Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 42 (1950)
Heft: 6-7

Artikel: La centrale de la dernier près Vallorbe et sa récente modernisation
Autor: Golay, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922023

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

La centrale de La Dernier près Vallorbe et sa récente modernisation

Par *R. Golay*, ing., Chef d'expl. de la Cie. des Forces de Joux, Lausanne

I. Généralités, historique et nécessité des travaux

La centrale hydroélectrique de La Dernier près Vallorbe, propriété de la Compagnie Vaudoise des forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe, n'a rien de comparable aux usines énormes qui sont actuellement soit en cours d'exécution, soit à l'étude, en vue de résoudre définitivement le problème de la pénurie d'énergie électrique en Suisse. L'usine de La Dernier est, en effet, une centrale de pointe, d'importance moyenne, tant par sa puissance que par sa production. Néanmoins, elle présente un vif intérêt par ses conditions spéciales de fonctionnement et par certaines particularités techniques de ses installations.

L'usine de La Dernier utilise les eaux accumulées dans le bassin naturel que forment les lacs de Joux: le lac de Joux proprement dit et le lac Brenet (Fig. 1). L'hydrologie très particulière de ce bassin mérite qu'on s'y arrête un instant. La Vallée de Joux, une des plus belles du Jura, doit son attrait à ses lacs aux caractères mi-riant, mi-sauvage, aux eaux tantôt claires, tantôt sombres. Le principal cours d'eau qui arrose La Vallée et qui alimente le lac de Joux, est l'Orbe; issue du lac des Rousses sur territoire français, elle coule paresseusement le long de la Vallée et se trouve grossie par quelques petits affluents avant de se jeter dans le lac de Joux dont la superficie est d'environ 9 km² et la profondeur de 34 m. Le lac de Joux reçoit, d'autre part, les eaux de la Lyonne, et de plusieurs sources sous-lacustres, constatées par des différences de températures provoquant, en hiver, des retards dans la congélation de certaines zones du lac. A son extrémité nord-est, le lac de Joux est relié au lac Brenet, beaucoup plus petit, par un canal très court. Les eaux recueillies dans le réservoir naturel des lacs, n'ont pas d'écoulement superficiel; sans former un cours d'eau bien délimité, elles s'échappent par infiltration dans le sol, par les fissures que présente le terrain calcaire du Jura. Plusieurs de ces exutoires ou «entonnoirs» sont visibles, le long de la rive ouest des lacs; ils sont connus depuis fort longtemps et on été évidemment murés lors de la construction de l'usine de La Dernier. Par contre, les exutoires invisibles, sous-lacustres, sont inconnus malgré tous les travaux de recherche faits jusqu'à ce jour. Il semble que dans de vastes zones, l'eau passe au travers de la couche de vase perméable, pour s'infiltrer ensuite dans les couches rocheuses. Quoiqu'il en soit, il faut déplorer le fait que le magnifique réservoir formé par les lacs de Joux ne soit pas étanche. Tous les auteurs qui ont étudié le régime de ces lacs, reconnaissent l'existence de pertes importantes et la Compagnie Vaudoise les déplore chaque année, car elles représentent pour elle un manque à gagner considérable. Les eaux qui s'échappent ainsi des lacs de Joux s'acheminent par des fissures, au travers de la montagne, puis se réunissent pour alimenter, en partie, la source de l'Orbe, à La Dernier près de Vallorbe, dans un site tout de verdure, bien connu des touristes. C'est une source vauclusienne, l'eau débouchant au pied d'une paroi de rochers. Plusieurs géologues ont en outre reconnu que les pertes les plus importantes sont localisées essentiellement au lac Brenet, et que les pertes diminuent fortement lorsque le plan d'eau de ce lac baisse de quelques mètres. Se basant sur ces faits, la Compagnie Vaudoise décida en 1942 de maintenir le niveau du lac Brenet à une cote inférieure, c'est-à-dire au voisinage de 1002,00 m (nouvel horizon), et d'accumuler l'eau jusqu'à la cote 1004,80 m (maximum conventionnel) dans le lac de Joux seulement. Les installations nécessaires à ce réglage furent alors aménagées, soit un barrage dans le canal reliant les deux lacs, et une galerie en tunnel avec une vanne à l'amont qui permet de limiter le débit passant d'un lac dans l'autre (Fig. 2).

