Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 46 (1955)

Heft: 4

Artikel: Nouvelle centrale des Clées

Autor: Grivat, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1060909

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: 16.12.2025

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

46. Jahrgang Nr. 4 Samstag, 19. Februar 1955

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN
DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Nouvelle centrale des Clées

Par *J. Grivat*, Lausanne

621.311.21(494.45)

La nouvelle centrale des Clées, intercalée entre l'usine de La Dernier près Vallorbe et celle de Montcherand sur Orbe, achève l'aménagement rationnel de l'Orbe entrepris par la Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe. Le présent article donne un aperçu sur la disposition générale du nouvel ouvrage — qui sera équipé de 3 groupes générateurs de 10 MVA —, et décrit son équipement électrique.

Das neue Kraftwerk «des Clées», eingeschoben zwischen die Kraftwerke La Dernier und Montcherand an der Orbe, setzt den Schlußstein zum rationellen Ausbau der Orbe, ausgeführt von der Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe. Der Aufsatz verschafft einen Überblick über die allgemeine Anlage des neuen Werkes, ausgerüstet mit drei Generatorgruppen von 10 MVA, und beschreibt seine elektrischen Betriebsteile.

A. Introduction

Par décret du 26 novembre 1951, le Grand Conseil vaudois décidait la transformation, avant la fin de l'année 1954, de la Compagnie vaudoise des Forces motrices des lacs de Joux et de l'Orbe en une nouvelle société, portant la raison sociale de Compagnie vaudoise d'électricité — CVE — et lui octroyait des statuts modernes, adaptés au développement actuel et futur de ses installations. Simultanément, il lui accordait la concession, à partir du 1er janvier 1955, pour l'utilisation de l'Orbe entre Vallorbe et les Clées, plus exactement de la restitution des Eterpaz à la prise d'eau de l'usine de Montcherand.

Ce tronçon de l'Orbe était aménagé jusqu'alors de la manière suivante:

Usine électrique du Châtelard:
14 m de chute avec un débit maximum de 8,8 m³/s;
Usine électrique du Day:
88 m de chute avec un débit maximum de 10 m³/s;
Usine électrique des Clées:
44 m de chute avec un débit maximum de 4,5 m³/s;
Production moyenne totale: 45 GWh par an.

Intéressante à l'époque où la demande d'énergie électrique était relativement faible, l'utilisation de ces chutes était devenue irrationnelle. En effet, les trois usines précitées n'absorbaient que des débits restreints, en perdant de l'eau pendant respectivement 125, 110 et 280 jours par année; de plus elles laissaient inemployée une chute de 24 m sur les 170 m disponibles.

On comprend que le gouvernement d'un canton pauvre en énergie électrique — le canton de Vaud

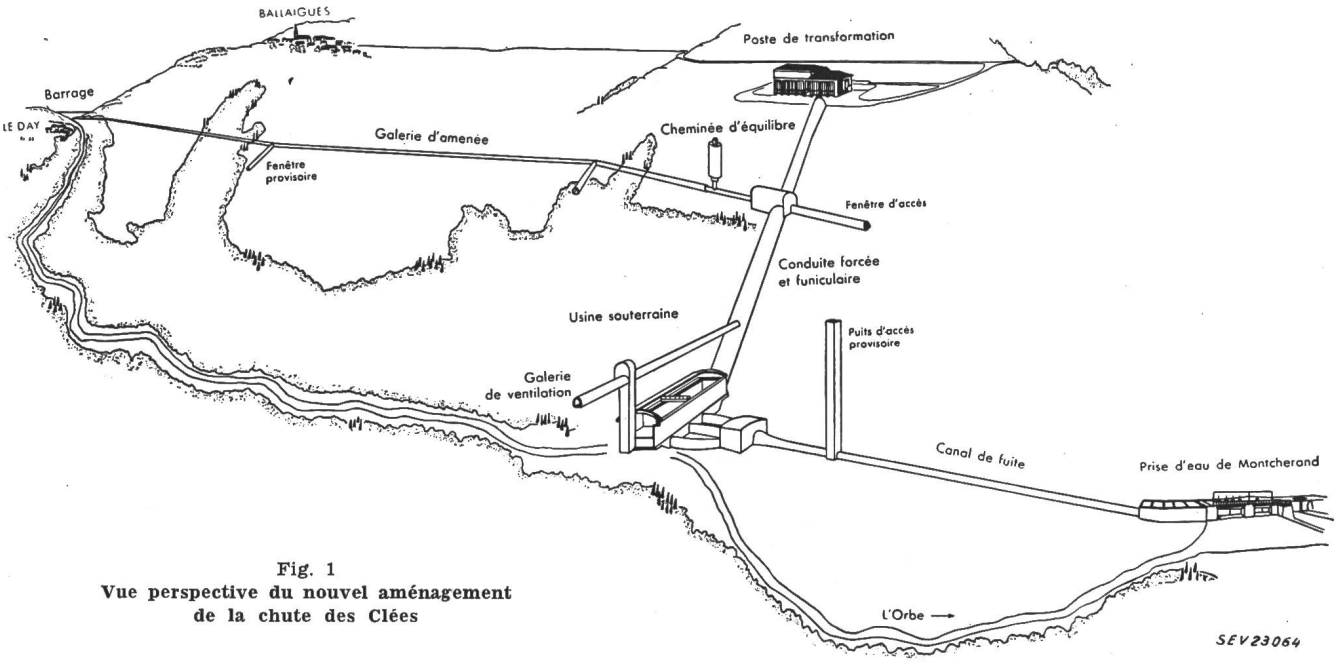


Fig. 1
Vue perspective du nouvel aménagement de la chute des Clées

n'a produit que 357 GWh en 1950 sur 569 GWh consommés — ait refusé de renouveler à leur échéance ces trois concessions, pour donner la préférence au projet de rééquipement de l'Orbe, prévoyant l'utilisation d'un débit de 17 m³/s sous 170 m de chute, avec une production moyenne de 94 GWh par an, présenté par la Compagnie vaudoise.

