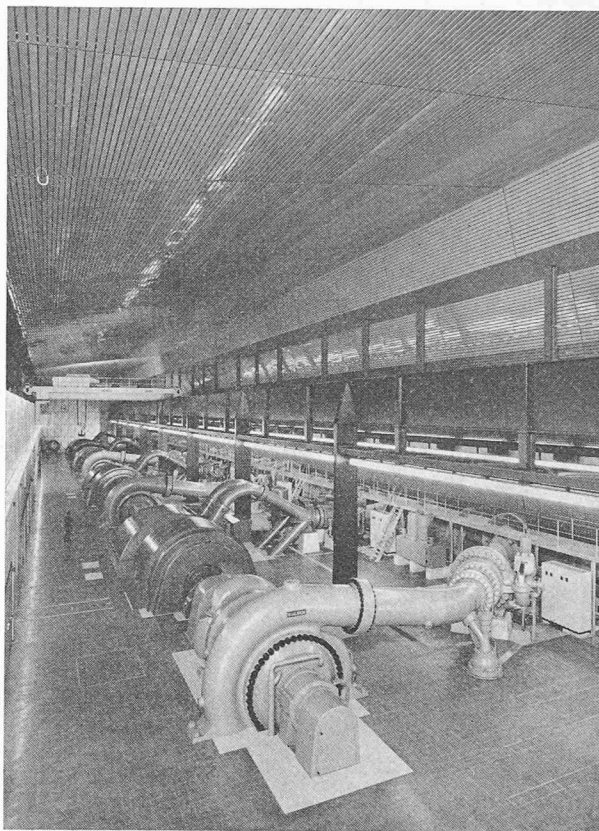


Fig. 3. — Centrale de Veytaux, salle des machines.

Photo Germond, Lausanne

Il est juste d'ajouter que les défauts constatés au début étaient très accentués par la mauvaise configuration du canal d'amenée, configuration qui fut corrigée par la suite, comme nous l'avons dit plus haut.

Problèmes de remplissage et de dénoyage

Avant de passer aux études définitives, le constructeur des pompes avait entrepris plusieurs séries d'essais sur modèle en vue de déterminer, pour différentes variantes du processus, le déroulement des phases des changements de régime, en maintenant à pleine vitesse la machine synchrone, solution qui permet à cette dernière de rester sur le réseau durant les manœuvres à exécuter et de passer ainsi du régime de pompage à celui de turbinage, ou vice-versa, en un temps total de 3 à 4 minutes. Cette méthode qui avait fait ses preuves pour des pompes à un et deux étages, devait rester valable pour une machine à nombre d'étages supérieur.

Ces essais en laboratoire portèrent sur une pompe géométriquement semblable à 3 étages, dont les roues accusaient 510 mm de diamètre et entraînée par un moteur électrique de 600 kW à 1480 t/min. Ils montrèrent qu'un dénoyage par air comprimé, après avoir mis en service la pompe de mise en charge, permettrait ensuite de lancer le rotor de pompe tournant dans l'air jusqu'à la vitesse nominale, puis de l'accoupler à la machine synchrone, pour noyer la pompe ensuite. Les relevés des augmentations de pression dans le corps de pompe et des appels soudains de puissance consécutifs, restaient admissibles pour la machine synchrone, moyennant l'adjonction d'une soupagerie ad hoc.

C'est sur la base de ces essais qu'on décida du processus de chaque changement de régime et qu'on réalisa un automatisme approprié. Mais, à l'échelle industrielle, on fit des constatations qui infirmèrent ce qu'on croyait pouvoir réaliser. Lors de la mise en service du 1^{er} groupe, en régime de pompage, on s'aperçut que le noyage provoquait des chocs importants à l'intérieur de la pompe et, en plus, un gradient d'augmentation de puissance trop fort pour la machine électrique synchrone.

Au vu de ces résultats, le constructeur entreprit une série d'essais systématiques sur le premier groupe qui l'amènèrent à procéder à certains changements.

C'est ainsi qu'à la suite de la modification du processus de noyage, on parvint à de très bons résultats qui purent être acceptés aussi bien par le constructeur du moteur-alternateur que par l'exploitant. Le dénoyage est réalisé par arrêt de la PSA et injection d'air comprimé.

Il est bien entendu qu'il a fallu modifier en conséquence le programme correspondant de l'automatisme. Dans le cas de Veytaux, rien n'était plus facile, le programme séquentiel étant réalisé par des circuits transistorisés sur cartes imprimées et débroschables. L'intervention s'est bor-

née au changement des liaisons entre diverses d'entre elles. Au surplus, le changement s'est encore soldé par une simplification bienvenue de la soupapierie d'air de la pompe principale et par la suppression de la petite pompe d'arrosage des joints à labyrinthe.