Avant l'existence de la Compagnie Vaudoise, les fluctuations du niveau des lacs étaient considérables et les inondations fréquentes. Lors de la création de cette Compagnie, le problème essentiel à résoudre consistait à régulariser le niveau des lacs de Joux; l'utilisation de l'eau pour actionner une usine électrique était considérée comme un problème annexe! Il s'agissait de construire une galerie à écoulement libre permettant d'évacuer sur la vallée inférieure de l'Orbe, les crues indésirables menaçant d'inonder la Vallée de Joux. La chute de 240 m existant entre le lac Brenet et Vallorbe devait néanmoins tenter les ingénieurs audacieux, au début du siècle, pour faire tourner des turbines hydrauliques.

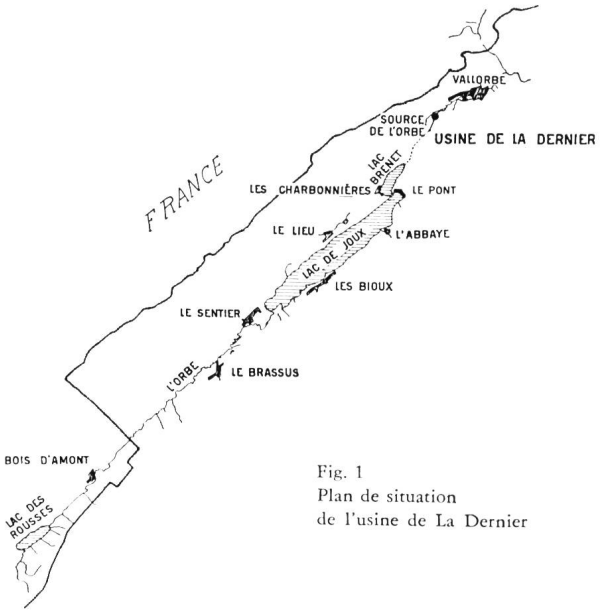

Fig. 1
Plan de situation
de l'usine de La Dernier

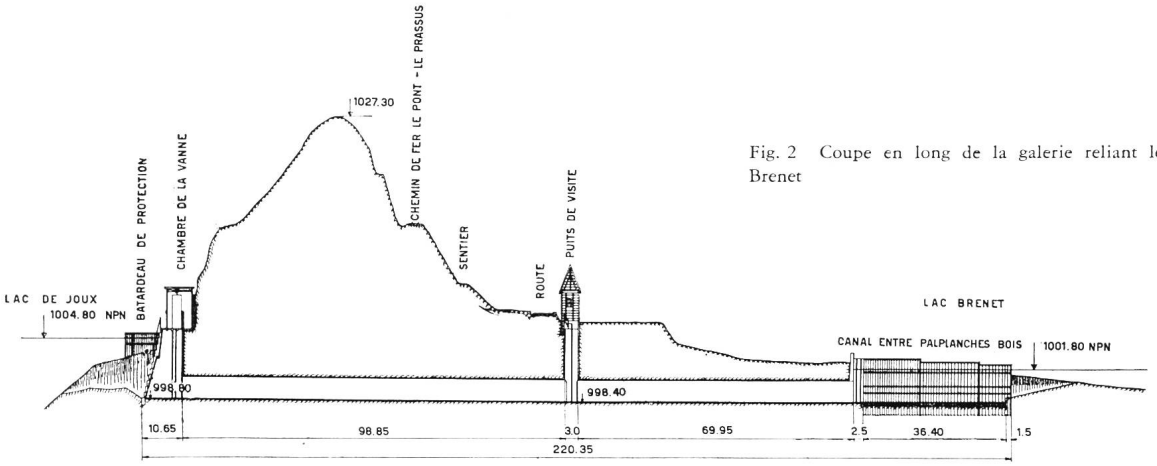

Fig. 2 Coupe en long de la galerie reliant les lacs de Joux et Brenet

L'usine de La Dernier approche maintenant des 50 ans! Elle n'a cependant plus la même physionomie qu'autrefois, puisqu'elle a été complètement transformée de 1944 à 1947. Construite de 1901 à 1903, l'ancienne usine constituait à l'époque une œuvre remarquable et fort audacieuse. 240 m de chute, 5000 CV de puissance et une tension de 13 000 Volts constituaient alors des caractéristiques exceptionnelles; aussi les visiteurs de partout furent-ils innombrables! Les installations comprenaient une prise d'eau très simple, à l'extrémité nord du lac Brenet, un canal en tunnel à écoulement libre, d'une longueur de 2600 m, une chambre de mise en charge d'où étaient issues une conduite forcée et deux conduites de décharge. La prise et le tunnel, de même que les conduites de décharge, étaient dimensionnées pour un débit de 20 m^3/sec, afin d'assurer le service de régularisation des eaux des lacs indépendamment de l'entreprise