

# Le barrage de Shasta en Californie

Autor(en): **Walther, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **77 (1951)**

Heft 12

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58153>

## **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.

les éléments semblables, en acier, de l'attelage d'une voiture légère standard. Il a été fabriqué au total dix crochets de traction, dont sept en perunal et trois en avional, et quelques bielles et étriers supplémentaires. Le Perunal 15 est un alliage d'aluminium à haute résistance contenant principalement 1,6 % de cuivre, 2,4 % de magnésium et 6 % de zinc. L'avional S contient 4,1 % de cuivre et 1 % de magnésium. Le tableau 1 donne les charges de rupture en t des éléments de l'attelage obtenues aux essais.

Charges de rupture en t des éléments de l'attelage TABLEAU 1

Elément	perunal	avional	acier
Crochet de traction . . . . .	78,2	53,5	90
Etrier . . . . .	67,5	—	81,5
Bielle . . . . .	21,5	—	27,6

Propriétés mécaniques des alliages utilisés pour les éléments de l'attelage TABLEAU 2

	perunal	avional
Limite élastique (0,2 %) . . kg/mm <sup>2</sup>	53,0	32,0
Limite de rupture . . . . . kg/mm <sup>2</sup>	59,8	45,7
Allongement (S 5) . . . . . %	10,0	15,6
Dureté Brinell . . . . . kg/mm <sup>2</sup>	181	131

Ce tableau montre que les bielles constituent l'élément le plus faible de l'attelage qui détermine sa résistance à la traction. Cette résistance est donc de 43 t pour l'attelage en alliages légers et de 55 t pour celui en acier. Il va sans dire que le premier chiffre pourrait être relevé sans difficulté en augmentant légèrement la section des bielles. Au cours des essais, nous avons également mesuré les déformations des pièces en fonction de l'effort appliqué.

Les propriétés mécaniques des alliages utilisés ont été déterminées sur des éprouvettes prélevées dans les crochets de traction essayés jusqu'à la rupture. Elles sont données dans le tableau 2.

Ces valeurs, en particulier celles de l'alliage perunal, peuvent être considérées comme excellentes pour des pièces forgées.

En ce qui concerne la résistance à la traction, nous pouvons dire que les différents éléments de l'appareil de traction et de l'attelage en alliages légers répondent aux conditions imposées. Il reste à voir comment ces éléments se comporteront en service au point de vue de l'usure par frottement à laquelle le crochet de traction et l'étrier sont plus spécialement exposés.

(A suivre.)

## LE BARRAGE DE SHASTA EN CALIFORNIE

par R. WALTHER, ingénieur civil

L'état de Californie, le second en étendue des Etats-Unis, a environ la longueur de l'Italie, des Alpes à la Sicile, exactement neuf degrés et demi de différence de latitude entre le nord et le sud, soit 1050 km et une superficie d'environ 370 000 km<sup>2</sup>, soit les quatre cinquièmes de la France. C'est dire que son climat est assez différent du nord au sud, de tempéré sous le 42<sup>e</sup> degré, à chaud au 32<sup>e</sup>. Ceci explique un régime de cultures assez divers qui a conduit à une organisation d'irrigation intéressante.

En gros, la Californie est constituée par une grande vallée centrale, comprise entre la Sierra Nevada à l'est, avec des pics neigeux de plus de 4400 m d'altitude et une chaîne côtière allant de 2000 m de hauteur près de Los Angelès au sud à 900 m plus au nord.

