

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 56 (1930)
Heft: 2

Artikel: Les forces motrices de Brusio (suite et fin)
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43481>

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: 14.03.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les Forces motrices de Brusio* (suite et fin). Planches hors texte N^{os} 1 et 2. — *Grands barrages hydrauliques*. — *Concours d'idées pour la construction d'une piscine communale à La Chaux-de-Fonds*. — *Association internationale des Ponts et Charpentes*. — *Quelques-unes des dernières créations de l'École polytechnique fédérale*. — *VII^e Salon international de l'Automobile et du Cycle, à Genève*. — *Exposition suisse de l'Habitation, à Bâle*. — *Le chauffage urbain*. — *SOCIÉTÉS : Association suisse de technique sanitaire*. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *CARNET DES CONCOURS*. — *Service de placement*.

Les Forces motrices de Brusio.

(Suite et fin.¹)Planches hors texte N^{os} 1 et 2.

L'usine génératrice de Palü est située sur une croupe rocheuse, plus haut que la cote supérieure 1952 du futur lac artificiel (voir fig. 4).

Le bâtiment est en maçonnerie de moellons bruts rejointoyés (a pietra rasa), les fermes du toit sont en bois et la couverture, en dalles du Val Malenco. Le volume bâti est de 5168 m³ mesurés depuis le plancher de la turbine à partir de la cote 1954,10. Le seuil d'entrée de la salle de la génératrice est à la cote 1957,80.

L'usine se compose de locaux superposés contenant un seul groupe de machines : une turbine principale système *Pelton* de 14 000 ch, une turbine secondaire *Francis*, de 1200 ch, et un alternateur triphasé de 10 000 kVA, reliés ensemble par arbre vertical à dispositif d'accouplement. L'usine contient, en outre, l'appareillage 8000 volts pour la génératrice, un atelier, les magasins et un logement. Les fondations de la turbine principale et de l'alternateur sont en béton armé. L'alternateur est soutenu au-dessus de la turbine par deux poutrelles de 7,60 m de portée, et 1,20 sur 1,40 m de section au milieu, calculées pour une surcharge verticale de 70 tonnes et un moment de torsion de 160 tm (court-circuit).

La turbine principale est à la cote 1954,80. L'arbre vertical descend dans un puits excavé dans le roc. Il est accouplé avec l'arbre de la turbine auxiliaire dont le plancher est à la cote 1927. En haut, l'arbre va à la génératrice de 10 000 kVA. (Fig. 5 et 6, planches 1 et 2.)

L'installation de l'usine comprend un pont roulant électrique pour charge de 35 tonnes, de 11,8 m de portée et 11,5 m de hauteur de levage. Un treuil secondaire, pour charge de 6 tonnes et course

de 46 m, est disposé sur le chariot du pont roulant en vue du service du puits.

Une vanne rotative, de 950 mm de diamètre, est intercalée dans la conduite sous pression, à l'arrivée à l'usine, pour assurer la fermeture étanche de la turbine. Le corps rotatif de cette vanne, de construction brevetée « Escher Wyss & C^{ie} », à plaque obturatrice mobile, est à dispositif de manœuvre à commande hydraulique au moyen de deux cylindres servo-moteurs placés à l'extérieur du carter, du côté gauche. Les servo-moteurs peuvent être actionnés, soit à la main au moyen du dispositif de commande placé dans la salle de la génératrice, soit électriquement, depuis le tableau.

Un tuyau de 950 mm de diamètre en acier moulé, de courbure convenable, amène l'eau à la bêche spiraloïde d'entrée de la turbine. Une bride mobile se trouve à l'extrémité amont de ce tuyau courbe pour assurer un changement éventuel facile de la vanne.

Le niveau de la turbine principale a été choisi tel que



Fig. 4. — Vue de l'usine de Palü et du bassin de compensation. (Au fond, le glacier et le Piz de Palü.)

