

# LA HOUILLE BLANCHE

J. REY, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France . . . 30 francs } Le Numéro : 5 francs  
 { Étranger . 40 francs }

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

## SOMMAIRE

**LES FORCES HYDRAULIQUES.** — Les grandes aménagements hydrauliques transalpins (3<sup>e</sup> étude) : Les nouvelles turbines Pelton de 26.000 C. V. de la Centrale de Venaus (Mont-Cenis), par J. BOUDET, Ingénieur A. M., Membre de la Société des Ingénieurs de France, et de l'Associazione Elettrotecnica Italiana (Section de Turin). — Le Rhône et son utilisation, par M. DENIZET, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées.

**HYDRAULIQUE.** — Calcul des Barrages-Voûtes (*suite et fin*), par Georges PRUDON, Professeur à l'Institut Polytechnique de Grenoble. — Sur la détermination de la puissance optimum d'aménagement des chutes d'eau, par E. BATICLE, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — L'Utilisation des eaux en excès pour renforcer les chutes d'eau.

**ÉLECTRICITÉ.** — Comment choisir un régulateur automatique (*suite*), par E. JUILLARD, Ingénieur E. P. Z.

**CHIMIE ET ÉLECTROCHIMIE.** — Les procédés de fabrication des engrais azotés, par M. DYRION, Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur Conseil.

**LÉGISLATION.** — Les effets de la nouvelle loi sur les locations de droits de riveraineté, par Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon.

**DOCUMENTATION.**

**BIBLIOGRAPHIE.**

**INFORMATIONS.**

---

## LES FORCES HYDRAULIQUES

---

### Les grands aménagements hydrauliques transalpins

(Troisième Étude)

### Les nouvelles Turbines Pelton de 26.000 C.V. de la Centrale de Venaus (Mont-Cenis)

Par J. BOUDET, Ingénieur A. M., Membre de la Société des Ingénieurs civils de France et de l'« Associazione Elettrotecnica Italiana » (Section de Turin).

#### I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

##### L'AMÉNAGEMENT DE LA CENISCHIA.

La Société « Forze Idrauliche del Moncenisio » poursuit aussi méthodiquement qu'inlassablement, depuis une vingtaine d'années, la mise en valeur des ressources hydrauliques de cette importante région alpestre.

Déjà, en 1901, elle ouvrait à l'exploitation la Centrale de Novalesca, utilisant les eaux du cours inférieur de la Cenischia, sous une chute de 420 mètres. Peu de temps après, elle équipait, en amont de cette dernière, une nouvelle chute de 365 mètres, exploitée dans la centrale de Saluroglio ; enfin, après une longue période d'arrêt, elle équipa, en 1911, avec l'aménagement des lacs supérieurs du Mont-Cenis, la Centrale de Gran-Scala, utilisant une troisième chute de 170 mètres en amont des deux précédentes.

Dans ces dernières années, et en particulier depuis la guerre, la Société, poursuivant ses études en vue d'une meilleure et plus rationnelle exploitation de la Cenischia, établit un projet d'aménagement général vraiment grandiose englobant ses installations existantes, modifiées pour la circonstance et complétées par de nouvelles.

lie de ce programme général) permit de procéder à l'agrandissement de l'usine de Gran-Scala, dans laquelle fut installé un nouveau groupe de 3.300 C.V. ; puis, simultanément, on procéda à la construction, à Venaus, d'une nouvelle centrale, destinée à réunir en une seule les deux chutes situées en aval de Gran-Scala et permettant la désaffectation des deux premières centrales de Novalesca et de Saluroglio, ainsi rendues libres.

La chute brute disponible à la nouvelle usine de Venaus est de 1.100 mètres — la plus haute du monde, après celle du lac de Fully. — La chute nette, toutes pertes de charge déduites, ressort à 1.020 mètres ; elle est utilisée par des unités de 26.000 C. V. absorbant chacune 2.430 litres par seconde et provisoirement au nombre de 2 ; une troisième est actuellement en cours de construction ; enfin la salle des machines est prévue pour recevoir encore une quatrième unité, après achèvement de l'aménagement général.

Ces unités, d'une puissance exceptionnelle, présentent un ensemble de caractéristiques vraiment intéressantes, dont certaines, du reste, entièrement nouvelles, et méritant par cela même d'être signalées.

La présente note a pour objet de les faire connaître succinctement à nos lecteurs.