ron 20 000 m³ de béton. Il assure la réalisation d'une retenue de 240 000 m³ avec une chute maximum de 170 m, pouvant être portée, sans modification des installations, à 620 000 m³, avec une chute maximum de 174 m, au cas où la petite chute des Eterpaz serait ultérieurement englobée dans cet aménagement. Le bassin de compensation journa-

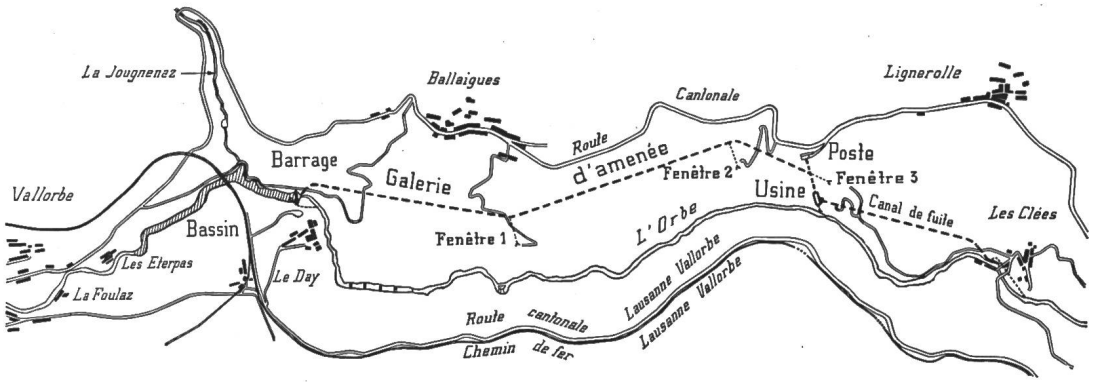


Fig. 2
Plan de situation du nouvel aménagement de la chute des Clées
Echelle 1 : 50 000

B. Dispositions générales du nouvel aménagement

S'intercalant entre l'usine de la Dernier, sise à 2 km en amont de Vallorbe, rénovée de 1946 à 1947 [1]) et l'usine de Montcherand transformée de 1948 à 1950, les installations de la nouvelle centrale s'étendent sur environ 6 km, à partir du hameau du Day jusqu'au village des Clées (fig. 1, 2 et 3).

lière ainsi créé permet de retenir les apports de pointe de l'usine de La Dernier et par là d'utiliser rationnellement l'eau disponible pour la nouvelle centrale et pour l'usine de Montcherand.

L'élimination des crues s'effectue au moyen d'un *évacuateur à déversoir circulaire,* d'environ 8 m de diamètre, débouchant dans une galerie de dérivation, et d'une vanne de fond encastrée dans le bar-

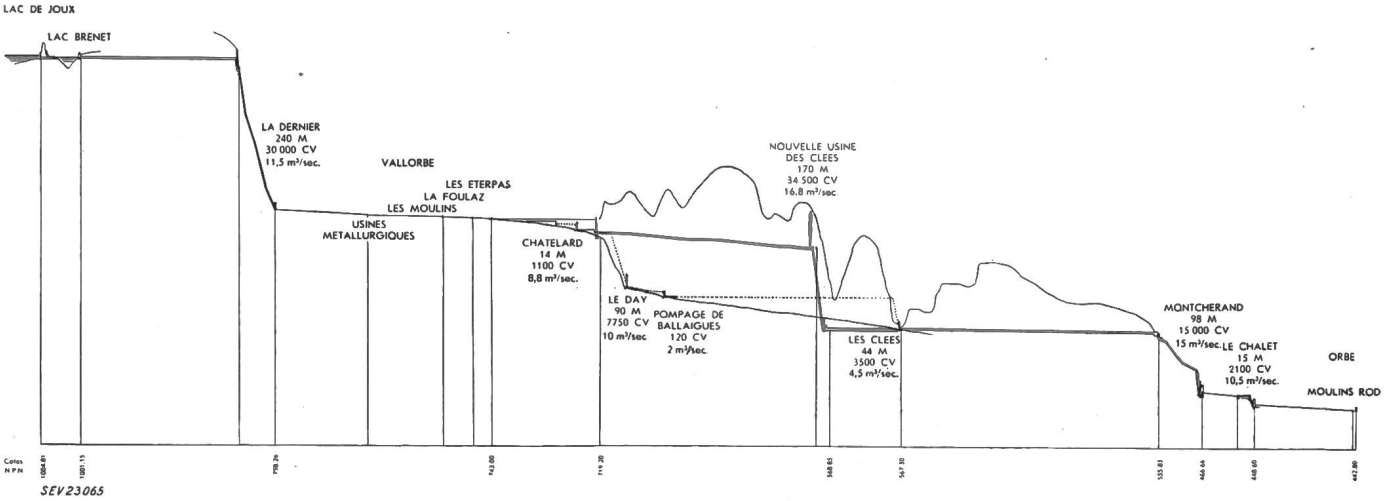


Fig. 3
Profil en long de l'Orbe, du lac de Joux à la ville d'Orbe

Elles sont alimentées par l'Orbe et son affluent la Jougnenaz, rivières recueillant les eaux d'un bassin versant de 288 km², comprenant principalement la Vallée de Joux.