¹ Voir *Bulletin technique* du 11 janvier 1930, page 1.

l'écoulement de sortie de la turbine soit encore libre pour la retenue maximum du futur lac artificiel de Palü, qui naîtra de l'agrandissement du bassin de compensation actuel et dont le périmètre est tracé en pointillé sur la figure 2.

Le bassin compensateur actuel ayant son niveau d'eau supérieur à la cote 1927, son plan d'eau entièrement abaissé à la cote 1924 et le futur lac de Palü, à l'époque de la demande d'énergie la plus intense, devant se trouver d'autre part, dans la règle, déjà abaissé partiellement ou en totalité, il est apparu opportun d'utiliser également pour la production d'énergie, la chute disponible variable de 28 m au maximum entre les cotes 1952 et 1924, c'est-à-dire entre le niveau de la chambre d'eau sous la turbine principale et le plan d'eau du bassin de compensation, plus tard, lac de Palü. Pour le faire d'une façon économique, il fallut adopter une disposition de turbine auxiliaire à accouplement direct avec le groupe générateur principal, turbine qui devait pouvoir travailler à contre-pression pour les niveaux supérieurs de retenue du lac de Palü. Il en découla la nécessité de choisir une turbine Francis dont la hauteur d'aspiration cependant devait être limitée, pour le niveau d'eau entièrement abaissé dans le réservoir, en fonction du nombre de tours de la turbine ; c'est ainsi que la turbine auxiliaire fut installée à la cote 1927. (Voir coupes, planches hors texte, Nos 1 et 2.)

L'eau sortant de la turbine principale et tombant dans la chambre d'eau se déverse vers la vanne de 3 m de largeur du canal d'écoulement allant au bassin compensateur actuel, plus tard au lac artificiel, ou bien, quand la turbine auxiliaire est accouplée sur l'arbre de la turbine principale dans le puits, l'eau passe directement dans la conduite métallique de 1000 mm de diamètre à embouchure conique, protégée par une grille, qui la conduit à la bêche spiraloïde en fonte de la turbine Francis de 1200 ch, au travers d'une vanne de fermeture à commande hydraulique et électrique, actionnée à distance. Le tuyau conique d'aspiration, sous la turbine, débouche directement dans la conduite forcée de l'usine de Cavaglia partant du réservoir de Palü.

Les deux turbines actionnent ensemble la génératrice de 10 000 kVA située dans la salle principale du bâtiment de l'usine, et les combinaisons de l'exploitation qui suivent peuvent se faire :

1. La turbine principale seule travaille et l'eau motrice s'en va directement au réservoir de Palü ;
2. les deux turbines accouplées travaillent et l'usine de Cavaglia absorbe moins d'eau que l'usine de Palü, le surplus sortant de la turbine Francis va alors au réservoir de Palü ;
3. les deux turbines accouplées travaillent et l'usine de Cavaglia demande plus d'eau qu'il n'en sort de la turbine Francis : le bassin compensateur fournit alors la différence.

Une vanne de fermeture de 1600 mm d'ouverture se trouve intercalée entre la turbine auxiliaire Francis et le tuyau en T de raccordement à la conduite forcée de Cavaglia afin d'assurer le démontage de la turbine Francis

indépendamment du niveau d'eau au réservoir de Palü.

Le puits de l'usine est assez spacieux pour contenir, outre l'arbre vertical, un escalier de service, la conduite amenant l'eau à la turbine auxiliaire ainsi que la conduite ultérieure des pompes d'alimentation d'eau au réservoir de la Bernina.

Un emplacement de 3,5 m sur 2,5 m a été excavé en équerre, tout le long du puits, pour les transports par le treuil secondaire de 6 tonnes du pont roulant de la salle de la génératrice. Tout au fond de cette excavation, à la cote 1919,75, se trouve la station supérieure du funiculaire de l'usine de Cavaglia.