industrielle. La conduite sous pression, d'un diamètre de 1,20 m à la partie supérieure et de 1,00 m à la partie inférieure, aboutissait à l'extrémité d'un collecteur. De celui-ci partaient perpendiculairement les tuyauteries avec vannes, pour l'alimentation des turbines principales et des turbines auxiliaires. L'équipement de la salle des machines comprenait cinq groupes générateurs de 1000 CV chacun et 2 groupes d'excitation de 150 CV chacun. Les turbines à axe horizontal, du type Pelton, entrainaient les générateurs, du type ouvert, à la vitesse de 375 tours par minute. Le réglage de cette vitesse était assuré par des régulateurs automatiques à pression d'eau. Les générateurs triphasés produisaient du courant, directement à 13 000 Volts, tension de l'ensemble du réseau primaire de la Compagnie Vaudoise.

De 1903 à 1908, l'usine de La Dernier assura à elle seule l'alimentation du vaste réseau de cette Entreprise, réseau s'étendant de la frontière genevoise à la frontière neuchâteloise et même au-delà. Ce fut la période héroïque de l'exploitation durant laquelle les machines, mal protégées contre les décharges atmosphériques, subissaient de trop fréquentes avaries, donnant lieu parfois à de véritables feux d'artifices! En 1908, la centrale au fil de l'eau de Montcherand s/Orbe fut mise en service, de sorte que pendant longtemps (jusqu'en 1927) les deux usines de La Dernier et Montcherand constituèrent les deux piliers de tout le système de production et de distribution de la Compagnie Vaudoise. Au fur et à mesure des besoins, l'usine de La Dernier fut complétée en 1905, en 1916 et en 1929, par 4 nouveaux groupes. Sa puissance installée totale atteignit alors 16 300 CV. De plus, en 1927, une deuxième conduite sous pression fut installée pour permettre d'atteindre le débit demandé par cette nouvelle puissance.