Le barrage, d'une hauteur maximum de 28 m et d'une longueur de 100 m au couronnement, est implanté à 500 m environ en aval du viaduc de la voie ferrée Lausanne–Vallorbe, dans la gorge précédant le Saut du Day (fig. 4). Il s'agit d'un ouvrage du type gravité, nécessitant la mise en œuvre d'envi-

rage. Ces deux organes sont capables d'éliminer au total 195 m³/s.

La *prise d'eau,* munie d'un dégrilleur à commande automatique, est bétonnée dans le corps du barrage. Elle précède une vanne-papillon, à fermeture télécommandée, placée en tête de la galerie d'amenée.

La *galerie d'amenée,* au revêtement entièrement bétonné, est dimensionnée pour un débit de 17 m³/s. Longue de 3,5 km, avec une pente moyenne de 7 ‰, elle a un diamètre de 2,6 m. A 1,3 km en amont du village de Lignerolle, elle aboutit à la *cheminée*

[1]) voir Bull. ASE t. 40(1949), n° 19, p. 751...757.

d'équilibre, du type différentiel, d'une hauteur de 55 m, avec puits central et chambre concentrique. Faisant suite à la cheminée d'équilibre, 2 vannes-papillons précèdent la conduite forcée. La pre-

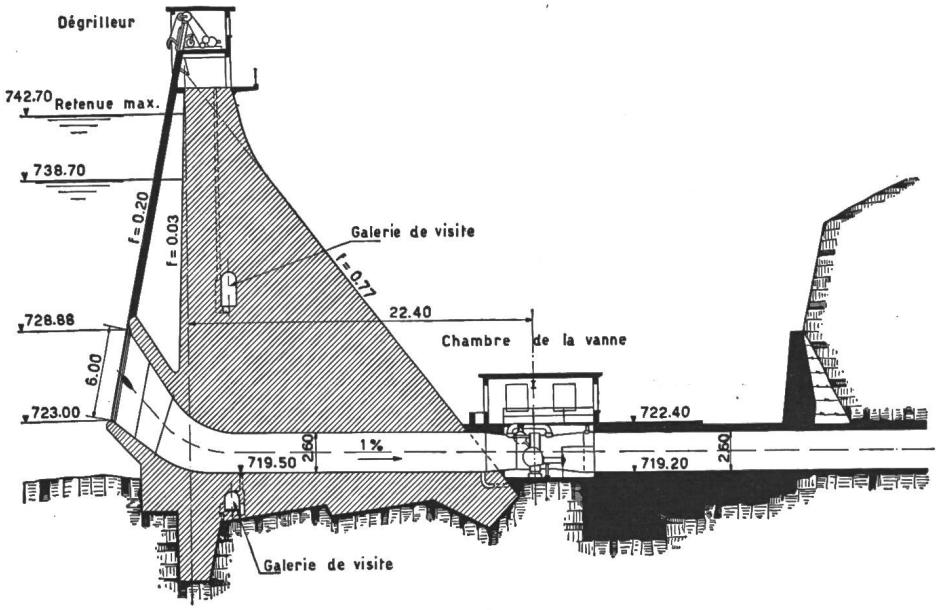


Fig. 4
Coupe transversale du barrage
Longueur au couronnement: 100 m
Hauteur maximum: 28 m
Volume de béton: 21 000 m³
Echelle: 1 : 500

mière sert de vanne de garde, la seconde de vanne de sécurité; celle-ci est munie à cet effet d'un dispositif à palette assurant automatiquement la fermeture au cas où le débit normal maximum serait dépassé; cette manœuvre peut être également commandée depuis l'usine ou le poste de transformation.

La *conduite forcée,* de 2,0 m de diamètre et d'environ 200 m de longueur, en tôle d'acier Aldur 44, est placée dans une galerie souterraine inclinée à 75 %. Elle aboutit à *l'usine,* également souterraine, abritant 3 groupes à axes verticaux, composés d'un alternateur de 10 000 kVA et d'une turbine Francis de 8500 kW (11 500 ch) (fig. 5 et 6). Grâce à cette disposition verticale des groupes et au fait qu'ils sont accolés à l'une des parois, la largeur de l'usine est très réduite, ce qui est particulièrement avantageux pour une centrale souterraine. Chaque turbine est précédée d'une vanne autoclave à double siège. Un pont roulant de 25 t dessert la salle des machines. En bout d'usine se trouve la salle de commande avec son répartiteur des câbles, ainsi que différents locaux réservés aux services auxiliaires et à l'installation de conditionnement d'air.

Les aspirateurs des turbines sont raccordés au *canal de fuite,* entièrement souterrain, long de 1,2 km, de 10 m² de section environ, aboutissant directement dans la prise d'eau de la centrale de Montcherand, en face de l'ancienne usine des Clées ou dans une galerie de décharge, de 320 m de longueur, débouchant dans l'Orbe, à l'aval de la gorge des Clées; grâce à cette disposition, la marche de la nouvelle centrale n'est pas gênée par les crues de la rivière.