A proximité a été excavée également la chambre pour l'installation future d'alimentation de 600 litres d'eau par seconde en vue d'aider à remplir à temps, après l'exhaussement de la retenue maximum, le réservoir de la Bernina, situé 310 m plus haut, au moyen des eaux de trop plein d'été du réservoir de Palü. La chambre des pompes de 4,6 m de large sur 18 m de profondeur et 5,2 m de hauteur, sera pourvue d'un pont roulant pour charge de 10 tonnes. Les deux groupes de pompes seront raccordés par le tuyau d'aspiration et la dérivation de 550 mm à la conduite forcée de l'usine de Cavaglia, immédiatement après la vanne de fermeture côté lac de Palü. L'axe des pompes devant se trouver à la cote 1920,75 et le niveau d'eau du réservoir de Palü devant être en tout temps 3,5 m plus haut que l'axe des groupes, les pompes seront ainsi amorcées en permanence.

Les deux pompes seront actionnées par des moteurs triphasés 8000 volts de 1700 ch et 970 tours par minute, commandés de la salle de l'alternateur.

La conduite commune d'alimentation, de 550 mm de diamètre, montera dans le puits et rejoindra la conduite forcée de l'usine de Palü à la hauteur de la turbine principale, à la cote 1954,80, devant la vanne d'entrée de la turbine, où une bride de dérivation avec vanne à tiroir est déjà prévue à cet effet.

Une deuxième dérivation se trouve en cet endroit pour l'écoulement direct à l'air libre vers le réservoir de Palü, afin de pouvoir servir l'eau nécessaire à l'exploitation de l'usine de Cavaglia même au cas de réparation de la turbine principale de Palü. Cette dérivation calculée pour un débit d'eau de 1500 litres par seconde comporte une vanne rotative de fermeture et une vanne à papillon pour le réglage du débit, toutes deux de 400 mm d'ouverture. Le dispositif de sortie de cette dérivation est construit de façon que l'énergie des filets liquides sortant soit amortie par l'action des filets les uns contre les autres.

Le débit de 1500 litres par seconde suffit pour une demande temporaire de 4400 litres de l'usine de Cavaglia, grâce à la présence du réservoir compensateur de Palü. Le canal d'écoulement de la turbine principale allant à ce réservoir a été recouvert de madriers afin de parer, en hiver, aux inconvénients du gel et de l'accumulation de neige.

La chute moyenne brute, disponible pour l'utilisation de l'eau par la *turbine principale*, découle de la cote de

retenue du réservoir de la Bernina, variable entre 2236 et 2226, et de l'altitude du plan médian du spiraloïde d'entrée de la turbine situé à la cote 1954,80. Les pertes de charge dans la galerie en charge et les conduites ayant été évaluées à 20 m pour le débit maximum prévu de 4400 l/sec, il restait ainsi à disposition une chute utile moyenne de 256 m. Ces données conduisirent au choix de la disposition la plus favorable, une turbine tangentielle à quatre jets faisant 500 tours par minute.

Le spiraloïde d'entrée de la turbine, en acier moulé, est subdivisé en six parties boulonnées ensemble avec anneaux de réglage intercalés pour le montage. Le spiraloïde entoure la bêche proprement dite de la turbine et amène l'eau aux 4 injecteurs à pointeaux disposés à 90° l'un par rapport à l'autre. Le diamètre du spiraloïde décroît de 950 mm à 500 mm, en fonction de la diminution du débit d'eau motrice. La roue mobile, à diamètre relativement réduit de 1200 mm, est construite d'une seule pièce, en acier moulé, et repose sur la partie inférieure conique de l'arbre de la turbine. Cet arbre, de 325 mm de diamètre, a un disque d'accouplement forgé à la partie supérieure pour le raccordement avec l'alternateur et, en bas, un dispositif facilement démontable rapporté sur la partie conique pour l'accouplement avec l'arbre de la turbine auxiliaire.

L'arbre est pourvu d'un palier de guidage, à garniture en métal blanc, fixé au couvercle de la turbine. La disposition concentrée de cette pièce traversant la bêche à joint étanche et celle du système de circulation d'huile de graissage ont permis de rapprocher le plus possible, le palier du moyeu de la roue mobile, pour éviter les vibrations pendant la marche, la forme de la bêche assurant d'autre part la sortie de l'eau sans choc.