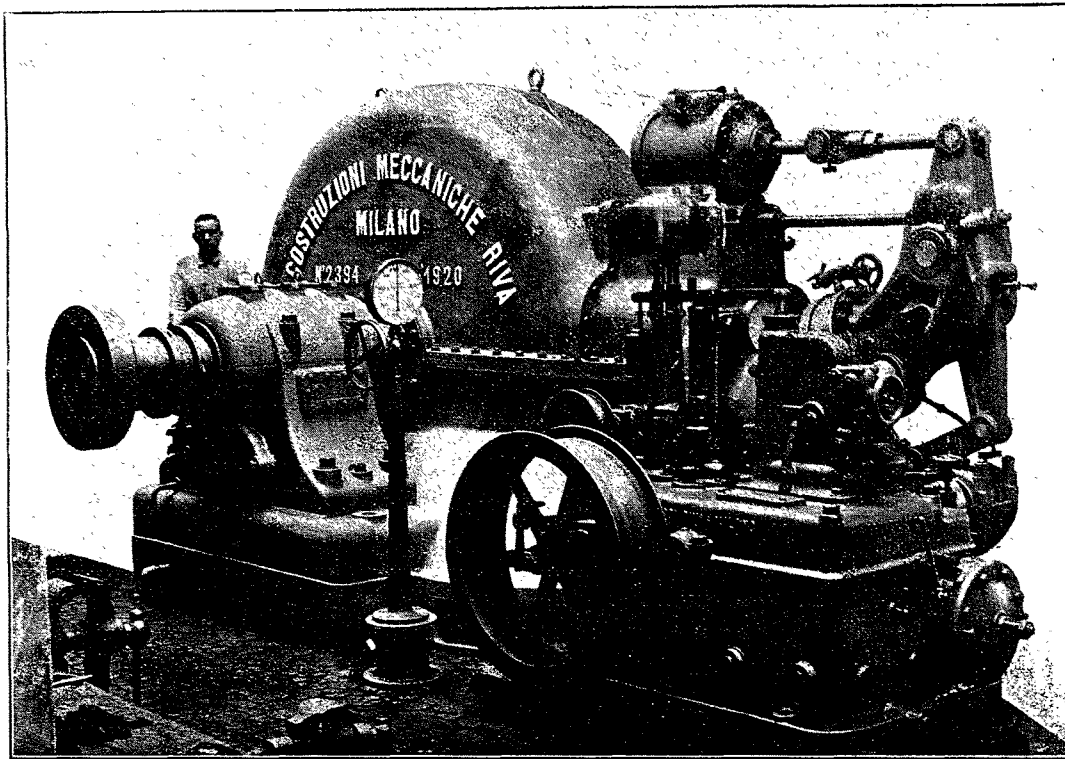


Fig. 1 — Turbine Pelton de 26.000 C.V. de la Centrale de Venaus (Mont Cenis).

## II. — LES NOUVELLES TURBINES PELTON DE LA CENTRALE DE VENAUS.

Ces engins sont du type Pelton à axe horizontal (fig. 1). Ils constituent, tant par leur puissance que par la très grande hauteur de la chute qu'ils utilisent, un exemple de construction mécanique unique en son genre, car aucune turbine de ce modèle n'a encore réalisé la puissance de 26.000 C. V. avec un seul jet agissant sur une roue unique. Ils sortent des ateliers « Costruzioni Meccaniche Riva », de Milan, qui ont apporté dans leur conception, avec un soin tout particulier, une expérience de plus de quinze années, acquise dans la pratique des installations de haute montagne, pour lesquelles ils ont déjà fourni des unités de 15.000 C.V. fonctionnant sous 750 mètres de chute sans le moindre à-coup, et dont les détails, révisés et adaptés aux conditions spéciales de la chute de Venaus, ont permis de résoudre élégamment le nouveau et difficile problème qui se posait pour cette chute.

a) *Description.* — La roue mobile (fig. 2), d'un diamètre de 2 m. 920 hors aubages, est entièrement en acier : les aubes, en acier fondu, travaillées à l'émeri dans les parties en contact avec l'eau, disposées en double couronne, et fixées, au moyen de boulons coniques calibrés, à un robuste disque en acier forgé, lequel, à son tour, est boulonné sur un moyeu calé sur l'arbre (1) (fig. 3 et 6).