La disposition assez particulière de l'usine, sise en dessous du niveau de l'Orbe et munie d'un canal de fuite de plus d'un kilomètre, a été imposée par des considérations géologiques. En effet, vu la nature défavorable du sous-sol à traverser — moraines glacières — il aurait été peu judicieux de poursuivre la galerie d'amenée jusqu'au droit du village des Clées, en construisant l'usine à la limite de con-

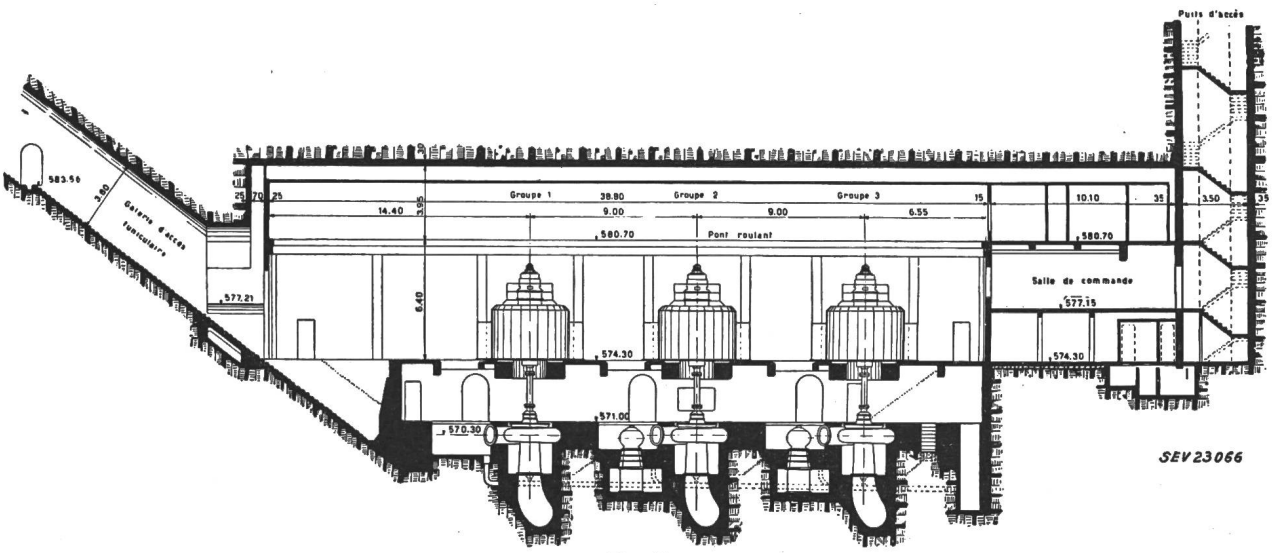


Fig. 5
Coupe longitudinale de l'usine
Echelle 1 : 400

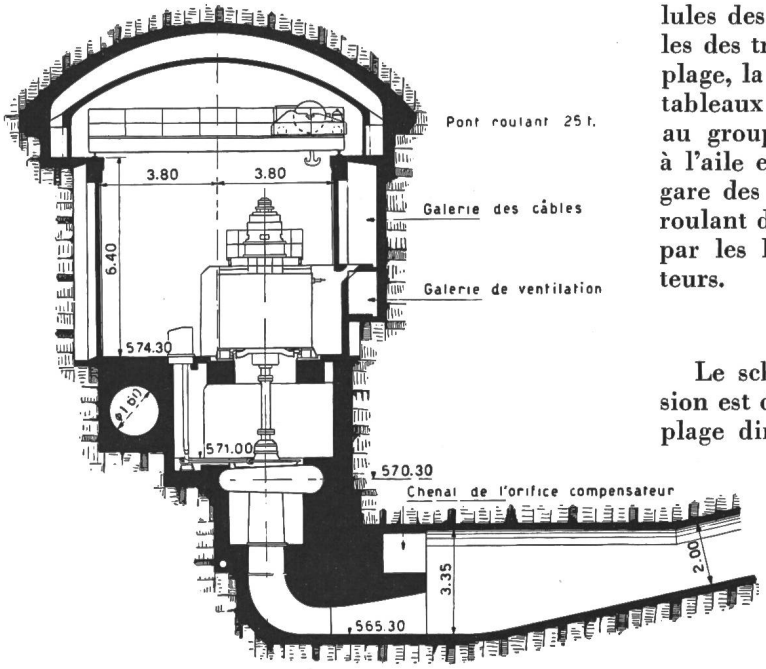


Fig. 6
Coupe en travers de l'usine
Echelle 1 : 250

cession, de manière à réduire au strict minimum le canal de fuite.

La *galerie inclinée* à 75 %, contenant la conduite forcée, est prolongée jusqu'au poste de transformation abrité dans une construction à l'air libre (fig. 7 et 8). Cette galerie, d'une longueur de 330 m, est également utilisée pour le passage des câbles à haute et à basse tension; elle contient de plus un escalier de service, ainsi qu'une voie ferrée destinée à un funiculaire rapide réservé au personnel et à un funiculaire plus lent destiné aux marchandises.