Le plan médian de la roue mobile coïncidant avec celui du spiraloïde, les tiges des pointeaux traversent ce dernier à joint étanche et sont soutenues et dirigées par les paliers de guidage en croix, placés près de la sortie des injecteurs, ainsi que par les supports extérieurs fixés sur le spiraloïde. La commande des pointeaux, en fonction de la quantité d'eau motrice ou en fonction de la charge du groupe, se fait simultanément pour tous les quatre injecteurs au moyen d'un servo-moteur à huile sous pression disposé entre le deuxième et le troisième injecteur. La turbine est à réglage de vitesse et de pression par pointeaux et déflecteurs.

Les garanties pour la turbine sont les suivantes :

Rendement : sous chute de 251,7 m, 83 % pour 12 200 ch, 85 % pour 9150 ch et 6100 ch. — **Emballement :** la turbine est construite pour supporter, en cas d'emballement, jusqu'à 900 tours par minute. — **Régularité :** L'augmentation de la vitesse peut atteindre 2 % pour une réduction brusque de la charge de 3050 ch ; 5 % pour une réduction brusque de la charge de 6100 ch, et 12 % pour une réduction brusque de la charge de 12 200 ch. — **Surpression :** l'augmentation maximum de la pression ne doit pas dépasser 12 % pour une réduction brusque de la charge entière de 12 200 ch.

La turbine secondaire, construite pour une chute maximum de 28 m et un débit de 4400 l/sec peut développer 1230 ch. Cette puissance diminue évidemment quand le niveau d'eau monte dans le réservoir de Palü, c'est-à-dire, en même temps que la distance entre le niveau d'eau du réservoir et celui de la chambre d'eau sous la turbine principale se réduit. La turbine développe encore 80 ch pour une chute de 5 m seulement. Aussitôt que l'exploitation de cette turbine n'est plus économique on la met hors de service par découplément à la main de l'accouplement à mâchoires de l'arbre vertical.

Cette turbine de construction usuelle du type Francis est à réglage extérieur. Elle comporte un palier de guidage monté sur le couvercle du distributeur ; le poids de la partie mobile de la turbine et de l'arbre repose sur le pivot annulaire à la cote 1933. Cette turbine auxiliaire ne devant jamais fonctionner seule, mais toujours accouplée avec la turbine principale, n'a pas été pourvue de dispositif de réglage de vitesse. Toutefois, comme elle doit utiliser toute l'eau s'écoulant de la turbine principale, il faut que l'ouverture du distributeur soit réglée en conséquence. A cet effet, l'installation comporte un régulateur à huile sous pression dont le dispositif de réglage est influencé par un flotteur, en fonction du niveau d'eau sous la turbine principale. Le réglage à flotteur fonctionnant cependant trop lentement lors d'une réduction brusque de la charge, la commande du régulateur a été encore reliée avec le réglage à déflecteurs de la turbine principale. (Turbines construites par *Escher Wyss & C^{ie}*.)

L'alternateur triphasé est du type fermé, à plaque de fondation, deux paliers de guidage et arbre vertical, avec disque d'accouplement forgé. Il est muni d'une excitatrice superposée de 80 kW, 220 volts, à pôles de réglage.

La puissance permanente, pour l'exploitation sous 50 périodes, est de 10 000 kVA ou 8500 kW pour $\cos \varphi = 0,85$; elle reste constante pour la tension aux bornes variant de 7500 à 8500 volts. L'alternateur peut être surchargé de 10 % d'une façon permanente sous 50 périodes et 8000 à 8500 volts de tension entre phases, ou bien de 20 % pour une courte durée.

Le nombre de tours normal est de 500 par minute ; la roue polaire a été essayée à l'emballement à 900 tours par minute pendant 5 minutes.