L'arbre, en acier forgé, de 460  $m/m$  de diamètre, perforé sur toute sa longueur, reçoit, à l'une de ses extrémités (2<sup>m</sup>650 à l'axe) un manchon à brides permettant l'accouplement rigide avec l'alternateur. Il est supporté par deux chaises renversées, distantes de 2<sup>m</sup>700, boulonnées sur le socle et dont les paliers ( $\Phi = 400m/m$ ) refroidis par circulation d'eau comportent un dispositif spécial de lubrification à bagues (fig. 1 et 6).

(1) La séparation du moyeu et du disque est aujourd'hui pratiquée couramment par les ateliers « Riva » pour toutes les turbines de quelque importance, en raison de ce qu'elle facilite beaucoup le démontage de la roue en cas de remplacement, toujours à envisager.

La chambre en fonte, constituant la pièce la plus volumineuse, est divisée, horizontalement, en deux parties, selon un plan passant par l'axe, et la partie inférieure, profilée de façon à permettre un échappement facile à l'eau sortant des aubes est, à son tour, divisée par moitié, selon un plan vertical, pour en faciliter le transport. Elle est prolongée, dans l'intérieur du puits recevant la turbine, par une robuste cuirasse tronconique en fonte, de 1<sup>m</sup>350 de hauteur, revêtant les parois du puits et destinée à protéger ces dernières contre les inévitables corrosions d'un pareil jet d'eau (fig. 3, 4, 6).

Toutes les parties sont calculées de façon à résister à la force centrifuge correspondant à la vitesse maximum, sans travail excessif du métal ; tout spécialement (et sur le désir exprès de la Société) celles en acier fondu ne travaillent, en aucune façon, à plus de 4 kgs par  $m^2$ .

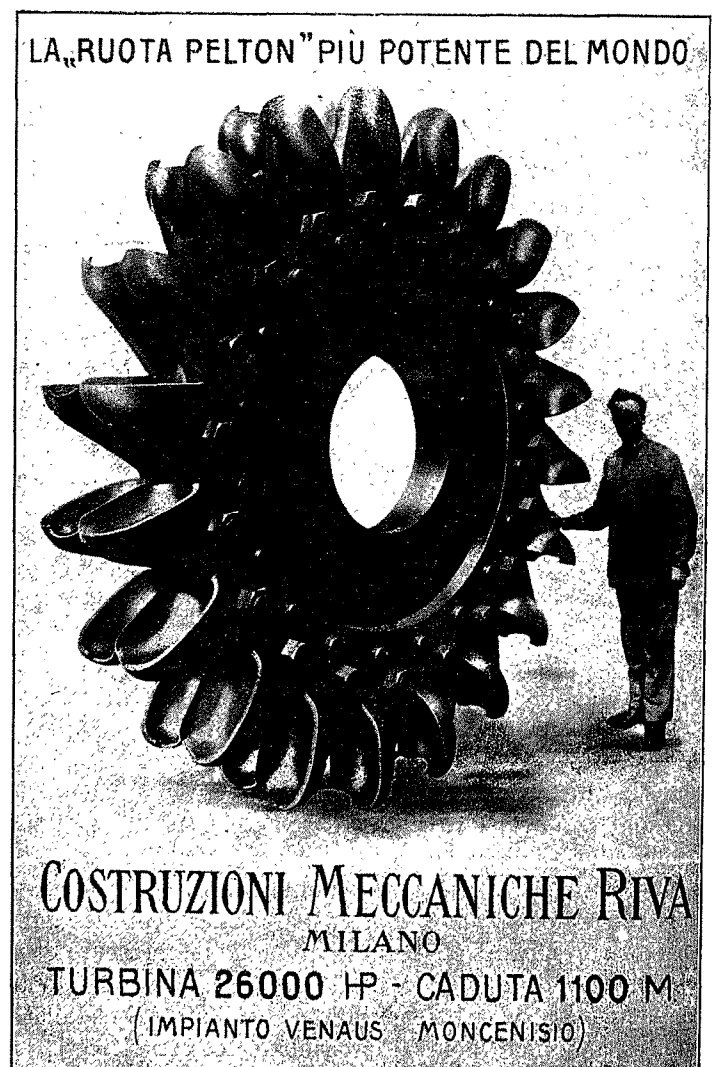


Fig. 2. — Roue mobile, à double couronne d'aubages, des turbines de 26.000 C.V. de la Centrale de Venaus,