Dans cette longue vallée coulent, en sens inverses, deux fleuves qui aboutissent au golfe appelé la baie de San Francisco : au nord la Sacramento River, au sud la San Joachin River. Assez sauvages et sujets à de grosses crues, on les a régularisés par deux grands barrages : au nord, le Shasta Dam et au sud le Friant Dam. Mais ce qu'il y a de curieux, c'est que les eaux du nord étant surabondantes pour l'irrigation de la vallée du Sacramento, on les repompe dans quatre installations à leur aboutissement à la baie, à 40 m de hauteur, pour les utiliser dans un canal de 75 km de longueur destiné à l'irrigation de toute la partie basse de la San Joachin Valley qui, elle, en a besoin et draine aussi les marais adjacents à la baie. L'eau du Friant Dam, le barrage du sud, est alors employée partiellement dans la partie méridionale assez désertique du sommet de la vallée. Ce sont des travaux gigantesques et qui ont déjà atteint une partie de leurs résultats, bien qu'encore en cours actuellement. Même en 1950, on a signalé des dégâts considérables au confluent des vallées, provenant de crues non encore captées par ces travaux (fig. 1).

Les graphiques de débits indiquent pour une station peu à l'amont du Shasta Dam des crues ayant atteint entre 1926 et 1937 un maximum (en 1937) de 3430 m<sup>3</sup>/sec (avec pointe momentanée de 4650 m<sup>3</sup>/sec), tandis qu'au même moment on enregistrait à Red Bluff (bassin versant de 24 000 km<sup>2</sup>, à une cinquantaine de kilomètres en aval du barrage, 7900 m<sup>3</sup>/sec (avec pointe de 9300 m<sup>3</sup>/sec). Ces

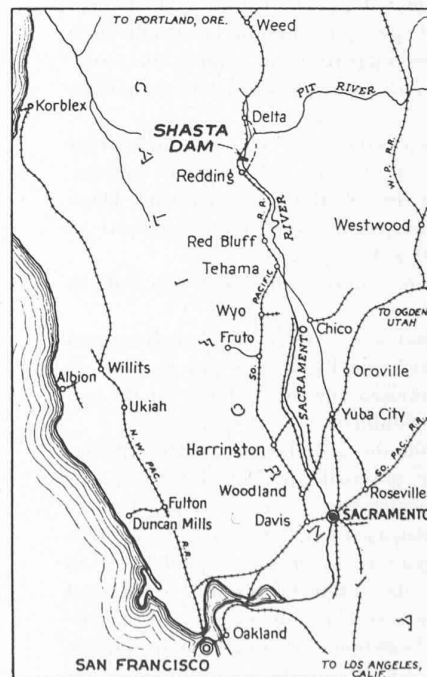


Fig. 1.

chiffres énormes font comprendre l'envergure de la retenue du lac de Shasta dont la superficie atteint 11 940 ha qui peut régulariser la majeure production des crues du bassin versant à l'amont du barrage, de 17 200 km<sup>2</sup>. Voici encore quelques chiffres : longueur de la grève du lac, 587 km ; longueur de la branche principale, 56 km, profondeur maximum de la retenue, 157 m.