La puissance permanente pour l'exploitation sous 42 périodes est de 7500 kVA pour $\cos \varphi = 1$ et 6000 à 7000 volts de tension aux bornes, le nombre de tours étant de 420 par minute.

Les rendements d'exploitation, à 50 périodes, garantis par le constructeur, *Brown, Boveri & C^{ie}*, sont les suivants :

	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,85$
sous $\frac{4}{4}$ de charge	97,0 %	96,0 %
sous $\frac{3}{4}$ de charge	96,6 %	95,0 %
sous $\frac{2}{4}$ de charge	94,5 %	93,5 %
sous $\frac{1}{4}$ de charge	91,0 %	90,0 %

ils tiennent compte du courant d'excitation, du frottement des paliers, de la ventilation, des pertes supplémentaires, mais pas du frottement du pivot annulaire.

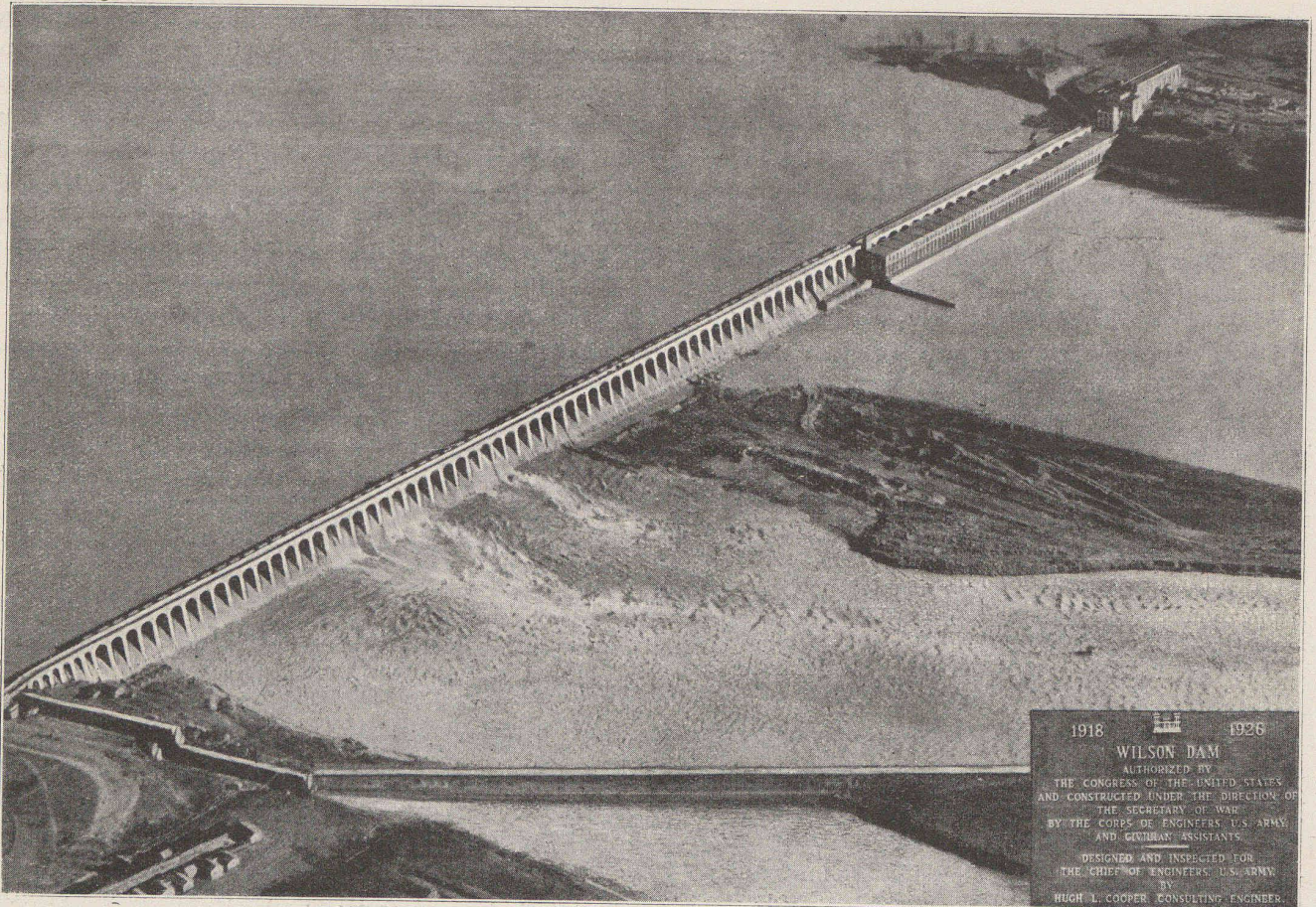


Fig. 2. — Barrage Wilson, sur le Tennessee.

L'augmentation de la tension lors d'un déclenchement total de la charge est de 25 % pour $\cos \varphi = 1$ et de 35 % pour $\cos \varphi = 0,85$.

La quantité d'air frais nécessaire à la ventilation du générateur est de 15 m³ par seconde environ. Le moment de giration PD^2 est de 65 000 kgm². Le rotor, la pièce la plus lourde pour le montage, pèse 27 tonnes. Le poids total de la génératrice est de 66 tonnes environ. La génératrice est équipée d'un extincteur automatique à acide carbonique. L'isolation dans les rainures a été faite plus largement qu'il n'est d'usage en vue de la tension d'essai, afin de tenir compte d'effets mécaniques imprévus.