L'essor industriel consécutif à la première guerre mondiale, de même que l'électrification des ménages, conduisirent à une nouvelle période de travaux intenses. Il devenait indispensable d'augmenter la capacité de transport des réseaux et de créer de nouvelles sources d'énergie. C'est alors que la Compagnie Vaudoise procéda, de 1926 à 1928, à l'établissement de son réseau à 40 000 Volts, pour le transport de l'énergie vers les centres importants, et pour l'interconnexion des centrales de La Dernier et Montcherand; d'autre part, elle procéda à la construction de l'usine de La Peuffeyre s/Bex, reliée à la centrale de Montcherand par une artère à 125 kV comprenant une dérivation à Malapalud près d'Echallens, pour établir une liaison avec le réseau de l'Energie de l'Ouest Suisse (EOS). Dès lors le réseau de distribution de la Compagnie Vaudoise reçoit son énergie de deux ensembles: celui de l'Orbe ou du Jura constitué par les centrales de La Dernier et Montcherand, et celui des Alpes, comprenant La Peuffeyre et le complexe EOS, ces deux ensembles étant interconnectés à Montcherand par une ligne à 125 kV (Fig. 3). La réalisation de cette nouvelle étape du développement des installations de la Compagnie Vaudoise est capitale pour les conditions de fonctionnement de l'usine de La Dernier. En effet, le réseau Joux était au préalable complètement indépendant, avec sa production assurée par les usines du Jura, situées à l'intérieur même du réseau de distribution.

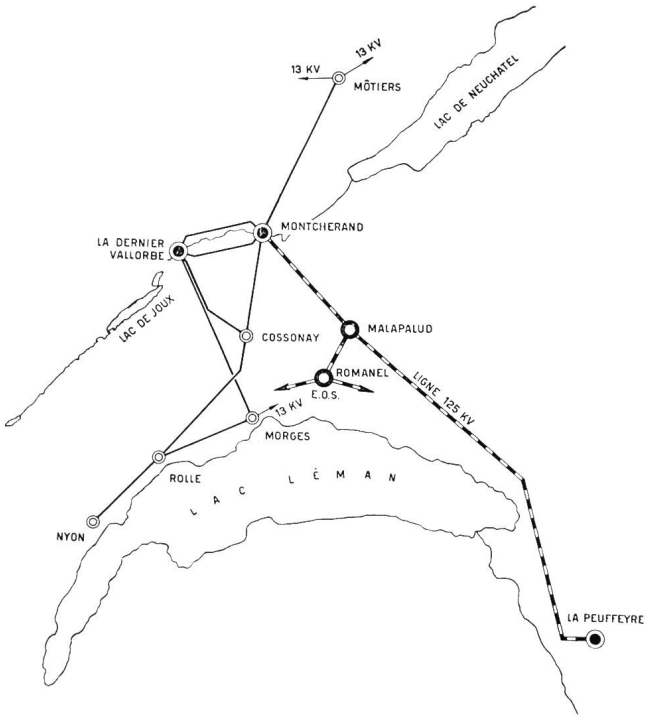

Fig. 3 Schéma du réseau à 40 et 125 kV de la Compagnie Vaudoise

L'usine au fil de l'eau de Montcherand produisait l'énergie de base, au maximum de ses possibilités, tandis que La Dernier avec son bassin d'accumulation, fournissait les compléments d'énergie nécessaires. Le réglage était très simple; il suffisait d'adapter le débit de La Dernier, à sa prise d'eau, selon les variations bien connues du diagramme de la charge du réseau. La galerie à écoulement libre de cette centrale ne présentait, à l'époque, aucun inconvénient d'exploitation. Cette galerie à écoulement libre allait devenir un défaut majeur dès que fut réalisée la mise en service de l'usine de La Peuffeyre et de l'interconnexion avec EOS. L'artère à 125 kV Bex-Malapalud-Montcherand, qui traverse des régions fort variées, est très sollicitée par les décharges atmosphériques qui sont la source de nombreux courts-circuits avec déclenchement de cette ligne. Ces mises hors circuits brusques, intempestives, font disparaître l'apport au réseau, de la puissance fournie par le complexe Peuffeyre — EOS. L'usine de La Dernier, malgré sa réserve d'énergie, se trouvait dans l'impossibilité de suppléer rapidement à cette disparition de puissance, précisément à cause de sa galerie à écoulement libre. Elle était incapable d'assurer le vrai rôle d'une usine de pointe, ou plus exactement le rôle d'un volant, car il fallait attendre 20 à 25 minutes entre le moment d'une manœuvre de la vanne à la prise d'eau et l'instant où le nouveau débit se trouvait disponible à l'usine. Cette carence fonctionnelle de la centrale de La Dernier entraînait presque fatalement une panne générale sur le réseau, lors d'un déclenchement de la liaison avec EOS et Peuffeyre. Ce grave inconvénient d'exploitation, qui se fit sentir toujours davantage avec le développement des échanges d'énergie entre Joux et EOS, est à la base des raisons qui ont motivé la transformation complète et la modernisation de la centrale de La Dernier. (Mentionnons en outre que l'interconnexion avec EOS est en voie d'amélioration et de développement, afin de garantir une sécurité d'exploitation considérablement améliorée). La deuxième raison essentielle qui nécessita les travaux de réfection de l'usine de La Dernier, est l'usure avancée de certains ouvrages de génie civil, des roues de turbines et des bobinages de machines, de même que l'insuffisance de l'appareillage électrique.