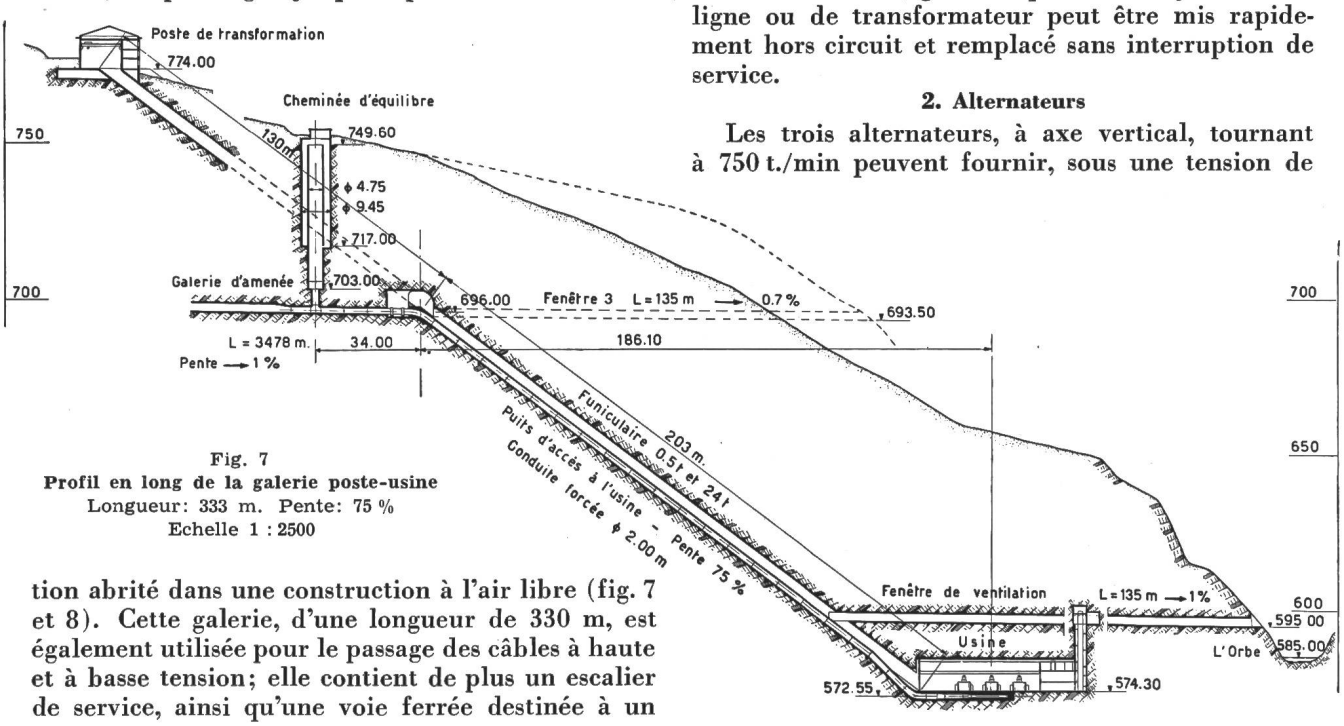


Fig. 7
Profil en long de la galerie poste-usine
Longueur: 333 m. Pente: 75 %
Echelle 1 : 2500

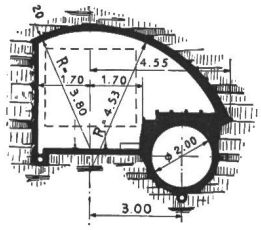


Fig. 8
Profil en travers, de la galerie poste-usine
Tronçon inférieur, avec conduite forcée et funiculaire
Echelle 1 : 250

Le *poste de transformation* comprend deux corps de bâtiment. Dans son aile ouest, il abrite les 3 cellules des transformateurs principaux et les 2 cellules des transformateurs auxiliaires, le poste de couplage, la halle de décuvage, les locaux destinés aux tableaux de distribution des services auxiliaires et au groupe générateur de secours (fig. 9). Quant à l'aile est, elle est occupée essentiellement par la gare des funiculaires, avec leurs treuils et un pont roulant de 25 t, par l'atelier et les dépôts, ainsi que par les locaux réservés aux batteries d'accumulateurs.

C. Equipement électrique

1. Disposition générale

Le schéma de principe du circuit à haute tension est donné par la fig. 10. On remarquera le couplage direct des alternateurs aux transformateurs, sans barres collectrices ni disjoncteur intermédiaire; il y a lieu de relever d'autre part la présence d'un disjoncteur de couplage, avec un jeu de barres auxiliaires, grâce auquel tout disjoncteur de ligne ou de transformateur peut être mis rapidement hors circuit et remplacé sans interruption de service.

2. Alternateurs

Les trois alternateurs, à axe vertical, tournant à 750 t./min peuvent fournir, sous une tension de 13 kV, une puissance apparente de 10 000 kVA, c'est-à-dire 8000 kW sous $\cos \varphi = 0{,}8$. Leur réfrigération est assurée par un circuit d'air fermé, refroidi lui-même par de l'eau pompée dans le canal de fuite.

3. Transformateurs

Les trois transformateurs, logés dans des cellules adjacentes au poste de couplage, élèvent la tension des alternateurs de 13 000 à 40 000 V; comme ceux-ci, ils sont dimensionnés pour une puissance apparente de 10 000 kVA. A l'aide d'un commutateur de prise, il est possible de modifier leur rap-

port de transformation de ± 5 %. La réfrigération s'effectue par circulation naturelle d'air, assurée grâce aux cheminées surmontant les cellules.