Des bornes de l'alternateur, une liaison est faite par câbles avec le disjoncteur en bain d'huile, à contacts à solénoïdes et intensité normale de 1000 ampères, qui se trouve, avec tout l'appareillage 8000 volts dans un local à haute tension situé à la hauteur du plancher de la turbine principale. De là, un jeu de barres de cuivre va aux départs à 8000 volts sous le toit de l'annexe du bâtiment.

Le tableau avec le régulateur limiteur d'intensité, le régulateur de tension à action rapide et les instruments de mesure, est placé dans le local de l'alternateur. Une ligne aérienne pour courant triphasé, à deux groupes de trois conducteurs en cuivre de 150 mm² montés sur les mêmes pylônes, transporte l'énergie de Palù à Cavaglia à la tension de la génératrice. Chacun de ces groupes de conducteurs peut être mis hors circuit au cas de nécessité. Cette

ligne aérienne de 760 m de longueur, dont une portée est de 280 m, comprend, en tout, six pylônes métalliques, de 10 à 16 m de hauteur, dont quatre porteurs et deux d'amarrage. Les conducteurs sont suspendus aux pylônes au moyen, chaque fois, d'un isolateur à chape de 6800 kg de résistance garantie à la rupture.

Nous rappelons que le très intéressant ouvrage décrivant tout l'aménagement du val de Poschiavo et d'où la notice ci-dessus est extraite est offert aux abonnés du Bulletin technique au prix de faveur de 10 fr. (15 fr. en librairie) par la Société des Forces motrices du Brusio, à Poschiavo. Réd.