II. Les installations de la nouvelle usine. Leurs particularités.

Les travaux de modernisation de la centrale de La Dernier, effectués de 1944 à 47, correspondent presque à une reconstruction complète de cette installation. De l'ancienne usine, seuls subsistent les bâtiments, la conduite sous pression installée en 1927, les deux conduites d'évacuation des crues et l'excavation du tunnel d'adduction de l'eau. Les travaux ont nécessité l'arrêt complet de l'usine durant deux étés. Ils comprenaient:

L'aménagement d'une nouvelle prise d'eau fonctionnant en siphon, sur l'emplacement de l'ancienne; la modification de la section de la galerie et la réfection des revêtements en vue de la mise en pression; la construction d'une cheminée d'équilibre différentielle et d'une nouvelle chambre des vannes; le remplacement de la conduite forcée de 1903 par une conduite de section double; l'installation de groupes hydroélectriques de 8000 kW (10 000 kVA), pour remplacer les 9 groupes anciens; le remplacement de l'ensemble de l'équipement électrique, transformateurs et appareillage.

Une description détaillée de ces installations déborderait de beaucoup le cadre de cet article. Nous nous limiterons donc aux caractéristiques essentielles et aux particularités qui rendent l'usine de La Dernier digne d'intérêt.

Une première particularité est constituée par la prise d'eau qui travaille en siphon. Cette prise (Fig. 4 et 5) comprend un avant-canal à faible pente, épanoui vers le lac, puis la prise proprement dite avec son canal descen-