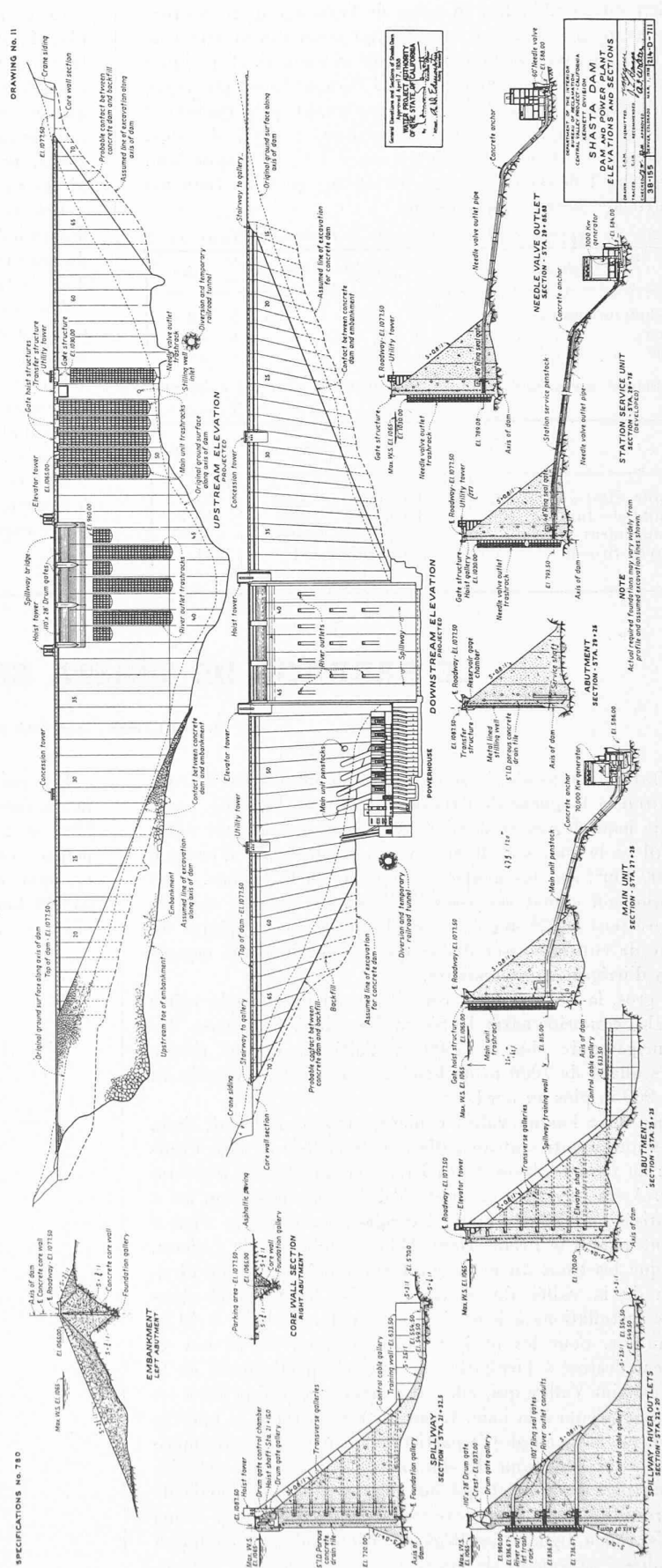
Quelques routes et une ligne de chemin de fer ont dû être détournées. En particulier, la ligne de chemin de fer principale Californie-Oregon et la route n° 99 passant sur un grand pont, le Pit River Bridge, réputé être le plus haut pont à double tablier existant. Il a 1090 m de longueur au niveau de la route, 845 m au niveau de la voie ferrée, a 150 m de hauteur au-dessus de l'ancien lit de la Pit River, possède dix piliers, dont le plus haut a 109 m sous le niveau de l'eau. Des deux tabliers, l'inférieur possède deux voies de chemin de fer, le supérieur quatre pistes et deux trottoirs. Son coût a été de plus de 5 millions de dollars.

D'autre part, l'administration aménage des routes le long des côtes du lac ainsi que des plages pour baigneurs et campeurs et un service de bateaux à moteurs pour excursions. J'eus l'occasion, au cours d'une visite que je fis à ces travaux, de faire ainsi une traversée merveilleuse sur ce lac rappelant le lac des Quatre-Cantons, le conducteur de notre tournée nous faisant remarquer les points à photographier et nous indiquant le nom des sommets qui dominent la contrée. En passant près d'un camp de promeneurs, des amateurs de ski nautique nous entourèrent de leurs volutes élégantes. Mais ce lac est encore trop récent pour que des habitations s'y soient déjà construites, actuellement c'est encore presque partout la grande forêt et les pentes rougeâtres des collines qui ensèrent le lac aux eaux glauques très caractéristiques.

A quatorze kilomètres en aval du barrage de Shasta, se trouve un barrage annexe, plus ou moins régulateur, le Keswick Dam, avec des groupes hydroélectriques faisant au total 75 000 kW.