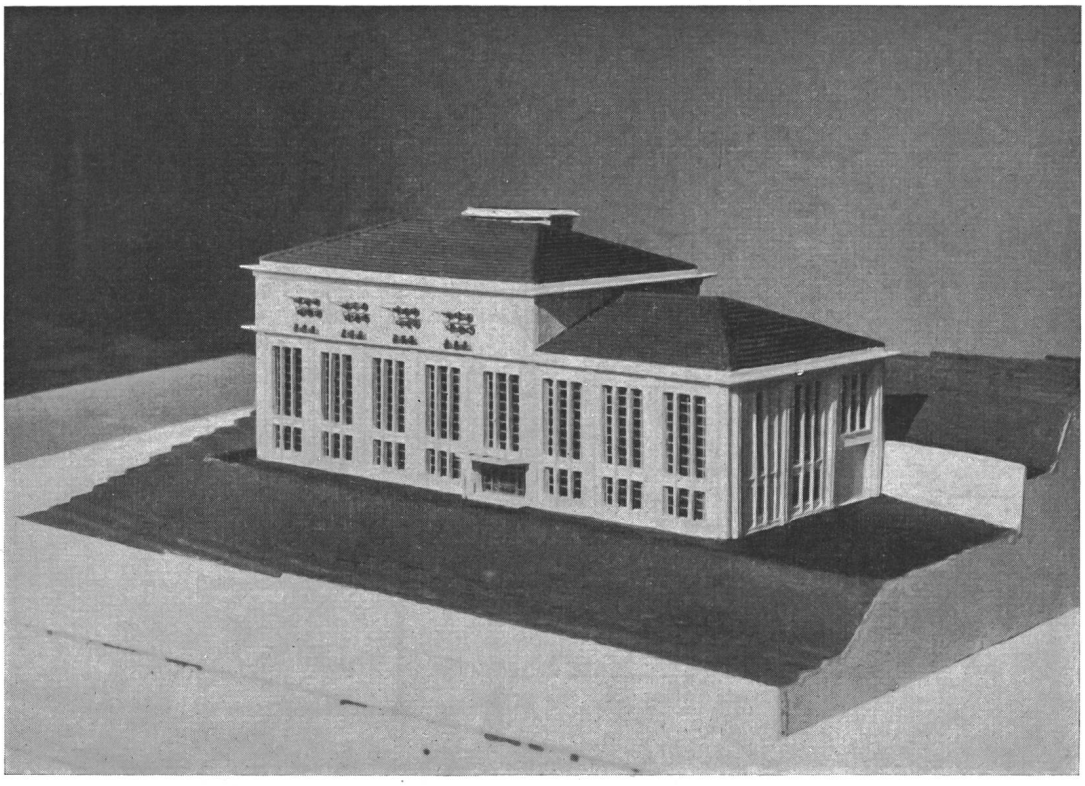


Fig. 9
Maquette du poste de transformation
Façades est et sud. A gauche, le poste de couplage et à droite la gare du funiculaire poste-usine

4. Câbles à haute tension

Chaque alternateur est relié à son transformateur par 6 câbles monophasés à 13 kV — 2 par phase — longeant la galerie des funiculaires. Etant donné la forte différence de niveau entre la salle des machines et le poste de transformation — plus de 200 m de dénivellation sur une distance d'environ 350 m — l'utilisation de câbles de conception classique, avec isolation au papier imprégné, posait un problème délicat, par suite de la pression exercée par l'huile sur les manteaux de plomb. Il a été jugé préférable de recourir à des câbles sans huile, isolés à la résine synthétique — polythène —, avec gaine de protection en thermoplaste, vu les excellentes expériences faites avec ces nouvelles matières.

5. Poste de couplage

Le poste de couplage à 40 kV est logé dans une halle adossée aux cellules des transformateurs (fig. 11). Il se distingue par l'utilisation exclusive d'appareils sans huile, à savoir: disjoncteurs à air comprimé, transformateurs d'intensité et transformateurs de tension isolés avec des résines synthétiques, câbles de commande à gaines thermoplastiques, etc., ce qui élimine pratiquement tout risque d'incendie. L'ensemble de l'appareillage électrique est coordonné et répond aux caractéristiques de la classe 45 kV.

6. Lignes de raccordement

Le poste de couplage est connecté par quatre dérivations d'environ 500 m aux lignes à 40 kV voisines, reliant la centrale de La Dernier à celle de Montcherand (fig. 12). Deux jonctions à 40 kV le raccordent également aux artères partant de l'ancienne usine des Clées en direction de Ste-Croix et d'Yverdon.

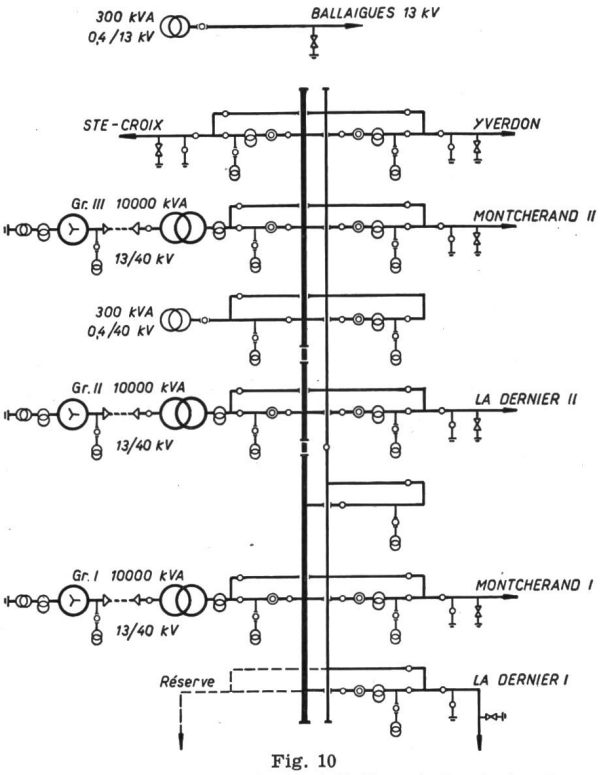
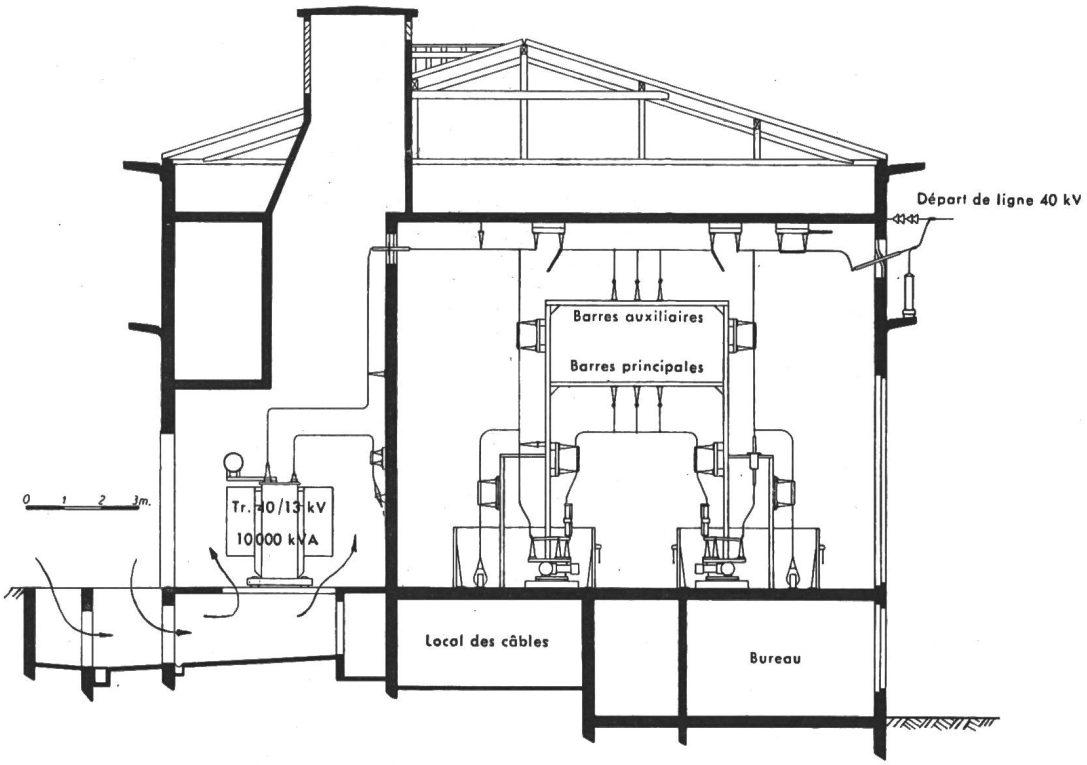