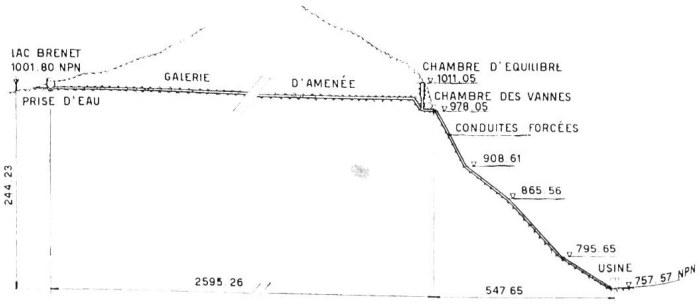

Fig. 4 Usine de la Dernier, profil en long

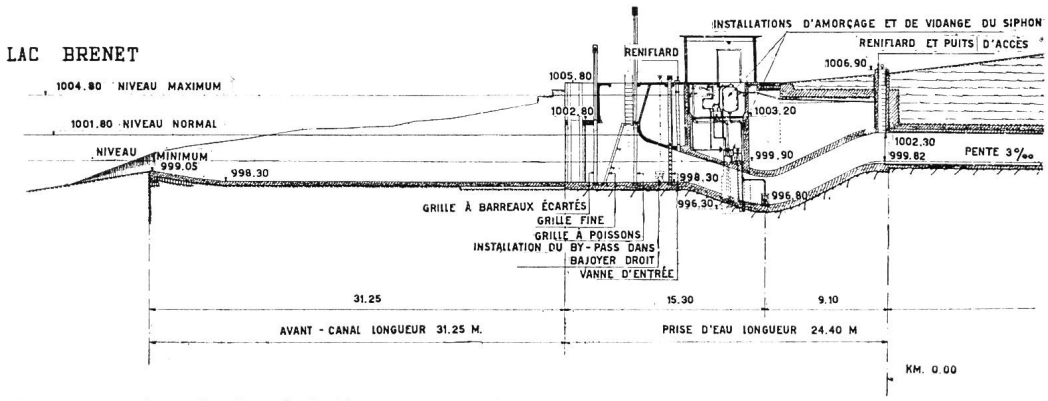

Fig. 5 La Dernier. Prise d'eau de La Tornaz, coupe en long.

dant, de sorte que la section inférieure du canal soit complètement noyée, même si le lac est à son niveau le plus bas, soit 1000,00 m nouvel horizon. Un canal ascendant raccorde la prise d'eau à la galerie qui existait préalablement. Lorsque le niveau du lac Brenet atteint ou dépasse la cote 1002,30 m du point le plus haut de la galerie, celle-ci est naturellement noyée; elle est en charge. Ce cas est cependant exceptionnel. Normalement le plan d'eau du lac se trouve au-dessous de la cote 1002,30 m. Il devient nécessaire d'élever l'eau artificiellement en évacuant, par pompage, l'air emprisonné dans la partie supérieure de la galerie; la prise d'eau travaille alors effectivement en siphon. L'amorçage du siphon, lors d'une mise en service et l'évacuation de l'air dissous dans l'eau, pendant le service normal, nécessitent une installation assez complexe, comprenant des groupes de pompes à vide entraînées par moteurs électriques ou à benzine, un chaudron avec des électrodes pour la commande automatique des groupes de pompage, des dispositifs d'alarme, etc... Il est évident que la prise d'eau comprend par ailleurs les inévitables grilles, vannes, batardeaux et pompes de vidange habituels.

La solution de prise d'eau travaillant en siphon a évité les travaux beaucoup plus importants qu'aurait nécessité l'abaissement de la galerie sur presque toute sa longueur. De ce fait, les travaux à la galerie se sont limités à la modification de la section (Fig. 6) afin de rapprocher sa forme de celle du cercle, et à la réfection de tous les revêtements, qui selon la nature des terrains, sont plus ou moins renforcés par une armature métallique. Ce revêtement doit non seulement résister à la poussée du terrain, mais il doit aussi garantir une bonne étanchéité, afin d'éviter des infiltrations de l'eau sous pression à l'extérieur de la galerie.

L'ancienne galerie à écoulement libre aboutissait à une simple chambre de mise en charge. La mise en pression du tunnel a obligé la création d'une cheminée d'équilibre, afin d'empêcher la propagation dans la galerie, des coups de bélier dûs à la fermeture ou à l'ouverture des turbines à l'usine. A cet effet, la galerie s'incurve vers le bas à son extrémité aval, pour aboutir au bas du puits de la cheminée d'équilibre.