On a défini comme suit les divers buts de ces installations :

- l'irrigation des vallées et l'empêchement de l'arrivée de l'eau salée par la baie de San Francisco sur les 150 000 ha de culture du confluent ;
- le contrôle des inondations et des cultures. Après le goldrush de 1850-1860, les cultures consistaient en céréales et en pâturages. Aujourd'hui, les parties les plus fertiles sont aménagées en vignobles et en cultures de coton et d'alfa. — En cent ans, quatre-vingt-trois localités sont arrivées à l'existence. L'irrigation irrégulière fut peu à peu supprimée et remplacée par des pompages, mais ceux-ci étaient insuffi-



sants. La distribution de l'eau des barrages permettra un emploi suffisant pour irriguer presque toute la vallée et empêcher les crues dévastatrices;

- troisième but de l'installation. La production du courant électrique destiné à une partie de la Californie et pour un quart au repompage à l'aval de la Sacramento River dans la San Joachim Valley;
- enfin, la navigation sur les rivières à partir de la baie jusqu'à des centres commerciaux, puis la pêche et la conservation du gibier, la fourniture d'eau potable aux municipalités des deux vallées et enfin le tourisme.

Tout ça demandera encore quelques années jusqu'à ce que tout marche impeccablement, mais déjà maintenant, le grand pas de la mise en exploitation des deux barrages est un fait acquis.

#### Le barrage de Shasta

Le barrage est un barrage-poids légèrement arqué, d'une hauteur maximum de 182 m, en béton homogène, de 866 m de développement en crête, terminé sur la rive gauche par une culée en matériaux terreux (embankment) du type américain avec mur central d'étanchéité (voir fig. 2).

Au centre du barrage est situé un déversoir de 110 m de largeur avec trois passes de 33,5 m commandées par des vannes à secteur de 8,55 m de hauteur.

Ce même déversoir contient, en trois étages, dix-huit exutoires en tuyaux de  $\varnothing$  3 m (6 à 39 m sous le niveau maximum de retenue, 8 à 70 m et 4 à 100 m). Le déversoir lui-

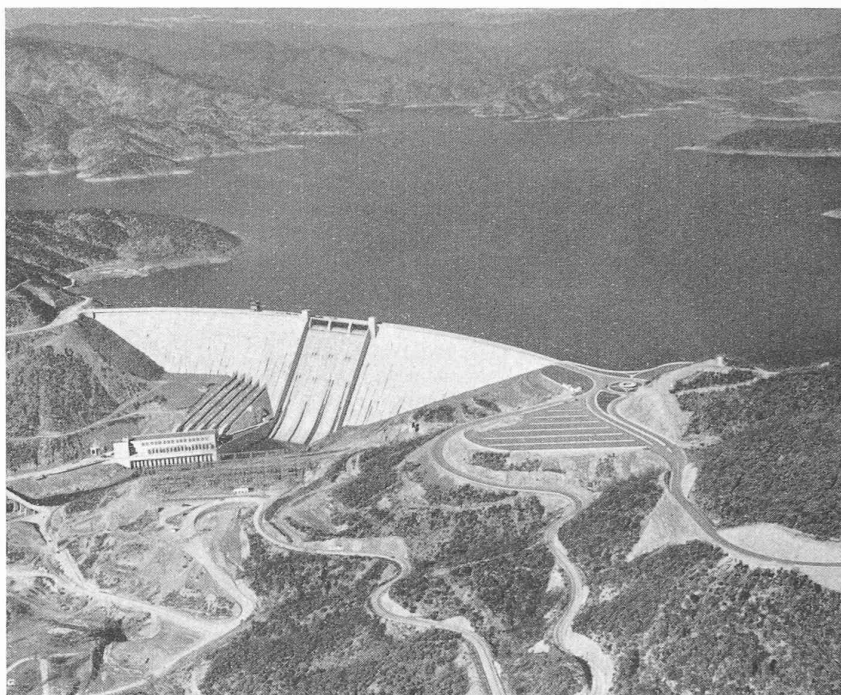


Fig. 3. — Vue générale du barrage de Shasta.

même atteint à son pied une plate-forme située à 157 m sous le niveau de retenue. Les débouchés étagés sont protégés, côté amont, par des grilles semi-circulaires et dotés naturellement de vannes commandées depuis des galeries intérieures.

