

quent les rivières de plus grande importance qu'il faut remonter pour arriver à ce cours d'eau. Ainsi la Vesle est numérotée 16 sur la carte. On la trouvera rapidement en remontant successivement la Seine (1) jusqu'à l'Oise (11), celle-ci jusqu'à l'Aisne (15), et cette dernière jusqu'à la Vesle (16).

TABLE MÉTHODIQUE

1	Seine	0	26	Petit-Gland	1.11.25
2	Rolle	1	27	Marne	1
3	Charentonne	1.2	28	Grand-Morin	1.27
4	Ste-Austreberthe	1	29	Mau	1.27
5	Cailly	1	30	Saulx	1.27
6	Eure	1	31	Ornam	1.27.30
7	Iton	1.6	32	Blaise	1.27
8	Avre	1.6	33	Blaseron	1.27.32
9	Andelle	1	34	Rognon	1.27
10	Epte	1	35	Sacurre	1.27.34
11	Oise	1	36	Manoise	1.27.31.35
12	Nonette	1.11	37	Suize	1.27
13	Thuram	1.11	38	Essonne	1
14	Autonne	1.11	39	Juine	1.38
15	Aisne	1.11	40	Bierville	1.38.39
16	Vesle	1.11.15	41	Yonne	1
17	Suppe	1.11.15	42	Mondereau	1.41
18	Vaux	1.11.15	43	Armançon	1.41
19	Aire	1.11.15	44	Armançe	1.41.43
20	Agron	1.11.15.19	45	Landion	1.41.43.44
21	Serre	1.11	46	Brenne	1.41.43
22	Vilpron	1.11.21	47	Serein	1.41
23	Thon	1.11	48	Aube	1
24	Beauregard	1.11	49	Aujon	1.48
25	Gland	1.11	50	Ource	1

## L'USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE BEZNAU

Cette usine marche en parallèle avec celle de Netstall, sur la Lontsch, près de Glaris, pour alimenter le vaste réseau de distribution d'énergie électrique de la *Société Motor*, de Baden (Argovie), qui s'étend sur les cantons d'Argovie, de Zurich, St-Gall, Schwytz et Glaris ; elle utilise une chute de l'Aar, créée par un barrage mobile, et est construite près du village de Beznau, à peu près à mi-chemin entre Laufohr, où l'Aar reçoit la Limmat, émissaire du lac de Zurich, et Koblenz, où l'Aar se jette elle-même dans le Rhin. Cette usine hydraulique contient également un matériel à vapeur de secours.

L'Aar est un des plus importants cours d'eau de la Suisse. Elle prend sa source aux glaciers du Finsteraarhorn, le plus haut sommet du massif de l'Oberland Bernois, et reçoit les eaux des versants Est, Nord et Ouest de cet important massif. Après avoir reçu la Reuss et la Limmat, elle franchit un court défilé, et arrive dans une vallée assez large dont elle cotoie d'abord la rive gauche, puis la rive droite jusqu'à son embouchure dans le Rhin. Son débit minimum, à Beznau, est de 195 m<sup>3</sup>. Le débit est d'environ 280 m<sup>3</sup> pendant 300 jours, 440 m<sup>3</sup> pendant 200 jours ; en temps de crues, il peut atteindre 1.000 mètres cubes. (\*)

**Aménagement hydraulique.** — Ainsi que nous l'avons dit, la chute est créée par un barrage mobile, celui-ci étant établi en amont de la courbe que décrit l'Aar à Beznau.

Le barrage de prise d'eau est constitué par sept grandes vannes métalliques, équilibrées, du type Stoney, de 15 m. d'ouverture, qui s'appuient sur six piliers en maçonnerie, de 3 m. de largeur, fondés en pleine rivière, et sur deux culées de rives. Ces vannes ont 6m30 de hauteur. Elles sont constituées par un platelage en tôle qui est maintenu rigide par des poutres horizontales à treillis. Chaque vanne est

suspendue par deux chaînes Gall, à 6m50 du milieu, et est équilibrée par deux contrepoids.