Fig. 10
Schéma de principe des installations à haute tension

7. Salle de commande

Toutes les opérations de mise en marche, de même que le réglage des groupes, s'effectuent à partir de la salle de commande. Les disjoncteurs du poste de couplage sont également manœuvrés à distance, depuis la salle de commande d'où est surveillée toute l'exploitation. Un tableau synoptique, avec lampes allumées en cas de discordance entre la position des appareils et celle de leurs symboles, donne une vue d'ensemble sur l'état de couplage.



Coupe transversale du poste de transformation et de couplage

Fig. 11
Coupe en travers du poste de transformation et de couplage

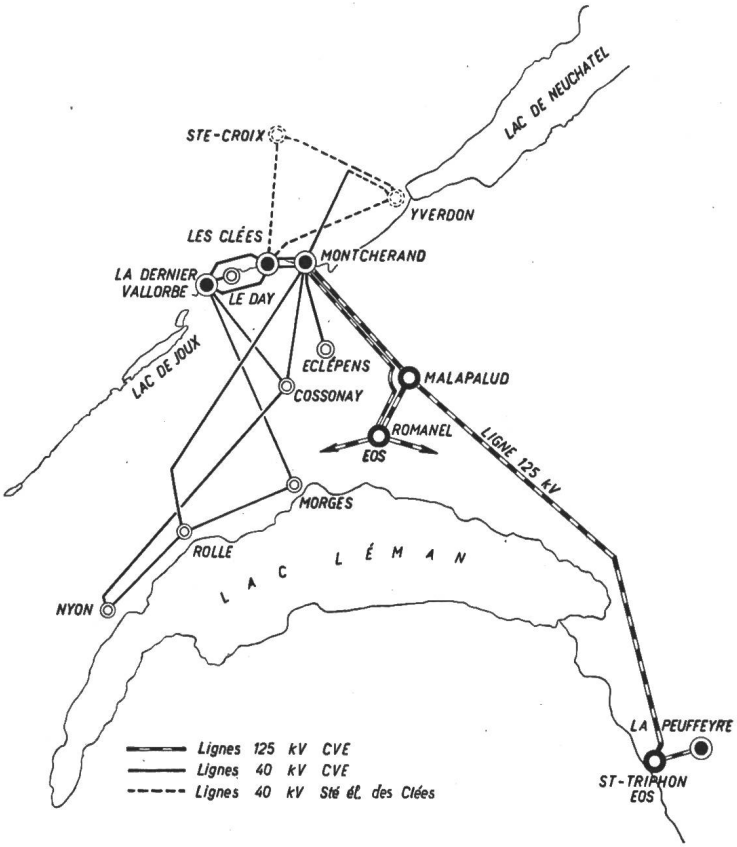


Fig. 12
Schéma des réseaux à 40 et à 125 kV de la Compagnie vaudoise

8. Services auxiliaires

L'alimentation des services auxiliaires est assurée:

a) par un transformateur de 300 kVA à 40 000/380 V relié aux barres collectrices du poste de couplage;

b) par un transformateur de 300 kVA à 13 000/380 V relié à une ligne de distribution à haute tension, pouvant être raccordée soit à la centrale de Montcherand, soit à celle de la Dernier;

c) par un groupe générateur de secours de 170 kVA et 380 V, entraîné par un moteur Diesel de 150 kW (200 ch). En cas de disparition ou de baisse anormale de la tension, ce groupe démarre et reprend automatiquement l'alimentation — en moins de 6 secondes — des circuits auxiliaires les plus importants;

d) par deux batteries d'accumulateurs au plomb à 110 V, de 108 Ah, destinées à l'alimentation des circuits de commande.