Par-dessus le barrage, une route située à 3,80 m au-dessus du niveau maximum de la retenue, de 9,10 m de largeur de chaussée avec deux trottoirs de  $1,50 \times 0,60$  m se joint à des routes nouvelles qui serpentent sur les coteaux. Un pont en fer enjambe le déversoir des crues avec deux appuis intermédiaires.

Le détournement des eaux de la rivière a été fait par un grand tunnel revêtu de  $43,5$  m<sup>2</sup> de section et de 562 m de longueur muni d'une vanne manœuvrable avant l'envoyement.

En ce qui concerne les conduites forcées de l'usine, elles sont au nombre des cinq principales, de  $\varnothing$  4,50 de diamètre intérieur pour les cinq groupes principaux, deux autres de 2,15 m de diamètre servent aux groupes auxiliaires ainsi qu'une petite de 1,20 m pour l'apport d'eau aux services de l'usine.

Ces tuyaux partent à la profondeur de 250 pieds, soit 76,2 m au-dessous du niveau maximum de la retenue (1065') et parviennent à l'usine à la cote de l'axe des turbines à la cote 586', soit à 146 m en dessous du niveau de la retenue. Ils sont, ici encore, protégés à la face amont du barrage par des constructions semi-circulaires pourvues de rainures à batardaux. Des vannes à coulisses, manœuvrées depuis la route, les obturent à la surface du barrage. Les tuyaux eux-mêmes ont été maintenus en place pendant la construction par des échafaudages perdus (comme au barrage de Génissiat).

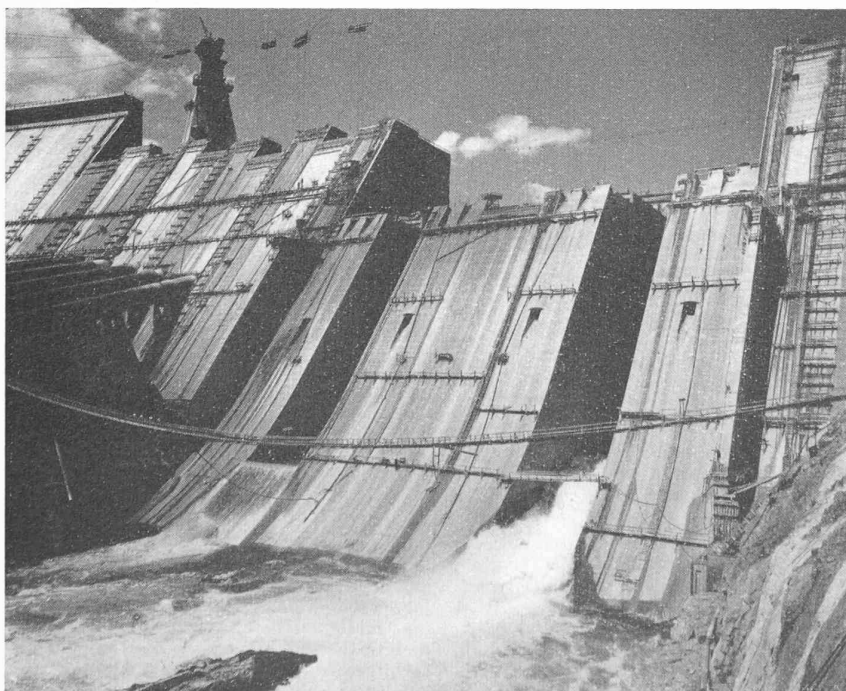


Fig. 4. — Le barrage de Shasta pendant sa construction (partie du déversoir).



Voici quelques particularités du barrage, telles qu'elles résultent du cahier des charges qui nous a été communiqué officiellement. On remarque successivement :

1. Galerie de visite de la fondation du barrage, qui suit en escalier le profil longitudinal inférieur. Des galeries de drainage revêtues, provenant des appuis rocheux, y aboutissent de part et d'autre.