Afin de réduire au minimum le frottement, les vannes s'appuient sur les piliers avec interposition de galets de roulement, ainsi que le montre les figures 1 à 3. L'étanchéité est obtenue au moyen d'un dispositif représenté

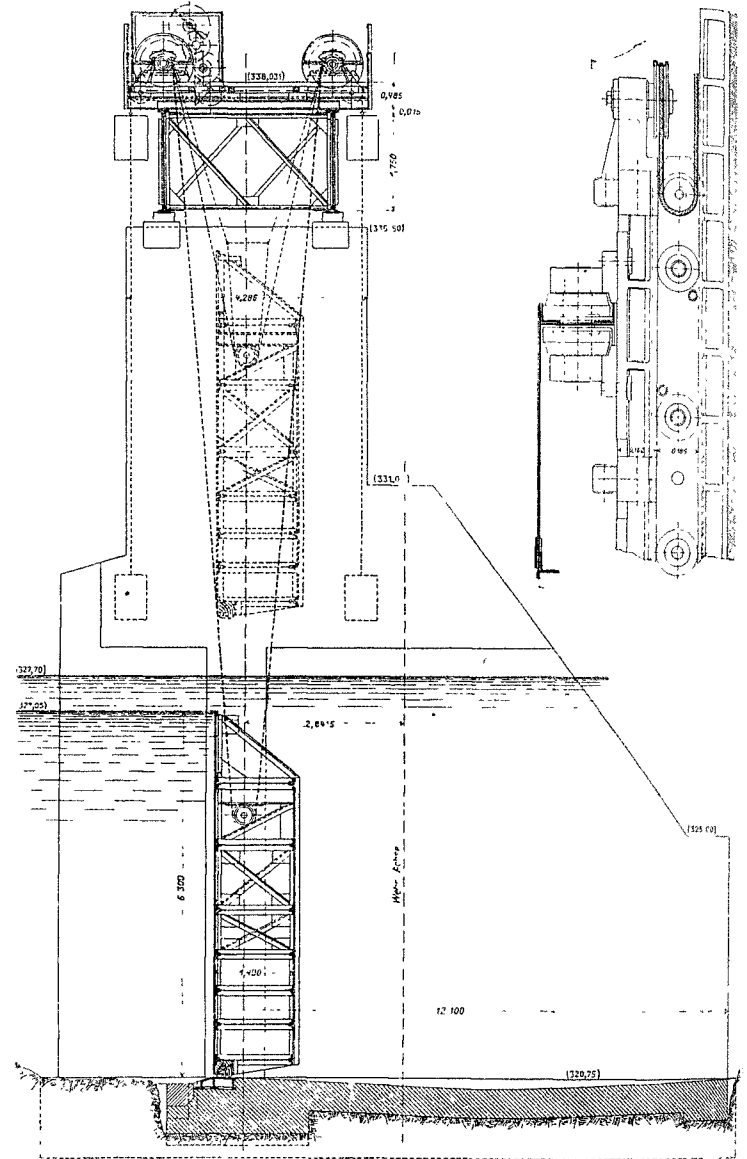


Fig. 1 et 2. — Vue en élévation d'une vanne, et détail du mouvement de levage suivant CD de la fig. 3.

figure 3, tout à fait analogue à celui employé au barrage de l'usine de Séchillienne sur la Romanche (\*).

Le canal d'aménée coupe en ligne droite la boucle formée par l'Aar à Beznau ; sa longueur est de 1180 m., et sa

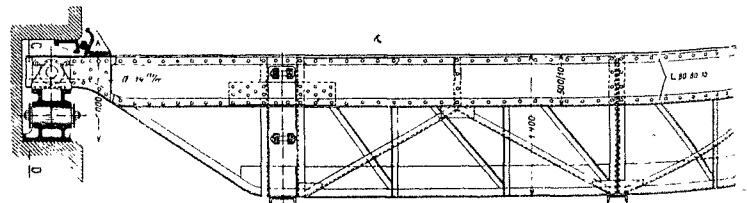


Fig. 3. — Plan d'une vanne avec son dispositif de roulement et d'étanchéité.

penne de 0,15 millimètre par mètre. Sa section transversale est celle d'un trapèze, dont la petite base a 42 m. de largeur, et dont les côtés, perreyés, sont inclinés à deux de base pour un de hauteur. La profondeur normale de l'eau est de 5 mètres

(\*) D'après *Schweizerische Bauzeitung*

(\*) Voir la *Houille Blanche* d'avril 1909.