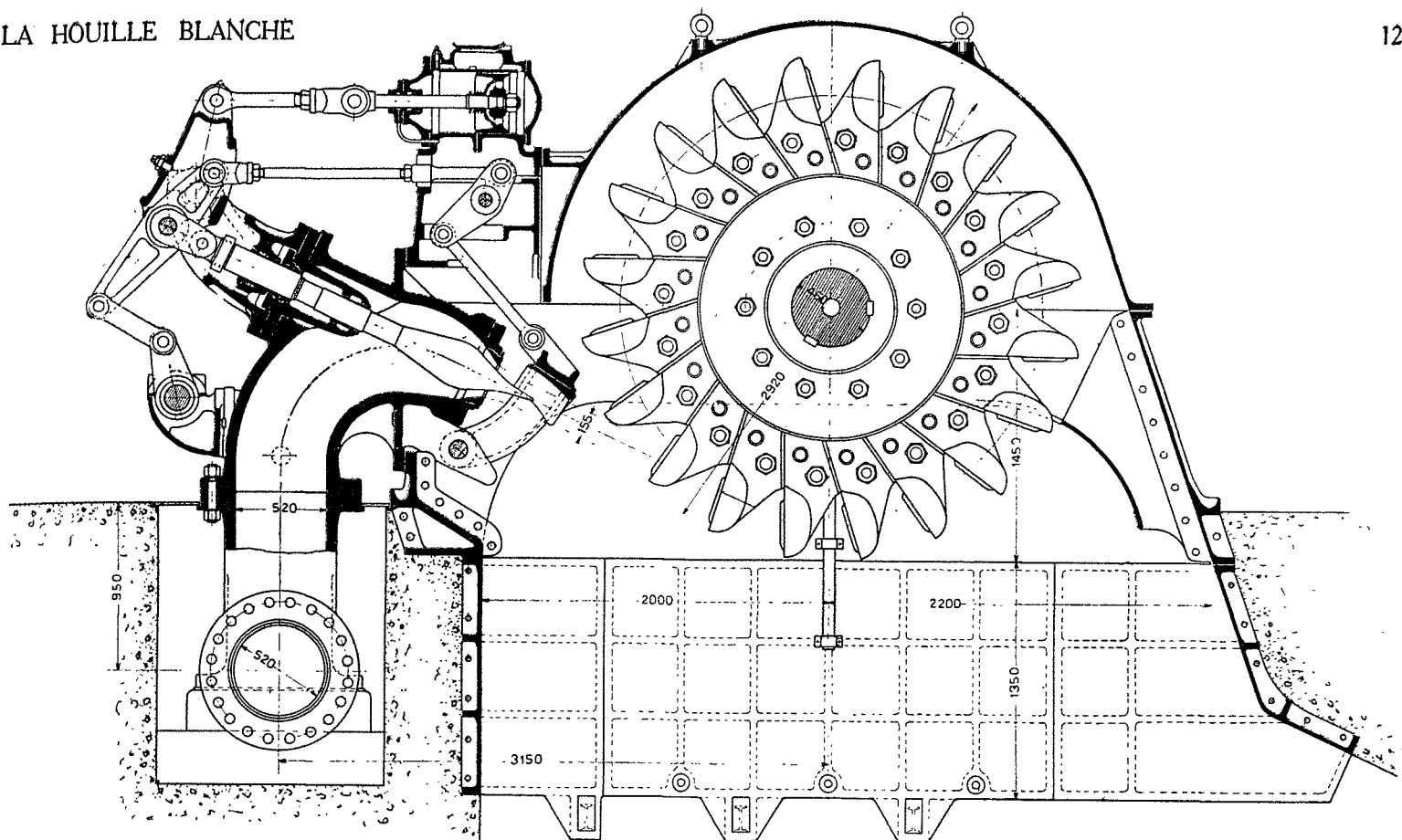
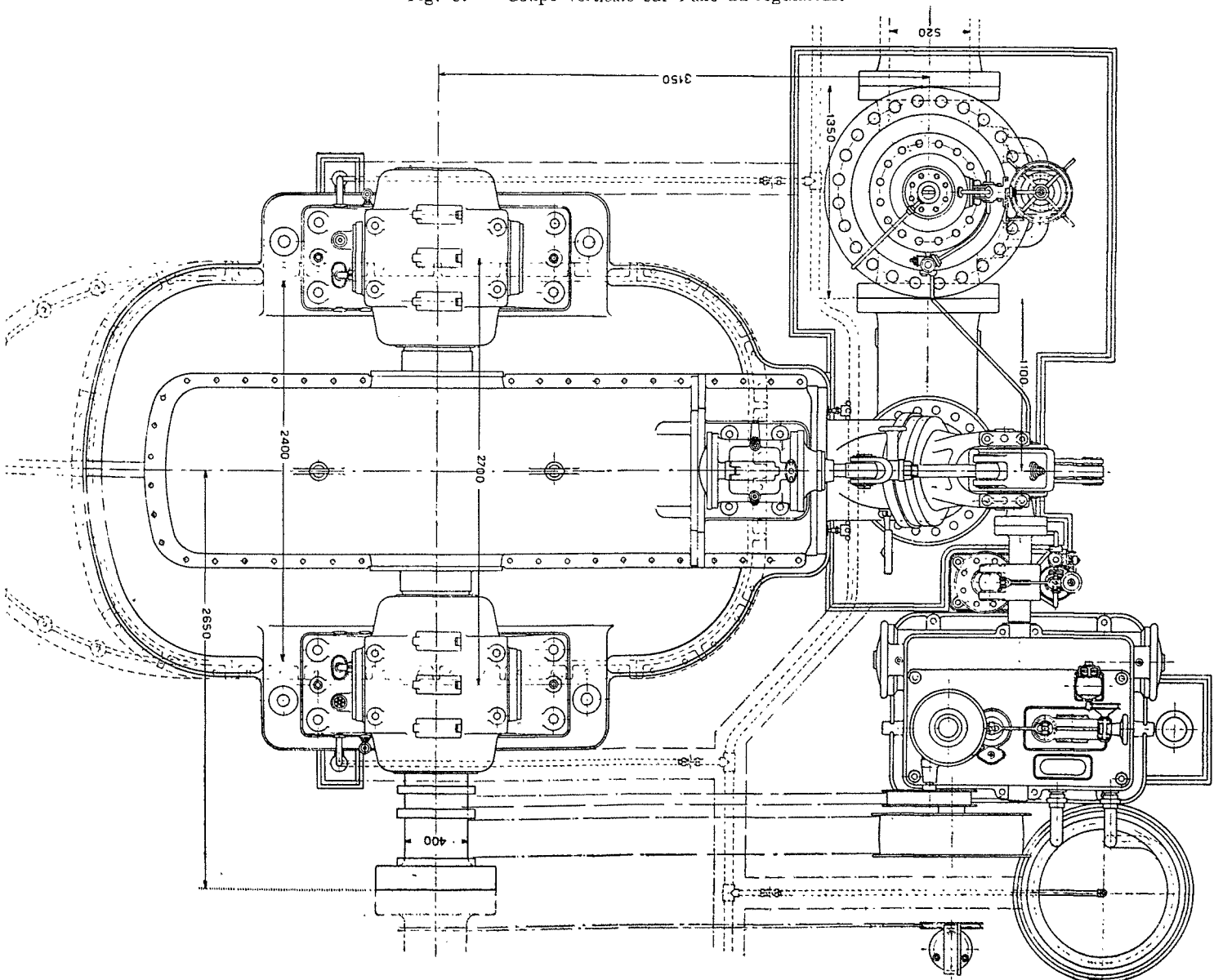