2. Réseau d'injections serrées sur toute la longueur des fondations du barrage. Nous n'avons pas de renseignements sur leur exécution effective, le schéma du cahier des charges les prévoit à 40-50 m de profondeur.

3. Réseau de galeries de visite (1,50/2,10 m) longitudinalement tous les 50' (15 m) sur dix étages et reliés entre elles par de nombreux puits. Transversalement, dix-huit autres galeries réparties tous les 15 m en deux points à proximité du déversoir. Leur accès a lieu par des élévateurs depuis la plate-forme de la route.

4. Réseau de tuyauteries de refroidissement du béton en tuyaux de 1", répartis à 1,50 m de distance en quinconce. En hauteur, ces tuyaux s'arrêtent à la cote 1000' (soit à 25 m sous le niveau supérieur). Pendant la construction, on y faisait circuler de l'eau froide jusqu'à ce qu'elle ressorte à 9° et 15° suivant les niveaux.

5. Réseau de joints de contraction tous les 50' (15 m) dans les trois sens horizontaux et vertical formés par une insertion de tôles en sinusoides d'environ 40 cm de hauteur avec clefs spéciales aux croisements.

La construction du barrage et de l'usine a commencé par l'excavation des fondations en juillet 1938, le bétonnage a pu commencer le 8 juillet 1940 pour s'achever le 22 décembre 1944, soit en quatre ans et demi. Elle a mobilisé 30 entreprises pour la partie principale et 4700 ouvriers. On cite pour la construction l'emploi d'une courroie d'amenée venant de Redding, centre industriel et ferroviaire situé à 15 km du barrage, par laquelle on a transporté 12 millions de mètres cubes d'agréments et de ciment jusqu'à Coram, au pied du barrage. Les matériaux du béton venaient en grande partie du sud de la baie de San Francisco, le terrain du barrage étant surtout volcanique et impropre à la construction.

#### L'usine de Shasta

Comme nous l'avons dit plus haut, les cinq conduites forcées de 4,50 m de diamètre intérieur partent du barrage à 76 m sous le plan d'eau maximum. Ces conduites ont une

longueur totale, jusqu'à l'axe des groupes qui va progressivement de 230 m à 267 m. Leur débit est de 85 m<sup>3</sup>/sec maximum. Les groupes sont espacés de 17 m ; ils sont composés d'une turbine Kaplan de 100 000 CV avec générateur de 75 000 kW à 150 tours/min. La puissance maximum de l'usine est donc de 375 000 kW. Les deux groupes annexes de service ont 3000 kW et tournent à 720 t/min.

Le cube d'eau de la retenue compris entre son plan d'eau maximum et le départ des conduites forcées est de l'ordre de 5 millions de m<sup>3</sup> sur lesquels on peut jouer au moment des crues.

Le courant produit à 13 800 V est élevé dans une station de départ à 230 000 V. Il est transporté dans la vallée et jusqu'à San Francisco situé à environ 200 km de distance (en ligne droite).

L'usine même est spacieuse, la salle des machines a 116 × 22,7 m, le bâtiment avec ses annexes, 136 m de longueur. Il y a, pour les groupes, deux ponts roulants de 300 tn × 20,50 m de portée, un autre pour les groupes annexes de 10tn et 15 m de portée et un autre de 15 tn à l'atelier. Une grue de 15 tn se trouve encore sur le balcon extérieur donnant sur une retenue variable où les chalands peuvent arriver.

L'usine, très normale, ne possède pas de spécialités bien originales. Nous n'insisterons donc pas sur sa description, renvoyant les lecteurs à nos plans, puis au cahier des charges et à des articles parus dans l'*Engineering* des années 1943 à 1947. Disons seulement que l'installation complète des cinq groupes a été retardée du fait de la guerre et n'a été achevée qu'en 1950. L'inauguration officielle a eu lieu le 17 juin 1950 avec démonstration grandiose de l'ouverture des vannes de décharge sous la hauteur maximum d'eau. Les journaux de San Francisco publièrent à cette occasion des articles et des photographies intéressants.