La prise d'eau est presque perpendiculaire à l'Aar. L'eau de la rivière passe sur un déversoir arrasé à la cote 326, de manière à empêcher l'introduction dans le canal des gros sables et graviers. En arrière de ce déversoir, quatorze fermes métalliques, espacées de 3<sup>m</sup>735, supportent les vannes qui servent à régler la hauteur de l'eau dans le canal. A la prise, le fond du canal est à la cote 322,20, et le plan d'eau normal à la cote 327,0<sup>5</sup>.

L'usine génératrice termine le canal d'amenée, et se trouve sur le bord même de l'Aar, de sorte que l'eau des turbines se déverse immédiatement dans la rivière. Elle comprend deux corps de bâtiment. Le premier, qui est de beaucoup le plus important, contient le matériel électrique, et forme avec l'axe du canal d'amenée un angle de 155° environ. Sa longueur est de 135 m. Le second corps de

chute nette de 3<sup>m</sup>30, 1000 chevaux et plus sous une chute de 3<sup>m</sup>90 et au-dessus. Les cinq autres turbines ont été mises en service à partir de 1905, et fonctionnent plutôt en hautes eaux (HE); elles développent 900 chevaux sous 3<sup>m</sup>20; 1200 chevaux et plus sous une chute nette de 3<sup>m</sup>70 et au-dessus. Le détail de la construction de ces dernières est donné par la figure 8.

Les turbines HE et BE sont du type centripète-parallèle à 3 roues mobiles. Elles ne diffèrent entre elles que par les dimensions des canaux et des aubages, et aussi par la forme des chambres d'eau qui sont spiraloïdes pour les turbines HE. Le distributeur est à aubes pivotantes, au nombre de vingt-quatre pour les turbines HE et de vingt pour les turbines BE. Le réglage s'effectue simultanément sur les trois étages d'aubages, au moyen d'un axe vertical A, com-