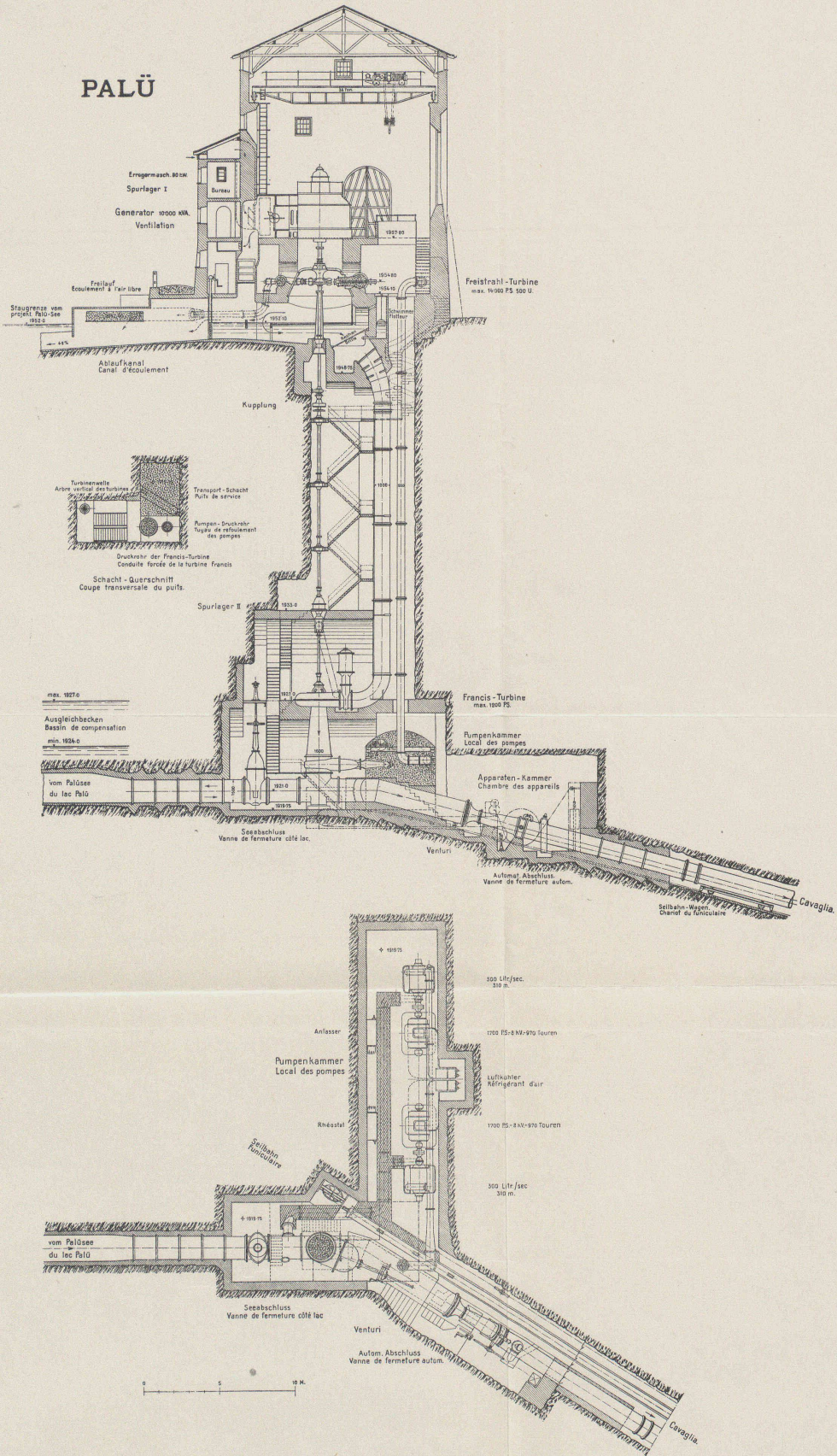
Grands barrages hydrauliques.

Voici les caractéristiques des quatre gigantesques barrages que représentent les vues de cette page et des deux suivantes.

Barrage de Conowingo sur le fleuve Susquehanna (Maryland) Etats-Unis d'Amérique.