Les photos et figures du texte ont été tirées des documents officiels du Reclamation bureau du Département de l'Intérieur de Sacramento (Calif.).

## SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

Extrait des procès-verbaux des 1<sup>re</sup>, 2<sup>me</sup> et 3<sup>me</sup> séances  
du Comité central de la S. I. A., les 2. 2., 6. 4. et 25. 5. 51.

### 1. Mutations

#### a) Admissions

A. Maurer	ing. civil	Lucerne	Waldstätte
F. Forstmoser	architecte	Zurich	Zurich
H. Gachnang	architecte	Zurich	Zurich
H. Hickel	ing. civil	Effretikon	Zurich
E. Stauffer	ing. élec.	Zurich	Baden
E. Brientini	ing. méc.	Baden	Baden
K. Matzinger	ing. méc.	Berne	Berne
G.-E. Gonet	ing. civil	Prangins	Vaud
R. Gonin	architecte	Renens	Vaud
J.-W. Berger	ing. civil	Lausanne	Vaud
R. Buri	ing. civil	Lausanne	Vaud
L. de Vallière	ing. civil	Chexbres	Vaud
J. Eckert	ing. civil	Lucerne	Waldstätte
W. Hodel	ing. méc.	Lucerne	Waldstätte
O. König	ing. méc.	Lucerne	Waldstätte
E. Munzinger	ing. méc.	Emmenbrücke	Waldstätte
H. P. Pedotti	ing. méc.	Winterthour	Winterthour
R. Ruggli	architecte	Zurich	Zurich
E. Hofstetter	ing. élec.	Wallisellen	Zurich
E. Schilling	ing. élec.	Zollikon	Zurich
F. Beldi	ing. élec.	Baden	Baden
R. Dubois	ing. élec.	Bâle	Bâle
A. Yersin	ing. civil	Genève	Genève
P. Martin	ing. méc.	Genève	Genève

M. W. Zollikofer	architecte	Alexandrie	Membre isolé
D <sup>r</sup> O. B. Skrotzky	ing. méc.	Zurich	Argovie
F. Mauke	ing. civil	Berne	Berne
F. Engler	ing. civil	Zizers	Grisons
M. Andenmatten	ing. civil	Lausanne	Vaud
R. Lévy	ing. civil	Lausanne	Vaud
E. Rey	ing. civil	Lausanne	Vaud
E. Bussy	ing. élec.	Lausanne	Vaud
J.-P. Borel	physicien	Vevey	Vaud
A. Fritzsche	ing. méc.	Winterthour	Winterthour
W. Bosshard	physicien	Winterthour	Winterthour
C. Georgi	ing. civil	Zurich	Zurich
H. Huggler	ing. civil	Zurich	Zurich
C. Morel	ing. élec.	Feldmeilen	Zurich
W. Gaehler	ing. méc.	Zurich	Zurich
W. M. Stahel	ing. méc.	Zurich	Zurich
P. Lang	architecte	Stockholm	Membre isolé
B. Krutina	ing. élec.	Gränichen	Argovie
R. Dessarzin	ing. élec.	Baden	Baden
G. Rogé	ing. élec.	Baden	Baden
F. Tognola	ing. élec.	Baden	Baden
L. Wyrsh	ing. élec.	Baden	Baden
W. Wehrle	physicien	Killwangen	Baden
B. Hirt	architecte	Bâle	Bâle
W. Burri	ing. civil	Bâle	Bâle
T. Weber	ing. élec.	Bâle	Bâle
P. H. Hartmann	ing. méc.	Bâle	Bâle
F. Müller	ing. méc.	Bâle	Bâle
R. Droz	ing. rural	Bâle	Bâle
A. Egger	architecte	Berne	Berne
U. Strasser	architecte	Zurich	Berne
H. Freudiger	ing. rural	Berne	Berne
L. Borel	ing. méc.	Genève	Genève
J.-S. Robert	ing. méc.	Genève	Genève