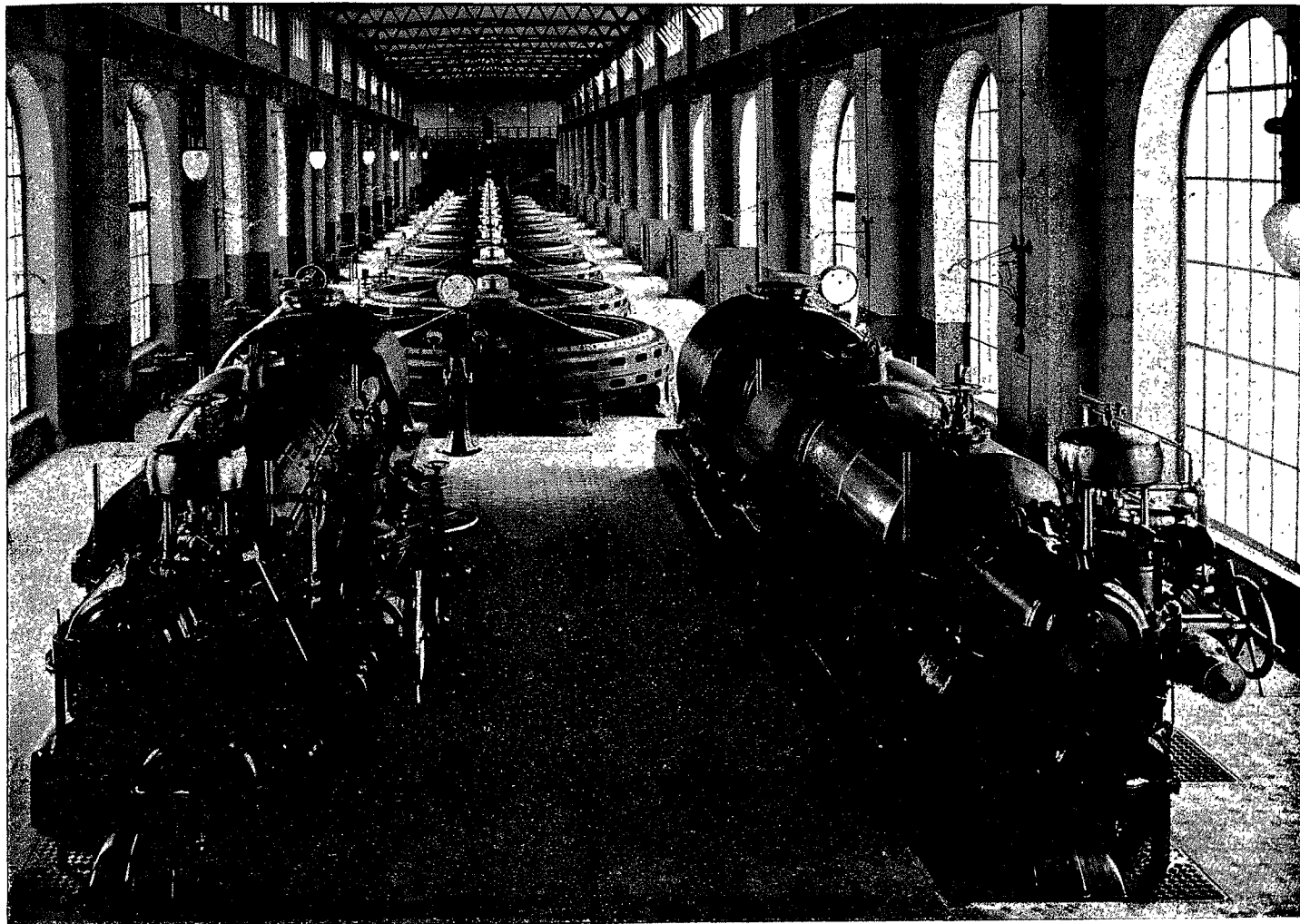


Fig. 4. — Vue intérieure de l'usine de Beznau.

bâtiment forme avec le premier un angle de 115° environ, et contient les chaudières à vapeur; sa longueur est de 36 mètres. Des vannes de fond, une écluse pour barques, et une échelle à poissons sont ménagées sous ce bâtiment.

Le niveau d'aval est à la cote 324 en basses eaux, et à la cote 325 en hautes eaux. La hauteur de chute passe de 6 m. à 3<sup>m</sup>20, suivant l'état de la rivière. L'usine comprend onze groupes hydro-électriques principaux à axe vertical, et deux groupes à vapeur. Il y en a outre deux groupes d'excitatrices, dont un de réserve.

Les turbines hydrauliques ont été construites par la maison Th. Bell, de Krienz. Elles sont de deux types légèrement différents. Les cinq premières turbines, installées en 1902, sont utilisées de préférence au moment des basses eaux, c'est-à-dire avec le maximum de hauteur de chute (BE). Elles produisent 750 chevaux sur leur arbre, sous une

mandé par le régulateur de chaque groupe, qui agit sur deux bielles B. Les aubes de chaque roue mobile sont au nombre de vingt-trois pour les turbines BE, et de dix-neuf pour les turbines HE.

Le rendement garanti des turbines BE était de 76 % sous 4<sup>m</sup>40 de chute, 74 % sous 3<sup>m</sup>90 et 4<sup>m</sup>90, et de 72 % sous 3<sup>m</sup>30 et 5<sup>m</sup>70. Mesuré, le rendement a été trouvé égal à 81 % sous une chute de 4<sup>m</sup>40, et aux 8/10 de la charge maxima, de 80 % sous une chute 4<sup>m</sup>42 à 1/2 charge et 70 % sous 4<sup>m</sup>45 de chute, à 1/3 de charge.

Pour les turbines HE le rendement a été trouvé, à pleine charge, de 71 % sous 3<sup>m</sup>46 de chute, et 65,5 % sous 3<sup>m</sup>08.

La figure 8 montre que les poussées sont équilibrées pour les deux roues inférieures. La poussée de la roue supérieure subsiste seule, elle agit pour soulager le pivot, malgré cela, celui-ci supporte encore de 21 à 32 tonnes,

suivant la hauteur de la chute, le poids de la partie mobile d'un alternateur étant de 45 tonnes. Cet effort est supporté par le pivot supérieur, sur lequel on provoque une contrepoussée au moyen d'huile sous pression (18 à 25 kgs par  $\text{cm}^2$ ). Les paliers inférieurs sont graissés à la graisse consistante, et sont protégés contre les sables fins entraînés par l'eau.

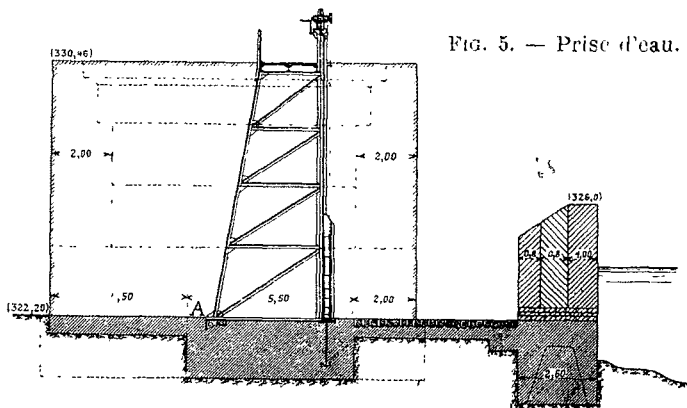


Fig. 5. — Prise d'eau.