Fig. 3. — Coupe verticale sur l'axe du régulateur.



Plan supérieur général

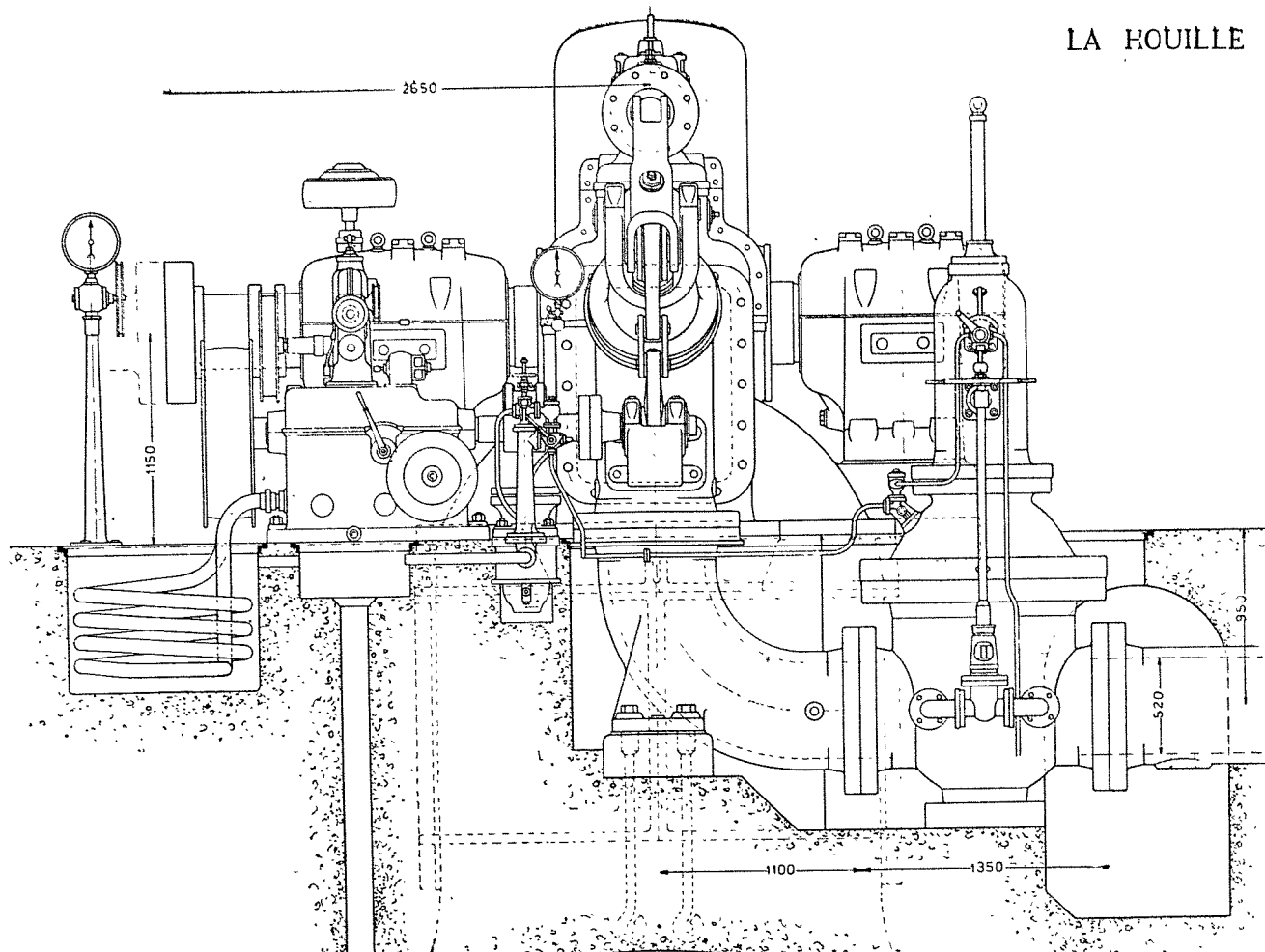
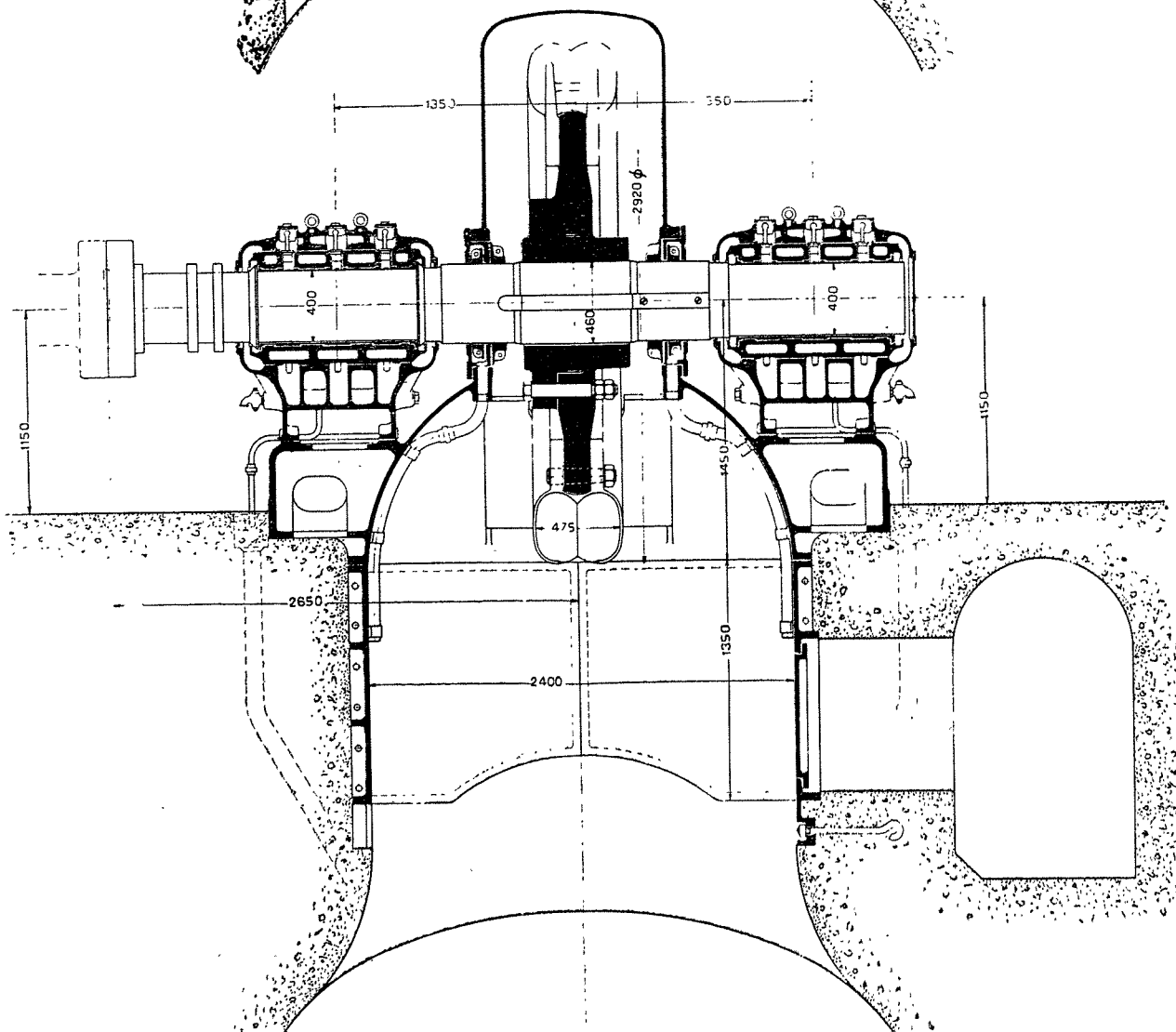