Conclusion

Les pompes horizontales de Veytaux à 5 étages, à démarrage dénoyé, avec leur puissance de 60 MW sous 800 m constituent, par rapport à ce qui était connu auparavant dans ce domaine, une extrapolation telle que nous étions conscients, comme leur constructeur, que leur mise au point, faute d'expériences analogues, comporterait des aléas qui seraient d'autant plus surmontables que l'automatisme se prêterait à certaines retouches.

Avec les améliorations apportées, l'installation donne aujourd'hui entière satisfaction.

Adresse des auteurs :

SGI — Société générale pour l'industrie, 9, ch. des Délices, 1006 Lausanne.

La stabilité des falaises de Saint-Jean¹

par M. DYSLI, ingénieur EPFL, chef de la section I au laboratoire de géotechnique de l'EPFL² et A. FONTANA, ingénieur EPFL au bureau P. + C. Dériaz à Genève

Parmi tous les sols rencontrés dans la cuvette genevoise, la moraine caillouteuse würmienne profonde, plus communément appelée « alluvion ancienne » est très caractéristique notamment par les falaises abruptes que les cours d'eau et l'homme ont créées. Ce nom d'« alluvion ancienne » lui a été donné au siècle dernier par Necker.

Géotechniquement, à la limite de trois classes, ce sont des graviers sablo-limoneux, de couleur dominante grise, très compacts, parfois recoupés de niveaux lenticulaires de sable, de limon et même d'argile jaunâtre, répartis en bancs fortement ou faiblement distincts.

Ces graviers sont très souvent cimentés, au-dessus de la nappe, par un dépôt encroûtant de carbonate de chaux (CaCO₃). Ils forment, alors, un véritable poudingue.

Ils sont perturbés, çà et là, par des accidents mécaniques divers : failles, flexures, étirements, particulièrement visibles au contact de deux horizons différents. Ces accidents, qui suivent la mise en place des dépôts, sont consécutifs à la fonte des lames de glace intraformationnelle.

Ces dépôts sont d'excellente qualité. Ils servent de réservoir à la nappe profonde et sont abondamment utilisés dans le canton comme source de grave pour fondation.

Les principales caractéristiques de l'« alluvion ancienne » sont données sur la fiche signalétique qui fait l'objet de la figure 1.

La cimentation interne de certains horizons de ce gravier sablo-limoneux lui confère une résistance au cisaillement d'ensemble beaucoup plus élevée que celle que l'on pourrait déduire des caractéristiques géotechniques décrites sur la figure 1.

¹ Conférence donnée à Genève lors de la réunion de la Société suisse de mécanique des sols et de travaux de fondation des 14 et 15 mai 1971.

² Ancien ingénieur à la Société générale pour l'industrie.

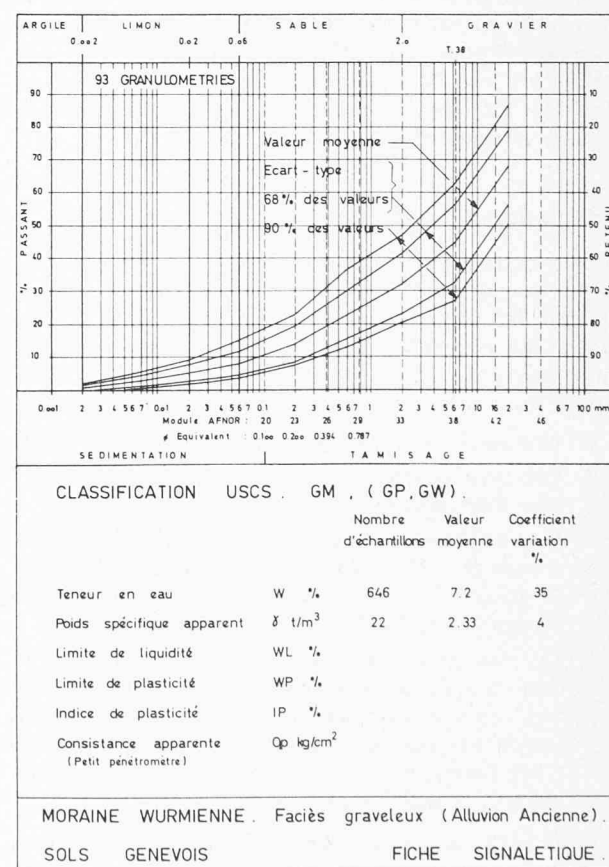


Fig. 1. — Fiche signalétique de l'« alluvion ancienne ».