Chaque turbine a sa prise d'eau propre dans le canal d'amenée. Cette prise peut être fermée au moyen d'une vanne métallique de  $6^{\text{m}}60 \times 3^{\text{m}}20$ , à mouvement vertical, glissant sur des galets de roulement. Comme ces vannes peuvent supporter une pression de 70 tonnes en temps de crues, leur manœuvre a lieu au moyen d'un servo-moteur à huile sous pression. Une grille, de 90 mètres de longueur, empêche aux corps flottants de pénétrer dans les turbines. L'intervalle entre les barreaux est de 30 millimètres. Des portes mobiles métalliques, que l'on peut transporter d'une prise à l'autre, permettent d'établir des batardeaux, et d'isoler chaque turbine en cas d'avaries aux vannes précitées.

La distribution générale d'huile sous pression est alimentée par deux pompes à piston à trois corps, absorbant chacune 50 chevaux, et pouvant débiter 10 litres d'huile à la pression de 30 kgs par  $\text{cm}^2$ . Ces pompes sont actionnées par les turbines des excitatrices. Une seule pompe fonctionne à la fois, l'autre servant de réserve. Deux accumulateurs, de  $1 \text{ m}^3$  de capacité chacun, régularisent la pression de l'huile en cas d'augmentation brusque du débit par suite de la mise en service de nouvelles unités génératrices. La pression est maintenue constante au moyen d'air comprimé par un moteur spécial qui est mis en action chaque fois que la pression tombe au-dessous de sa valeur normale.

**Matériel électrique.** — Le matériel électrique a été fourni par la maison Brown-Boveri, de Baden. Il comprend : 2 excitatrices, 11 alternateurs de 900 kilowatts, et 2 turbo-alternateurs de 2400 kilowatts.

Les excitatrices sont à axe vertical, et ont une puissance de 300 kilowatts. Elles tournent à 85 tours par minute et produisent du courant continu à 150 volts.

Les alternateurs sont également à axe vertical, et tournent à 66,6 tours par minute. Ils produisent du courant triphasé, sous 8000 volts, 50 périodes. Ils sont à induit fixe, et à inducteur mobile du type à ombrelle. Cet inducteur porte 90 pôles, et l'induit est à 3 encoches, du type semi-fermé, par pôle. Le diamètre extérieur de la couronne d'induit est de  $6^{\text{m}}10$ . Le rendement de ces alternateurs est de 95 pour 100 à pleine charge.

Les turbo-alternateurs sont du type Parsons, à axe horizontal. Ils tournent à 1500 tours par minute, et produisent

du courant triphasé à 8000 volts, 50 périodes. Ils ont été construits dans les ateliers Baown-Boveri, de Baden.

La figure 7 représente un de ces groupes. A est l'alternateur, E l'excitatrice du groupe, T la turbine à vapeur, C



Fig. 6. — Vue d'une des 3 roues mobiles d'une turbine H. E.

son condenseur, P, la pompe à air. a l'arrivée de vapeur, e l'échappement, b la conduite d'eau froide. Cette eau froide est prise dans le canal d'amenée, mais, en cas de besoin, la circula