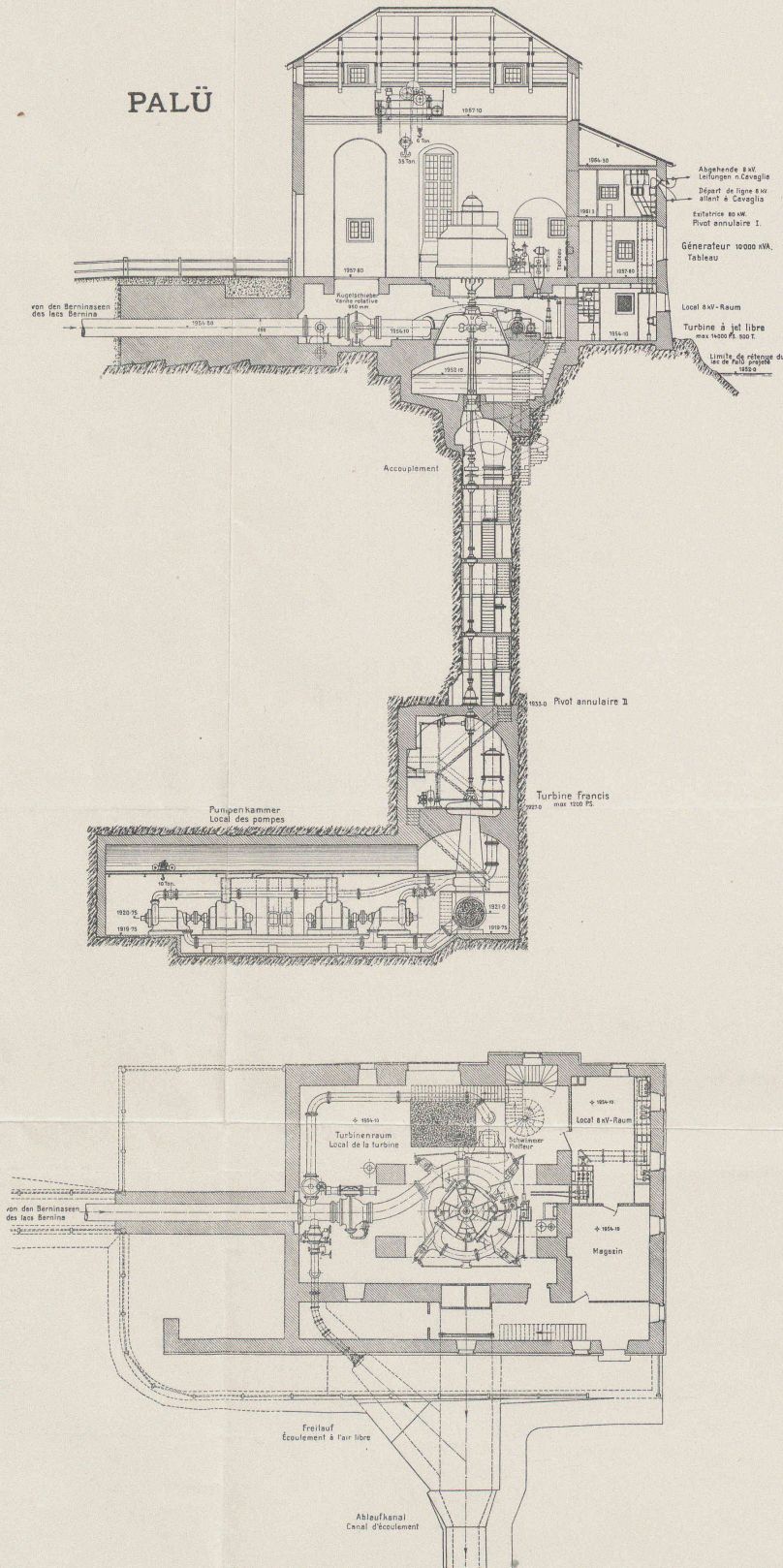
(Fig. 1, page 17.)

Volume excavé	300 000 m ³
Volume du béton mis en œuvre	490 000 m ³
Longueur totale	1433 m
Longueur du déversoir capable d'écouler 22650 m ³ /sec.	727 m
Chute utile	27 m



USINE DE PALÜ DES «FORCES MOTRICES DE BRUSIO S. A.»

Fig. 5. — Coupes à travers les locaux des machines.



USINE DE PALÜ DES «FORCES MOTRICES DE BRUSIO S. A.»

Fig. 6. — Coupes à travers les locaux des machines.