Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 29 (1903)

Heft: 23

Artikel: Aménagement d'une chute d'eau de 12000 chevaux en Tarentaise (Savoie)

Autor: Haller, Ch. de

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-23521

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: 17.08.2025

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

Pour simplifier un croisement biais à 28° sur le canal de *Newry*, la plateforme de 18 m. sur 12 m. présente une large projection angulaire en dehors de la zone de passage et se retire à angle droit, en mettant à profit le biais pour l'effacement. La manœuvre est dure.

Le fort soulèvement qu'exigent les ponts roulants peut faire craindre des accidents, en cas de rechute brusque due à une avarie de la presse.

(*A suivre*).

Aménagement d'une chute d'eau de 12 000 chevaux en Tarentaise (Savoie).

par M. Ch. de HALLER,
Ingénieur,
Ancien élève de l'Ecole d'Ingénieurs. (1888-1892).

La Savoie est de tous les départements français un des plus richement doté en forces motrices naturelles, grâce aux nombreux cours d'eau dont les principaux sont l'Isère et l'Arc, qui prennent leurs sources dans les importants massifs de glaciers de la Maurienne et de la Tarentaise.

Plusieurs usines électrochimiques et électrométallurgiques se sont installées depuis quelques années dans cette région, mais elles sont loin encore d'absorber toute la force disponible.

Les unes utilisent de petits cours d'eau avec de hautes chutes, d'autres, comme celles de St-Michel et de Lapraz par exemple, dérivent des volumes d'eau considérables sous des chutes moins élevées.

Nous avons été appelé à nous occuper de l'aménagement de deux des plus importantes chutes de la Tarentaise, celle de la Pomblière, sur l'Isère, près Moûtiers, et celle de La Rageat, sur le Torrent des Belleville. Nous chercherons, dans les quelques notes qui suivent, à donner une description sommaire des ouvrages de la première de ces deux chutes.

Usine hydro-électrique de La Pomblière.

La Volta, Société lyonnaise de l'industrie électrochimique, achetait en 1898 à M. Alexis Perrin, industriel à Moûtiers, les droits d'eau et les terrains nécessaires à l'aménagement d'une importante force motrice sur l'Isère, à quelques kilomètres en amont de Moûtiers.

Elle passait en même temps un marché avec M. Perrin, pour la construction à forfait de la galerie d'amenée, les autres ouvrages devant être construits par lui sur série de prix. Les travaux commencés en juillet 1898 furent terminés en novembre 1901.

L'Isère a toutes les allures d'un torrent de montagne, la partie de son cours qui intéresse l'usine de *La Volta* est alimentée par un bassin hydrographique de 930 km², qui contient d'importants glaciers. Son débit varie au barrage de l'usine d'environ 8 m³ en extrêmes basses eaux d'hiver à environ 150 m³ par seconde en hautes eaux d'été.

Les grandes crues exceptionnelles, comme celle du 10 juillet 1902, par exemple, atteignent 250 m³ environ.