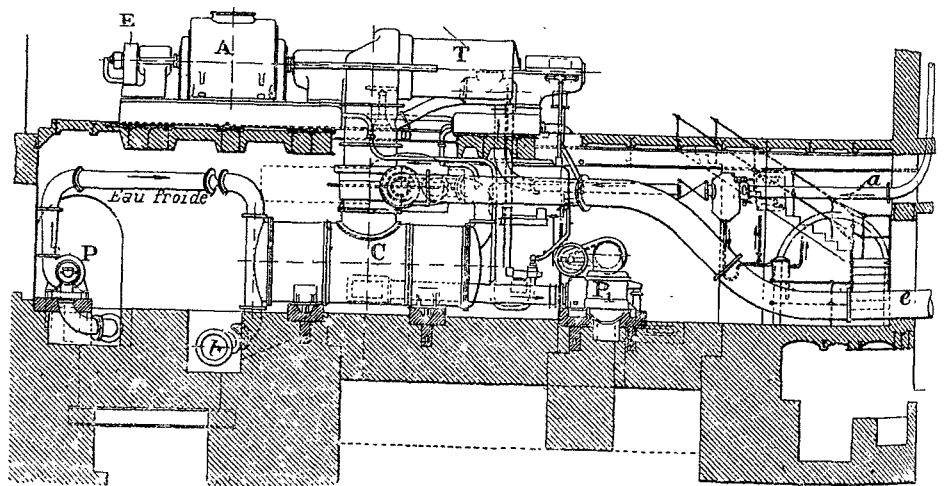


Fig. 7. — Groupe de turbo-alternateurs système H. E.

tion peut être entretenue au moyen d'une pompe électrique P. Aux essais, à la charge de 2100 kilowatts, la consommation de vapeur a été de 6,5 kgs par kilowatt-heure.

La vapeur qui alimente les deux groupes turbo-alternateurs Parsons est produite par une batterie de six chaudières à tubes d'eau, du système Durr, à foyers mécaniques, avec surchauffeurs et tirage artificiel par aspiration. Chaque chaudière, timbrée à 13 kgs, a 350 mètres carrés de surface de chauffe, et est surmontée d'un surchauffeur de 110 mètres carrés, capable de surchauffer la vapeur à  $300^{\circ}\text{C}$ .

Aux essais, on a obtenu de 22 à 28 kgs de vapeur par mètre carré de chauffe et par heure, et 7,6 à 7,9 kgs de vapeur par kilogramme de charbon (dont le pouvoir calorifique était de

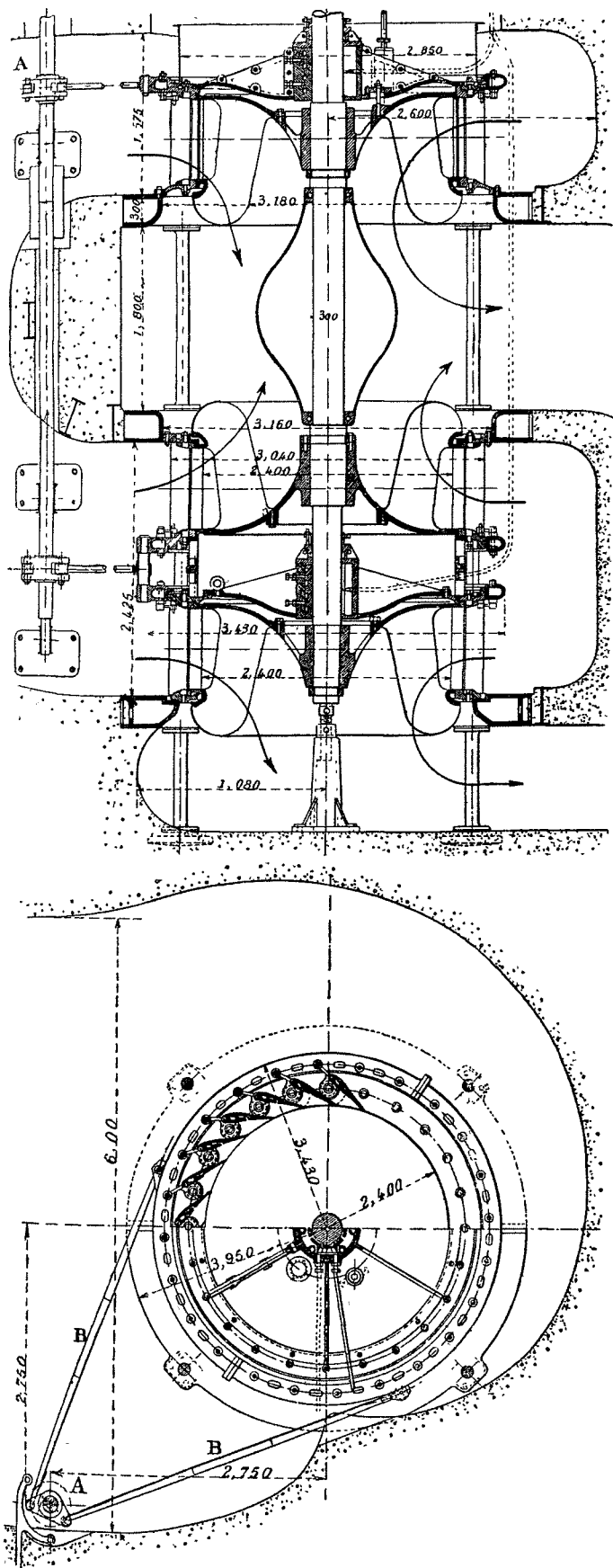


FIG. 8. — Élévation et plan d'une turbine HE

6600 à 6900 calories). Les foyers ont des grilles à chaînes, avec mouvement continu.