Fig 5. — Elévation latérale d'ensemble.



Le distributeur, à tuyère circulaire de 155 m/m de diamètre, avec régulation à pointeau, est pourvu d'un frein à huile réglable qui empêche toute fermeture trop brusque, et d'un déflecteur de jet, pour la régulation instantanée de la vitesse (fig. 1 et 3).

L'ensemble cinématique du système est celui particulier à la Maison Riva, très répandu en Italie, et dont la perfection n'est plus à démontrer.

La conduite d'alimentation ( $\Phi = 520$  m/m), entièrement située dans un caniveau, sous le dallage de la salle des machines, est munie d'un robinet vanne à servo-moteur hydraulique (fig. 4 et 5) précédant un coude vertical en acier fondu qui en assure le raccordement avec le distributeur (fig. 5).

Le régulateur automatique, autonome, à pression d'huile, est le plus grand N° de la série normale construite par les ateliers « Riva » et comporte, néanmoins, l'adjonction de toute une série de dispositifs spéciaux nécessaires pour le service d'une centrale aussi importante, parmi lesquels, en particulier :

Un appareil de compensation automatique de la staticité, réglable de façon à pouvoir fonctionner avec une staticité variable d'un maximum de  $5 \div 6$  % jusqu'à zéro (vitesse constante) ou même avec une staticité négative ;

Un dispositif permettant de faire varier, du tableau, à l'aide d'un petit moteur électrique, la vitesse de régime, faire le parallèle et répartir la charge ;

Un appareil de sécurité contre l'emballement, qui provoque l'abaissement de la tuile du déflecteur et la fermeture du distributeur dès que la vitesse dépasse la limite assignée ;

Enfin, un dispositif pour le refroidissement de l'huile dans un serpentin de grandes dimensions, extérieur au régulateur (fig. 3).

La manœuvre à la main de la turbine, pour la mise en marche ou pour tout autre motif, s'obtient au moyen d'un servo-moteur hydraulique fonctionnant avec l'eau de la conduite ; la commande du distributeur, tant à vide que sous pression, s'effectue sans effort appréciable de la part du mécanicien, et la seule manœuvre d'un robinet à 3 directions commande à la fois son actionnement ou sa mise hors circuit.