Cette cheminée est du type différentiel qui permet d'obtenir des résultats plus favorables qu'une chambre d'équilibre simple, avec une excavation réduite, donc un coût moins élevé. Elle est complètement forée dans la roche et comprend (Fig. 7 et 8) un puits cylindrique de 30 m de hauteur et de 18 m² de section, et une chambre, de moindre profondeur, mais de plus grand volume (environ 900 m³). La partie supérieure du puits forme déversoir. La chambre et le puits sont en communication par un orifice by-pass, dont l'ouverture peut être ajustée par une vanne. En régime permanent, le niveau de l'eau est le même dans la chambre et dans le puits. Si une fermeture des vannes se produit à la centrale, le débit de la galerie se trouve brusquement trop grand; l'excé-

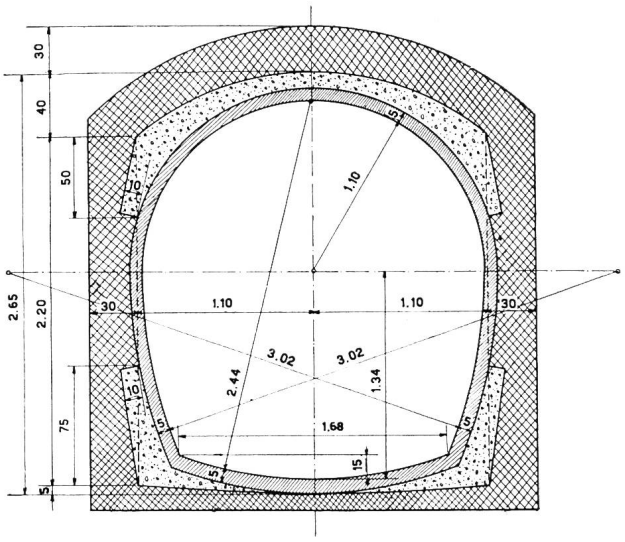

Fig. 6 Usine de La Dernier, section-type de la galerie, échelle 1 : 50

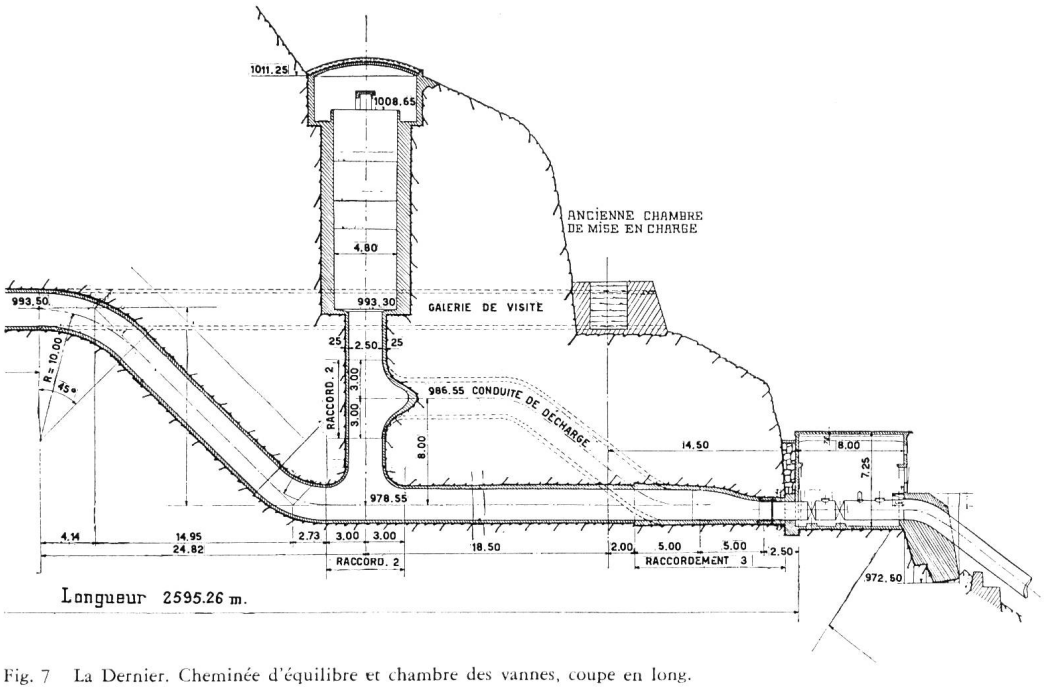

Fig. 7 La Dernier. Cheminée d'équilibre et chambre des vannes, coupe en long.