Le charbon est pesé automatiquement, et un appareil Ados sert au contrôle des produits de la combustion.

Le courant produit par les alternateurs passe par le tableau de distribution, qui se trouve à l'extrémité amont du premier corps de bâtiment, et se rend aux barres omnibus à 8000 volts. Une partie du courant est envoyée sous cette tension aux environs de l'usine génératrice. Une autre partie est envoyée dans 6 transformateurs, à bain d'huile et refroidissement par circulation d'eau, d'une puissance unitaire de 2000 kilowatts, qui élèvent la tension de 8000 à 27000 volts. Des relais à action différée protègent l'installation contre les surcharges intempestives, et des résistances liquides contre les surtensions.

Le courant à 27000 volts est envoyé dans les sous-stations suivantes, où la tension est ramenée à 8000 volts pour les distributions régionales: Boniswill, Gryneau, Gruningen, Hasli, Seebach, Seen, Lenzburg, Suhr, Seebach. La tension est abaissée à 6700 volts à Rheinfelden, à 6000 volts à Guggach, et à 3000 volts à Winterthur, à 500 volts à Leimbach, à 250 volts à Entfelden. Enfin, le réseau entier marche en parallèle avec l'usine hydro-électrique de la Lontsch, ainsi que nous l'avons déjà indiqué.

C. CHAMOUTON,  
Ingenieur Civil.

## EXPOSITION DE MARSEILLE

### ELECTROCHIMIE

La Société anonyme Electrométallurgique (Procédés Paul Girod) exposait des échantillons de divers ferro-alliages, cette maison fabricant au four électrique les ferros les plus variés. Elle exposait aussi des aciers fins également obtenus au four électrique, système Paul Girod, dont la fabrication a été entreprise depuis bientôt trois ans environ à Ugine (Savoie), et dont la capacité de production atteint maintenant 50 tonnes par jour: Aciers moulés, aciers à outils, en barres laminées ou étirées pour tous emplois et toutes qualités (1).

La Société Electro-chimique du Giffre, à St-Jeoire (Savoie), et La Société Néo-Métallurgie, réunies, exposaient du ferro-chrome affiné à 0,50 % de C, du molybdène à l'état pur, fondu et affiné; du manganèse à 96 % de ce métal et moins de 2 % de C.; du tungstène pur à moins de 0,50 % de C.; du ferro-bore, à 14 % Bo; du nickel-bore, à 15 % de Bo; du cupro-silicium, à 16 % de Si; du ferro-silicium à 25 et à 80 % de Si; du mangano-silicium à diverses teneurs en Si; du mangano-silicium d'aluminium à 40 % de Mn; 40 % de Si, 20 % de Al; des alliages binaires du nickel combiné au chrome, au molybdène et au tungstène; des alliages ternaires ferro-chrome-nickel ou molybdène; des alliages quaternaires ferro-nickel-chrome-tungstène.

Les deux alliages, mangano-silicium et mangano-silicium d'aluminium, exempts de carbone, et pratiquement exempts de fer, permettent d'éviter dans l'affinage des aciers tous les inconvénients connus, que donne l'emploi des silico-spiegel, ferro-silicium et ferro manganèse. Ils ont, grâce au manganèse, un allumage facile. L'absence de carbone supprime les gaz occlus, et, par conséquent, les souffres. L'absence de fer implique également l'absence des carbures doubles de fer et de manganèse, qui souillent d'ordinaire tous les aciers affinés au ferro-manganèse et les rendent si sensibles à la corrosion. Le laitier, qu'ils donnent en s'oxydant, est fluide et se sépare aisément du bain d'acier. Enfin, ils doivent, à leur forte teneur en silicium et aluminium, et à la combustion intégrale du man-

(1) Dans un prochain article, nous décrirons en détail les usines de cette Société, ainsi que les fours et procédés Paul Girod.