Comme caractéristiques générales méritant également d'être signalées ou soulignées, on peut remarquer encore, en dehors d'un encombrement relativement réduit pour des unités de semblable puissance ( $6^m600 \times 4^m600 \times 2^m800$ , hors tout), la facile interchangeabilité des pièces sujettes à usure, ainsi que la parfaite accessibilité, et, par suite, la facile surveillance de l'ensemble du mécanisme, dont toutes les parties sont situées en élévation au-dessus du plancher de la salle des machines (fig. 1, 3, 4).

b) *Fonctionnement.* — Le fonctionnement apparaît nettement à la seule consultation des figures qui précèdent. Il est synthétisé sur le schéma ci-après (fig. 7) dans lequel :

A, indique l'arbre du régulateur ;

S, le pointeau de régulation, établi de façon à être toujours sollicité à la fermeture de la tuyère ;

T, la tuile déflectrice du jet qui, grâce à un dispositif spécial des leviers reliant les différents éléments du système, demeure toujours tangente au jet, quel que soit le degré d'ouverture de la turbine, pour, à tout moment, être prête à dévier ce jet vers le bas, dès qu'intervient une brusque fermeture ;

F, le frein à huile qui, alors qu'il n'oppose aucune résistance à la course d'ouverture du pointeau (S), ralentit sa course de

fermeture, de façon à ce que la manœuvre ait lieu dans un temps suffisamment long pour éviter toute surpression dangereuse pour la conduite forcée.

Dans l'hypothèse d'une ouverture complète, les leviers du système de régulation sont dans la position indiquée sur le schéma en traits pleins, et numérotée (1). Adviene une brusque modification de la charge, l'arbre (A) du régulateur automatique de vitesse se portera, d'abord, dans la position (2) et les leviers prendront — par contre-coup — les positions figurées en tireté et appelées (2).

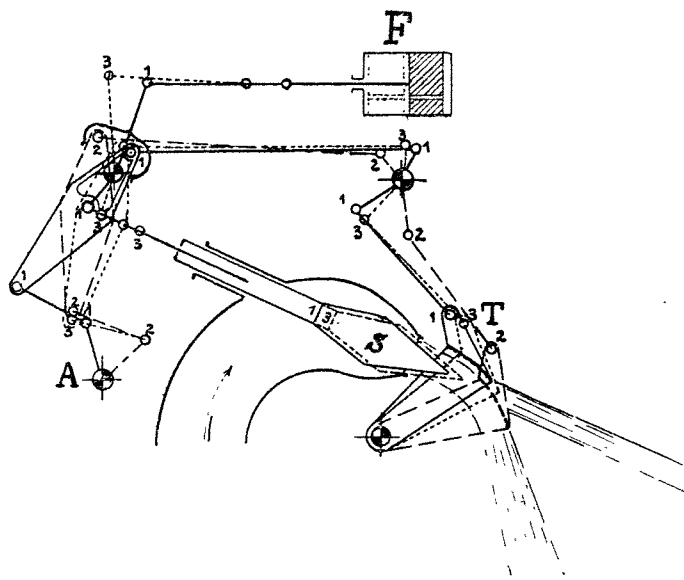


Fig. 7. — Schéma de fonctionnement du déflecteur.

Sous l'action du frein (F) le pointeau (S) reste momentanément immobile dans la position (1), ce qui détermine le rapide passage de la tuile (T) de la position (1) à la suivante (2), dans laquelle elle dévie la partie du jet correspondant à la variation de la charge. Ensuite de quoi, le déplacement du frein (F) permet aussi au pointeau de se porter lentement dans la position (3) correspondant au nouveau régime et l'ensemble du système de leviers vient occuper la position (3), indiquée en traits ponctués.

En moins d'une minute, le régulateur permet d'obtenir la déviation complète du jet au moyen de la « tuile déflectrice », alors que le temps employé par le pointeau pour passer de l'ouverture maximum à la fermeture complète, dans le cas d'une brusque rupture de charge, est d'environ 40 secondes.

L'examen des manomètres a confirmé que, même dans ce cas, la surpression dans les conduites forcées est négligeable et que la vitesse maximum d'emballement ne dépasse pas les 12 % de celle de régime normal.

Les épreuves hydrauliques en usine furent effectuées à 180 atmosphères, avec un plein succès. Dans les premières épreuves après montage, il ne fut, toutefois, pas possible de charger le groupe au-delà de 19.000 KWS ; mais, néanmoins, on peut constater avec intérêt que cette puissance, correspondant à 27.500 C.V. sur l'arbre de la turbine, était développée par cet engin, avec une ouverture du distributeur égale seulement aux 85/100° de l'ouverture totale.