dent d'eau va remplir le puits, et plus lentement la chambre, par le petit orifice; il se crée ainsi une contre-pression qui ralentit le mouvement de l'eau dans la galerie. Si la variation de débit à l'usine est importante, le niveau monte dans le puits jusqu'au maximum et l'eau se déverse alors dans la chambre. Lorsque le mouvement de l'eau dans le tunnel est suffisamment ralenti, la contre-pression due à la colonne d'eau existe encore; le ralentissement de l'eau va s'accentuer et devenir trop grand. Le puits et la chambre vont alors se vider. Il s'en suivra une série d'oscillations des plans d'eau dans le puits et dans la chambre. Grâce au jeu de l'amortissement dû aux pertes de charge, les niveaux d'eau se stabilisent à une valeur correspondant au nouveau régime de débit de l'usine.

Le dimensionnement d'une cheminée d'équilibre différentielle est délicat. C'est pourquoi dans le cas de La Dernier, la Compagnie Vaudoise a fait procéder à des essais systématiques en laboratoire, sur modèle réduit. Les résultats des essais effectués sur l'installation réelle ont montré une bonne concordance avec les prévisions obtenues en laboratoire et ont permis de régler l'ouverture de l'orifice by-pass à la valeur optimum, tant au point de vue de l'amplitude que de l'amortissement des oscillations. A ce point de vue, les résultats obtenus à La Dernier sont excellents; après quelques oscillations, les fluctuations deviennent insignifiantes.

Au voisinage de la chambre d'équilibre, quelque peu en aval, se trouve la chambre des vannes (Fig. 7), d'où sont issues les deux conduites de décharge et les deux conduites sous pression. Une vanne, commandée à distance depuis l'usine, permet d'ouvrir la décharge dans le cas de plus en plus rare où il faut évacuer des crues. En tête des conduites forcées, sont installées deux vannes-papillons automatiques qui se ferment aussitôt que le débit des conduites excède notablement le débit nominal de 11,7 m³/sec. de l'usine. Ces vannes constituent donc une protection en cas de rupture de conduite.

La conduite installée en 1927 subsiste. Elle est constituée de tuyaux en tôle d'acier doux, soudés, avec des assemblages par brides et boulons. Le diamètre de cette conduite, dont la longueur atteint 620 m, varie de 1,20 m à 1,00 m.

(à suivre)

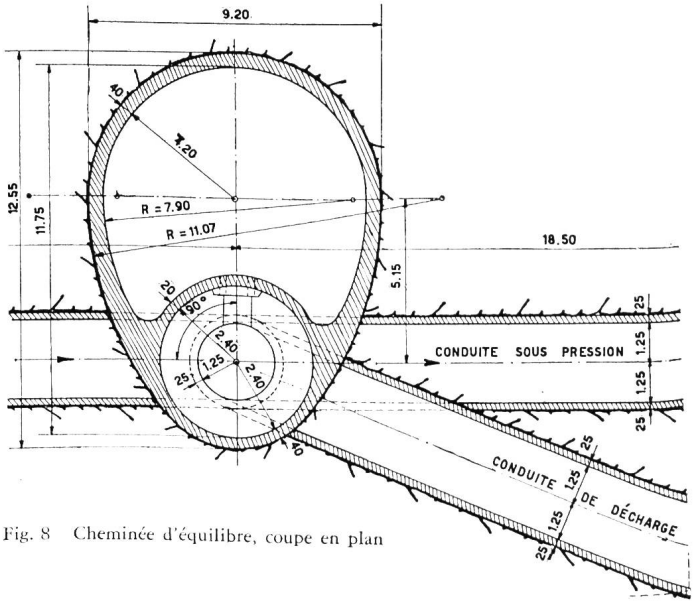

Fig. 8 Cheminée d'équilibre, coupe en plan