D. Climatisation de l'usine

L'air frais est aspiré par une galerie débouchant dans la gorge de l'Orbe. Il est débarrassé de son

excédent d'eau éventuel, par abaissement de sa température à l'aide d'un compresseur frigorifique; il est ensuite mélangé à de l'air chauffé par les alternateurs, puis injecté dans la salle des machines; finalement il est refoulé à l'extérieur par le canal de fuite. Des circuits d'air spéciaux, avec dispositifs de chauffage électrique, assurent une ventilation indépendante pour la salle de commande et les locaux annexes.

E. Protection contre l'incendie

A la suite des expériences faites lors des incendies de Montcherand et de Chandoline, d'importantes mesures de protection ont été prises contre le feu: tout d'abord des dispositions préventives par utilisation d'appareillage à 40 et à 13 kV dépourvu d'huile, par isolement des trois transformateurs de puissance et des deux transformateurs auxiliaires dans des cellules séparées, complètement closes, avec écoulements d'huile indépendants; puis des mesures de défense active par protections à gaz carbonique, munies de commandes automatiques pour les trois alternateurs et les cinq transformateurs précités, ainsi que pour la halle de décuvage, mesures complétées par un réseau d'hydrants, avec lances à brouillard, et par des extincteurs portatifs.

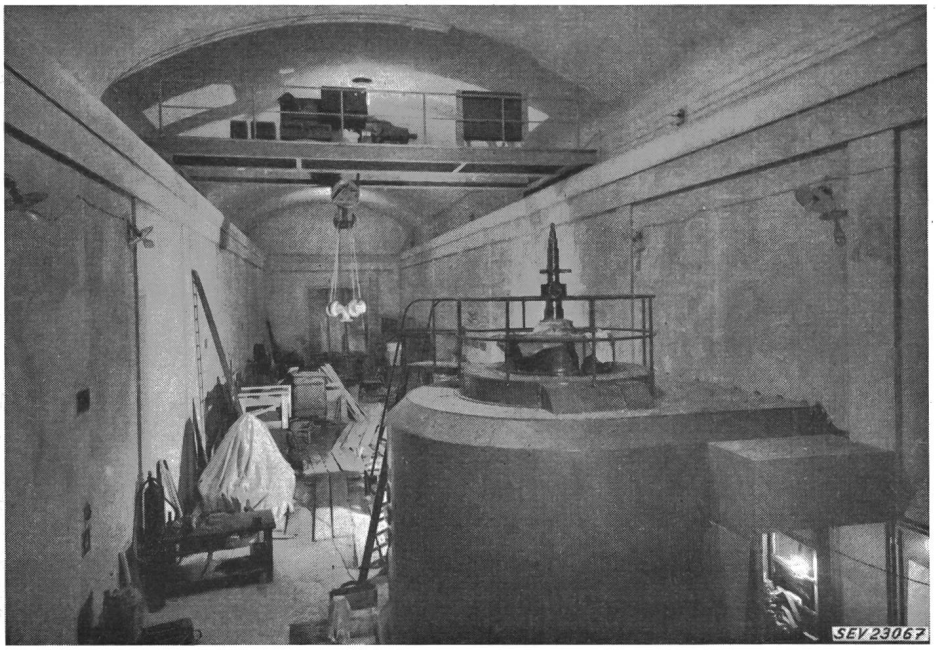


Fig. 13
Usine souterraine
Etat des travaux en décembre 1954

F. Considérations générales

1. Coût des travaux et production d'énergie

Le coût total des travaux est devisé à environ fr. 22 000 000, soit sensiblement fr. 915.— par kW installé, pour une production moyenne d'environ 94 GWh par an contre 45 GWh produits par les anciennes usines. De plus, la production de l'usine de Montcherand sera accrue d'une façon appréciable par une exploitation coordonnée avec celle de la nouvelle centrale.

2. Etudes et réalisation du projet

Les études du projet et la direction des travaux sont assumées, pour la partie relative au génie civil, par la Compagnie d'Entreprises et de Travaux Publics à Lausanne, et pour la partie mécanique et électrique, par le Service technique de la Compagnie vaudoise. La perforation des galeries et l'excavation de l'usine (fig. 13) — facilitées par la rencontre de calcaires portlandiens d'excellente tenue sur la majeure partie du tracé — ont été rapidement menées à chef, si bien qu'à l'heure actuelle, les travaux de génie civil sont, à peu de chose près, terminés. En ce qui concerne les installations électriques et mécaniques, celles du poste de transformation sont achevées et celles de l'usine souterraine, en cours d'exécution. Quant à la mise en service des groupes générateurs, elle est prévue pour le 1er semestre de 1955.

Adresse de l'auteur:
Jean Grivat, ingénieur, 12, Av. de Collonges, Lausanne.

Statische Kondensatorenanlagen in den USA

Von *Peter M. Minder*, Milwaukee

621.319.4(73)

Der Autor gibt einen Überblick über den derzeitigen Stand der statischen Kondensatorenanlagen in den USA. Solche Anlagen bilden in Amerika, im Gegensatz zu Europa, einen wichtigen Bestandteil der elektrischen Netze. Der Artikel erläutert die heute vorherrschenden Formen der Anwendung von statischen Kondensatoren, sowie die damit zusammenhängenden Probleme.

Aperçu de l'état actuel des installations de condensateurs statiques aux Etats-Unis. Contrairement à la pratique européenne, ces installations constituent un élément important des réseaux américains. Exposé des modes d'application des condensateurs statiques les plus fréquents actuellement et des problèmes qui s'y rattachent.

1. Allgemeines

Statische Kondensatoren werden in den USA sehr vielseitig und in grosser Zahl verwendet. Die totale installierte Leistung im ganzen Gebiet der Vereinigten Staaten wurde anfangs 1954 auf etwa 30 Millionen kVar geschätzt. Allein im Jahre 1953 wurden