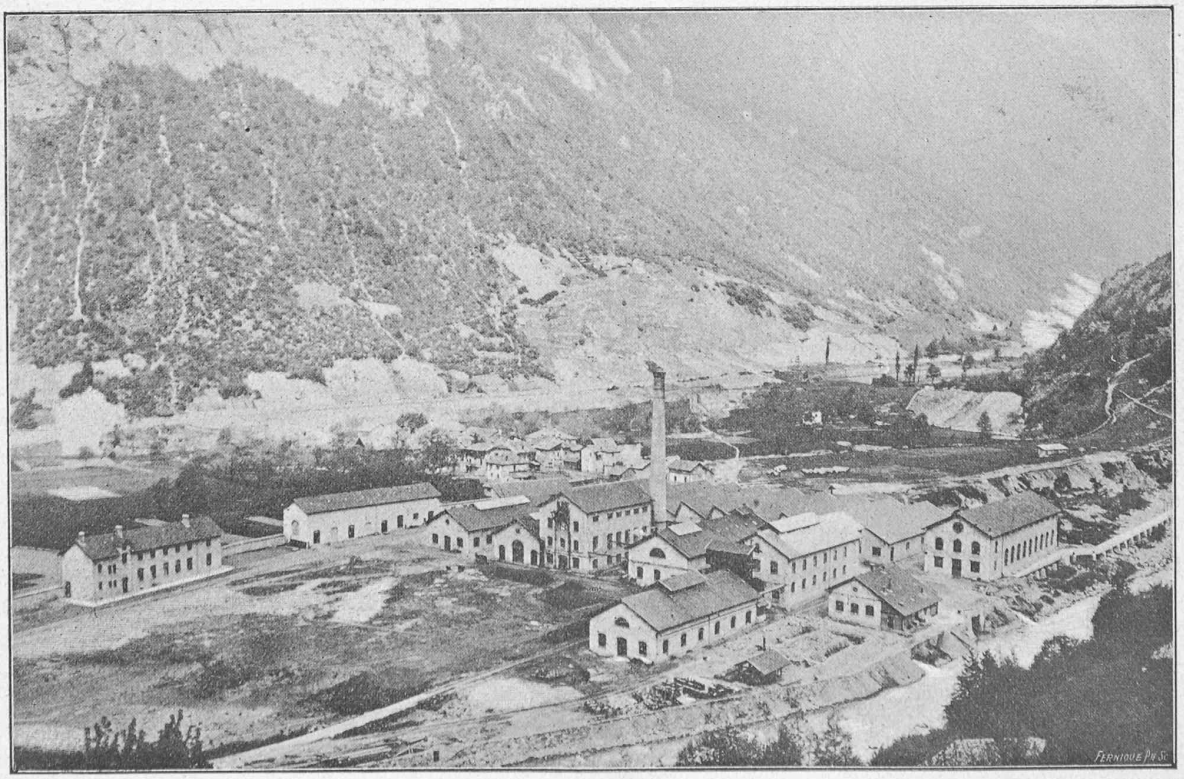


Fig. 1 — Usines de « La Volta », Société lyonnaise de l'industrie électro-chimique, à La Pomblière, près Moûtiers (Savoie).

D'après les observations journalières faites à Moûtiers depuis 1898, le débit moyen utilisable par la dérivation est à peu près le suivant :

7	mois	à 20 m³,	soit	140 m³.
1	»	à 18 »	»	18 »
1	»	à 16 »	»	16 »
1	»	à 14 »	»	14 »
1	»	à 12 »	»	12 »
1	»	à 9 »	»	9 »
		Total		209 m³.

soit 17 500 litres en moyenne.

Tous les ouvrages ont été étudiés pour un débit de 20 m³ par seconde.

La hauteur de chute brute, différence entre la cote 577,37 de la retenue au barrage et la cote 501,78 de l'eau au point de restitution, est de 75m,59 en basses eaux ; en hautes eaux elle n'est plus que de 73m,94.

La hauteur de chute utile, différence entre la cote 570 du plan d'eau dans la chambre de mise en charge et la côte 504,10 du niveau du plan d'eau dans le canal de fuite, est de 65m,90 en charge statique, ramenée en marche à 64m,70 par les pertes de charge dans les conduites forcées, le collecteur et les vannes.

La puissance de l'usine hydro-électrique de la Pomblière est donc, en définitive, la suivante :

Maximum 64,70 × 200 = 12 940 ch. turbines.
Moyenne 64,7 × 175 = 11 322 ch. »
Minimum 64,7 × 80 = 5 176 ch. »

Tous les travaux hydrauliques, jusque et y compris la chambre de mise en charge, ont été exécutés pour un débit de 20 m³ ; par contre, les conduites forcées et l'usine génératrice ne sont installées actuellement que pour 5000 chevaux.

Les emplacements de la prise d'eau et de l'usine ont été commandés pour ainsi dire par la configuration même de la vallée : la chute de la Pomblière comprend deux rapides de l'Isère, celui de l'Etroit du Sieix, en amont duquel est située la prise d'eau, et celui de l'Etroit d'Enfer, en aval duquel est construite l'usine. Un premier projet, établi en 1897 par une autre société, prévoyait l'aménagement de ces rapides en deux chutes, la solution adoptée par *La Volta* est certainement meilleure à tous égards.

La possibilité de réduire la longueur du canal d'amenée par la construction dans les gorges du Sieix d'un barrage de 20 m. environ de hauteur avait été examinée, mais on y a renoncé en raison de l'incertitude sur la profondeur à laquelle on trouverait le rocher, et on a préféré construire un ouvrage de faible retenue, à l'origine même des rapides, ce qui n'allongeait du reste le canal de dérivation que de 800 m. environ.

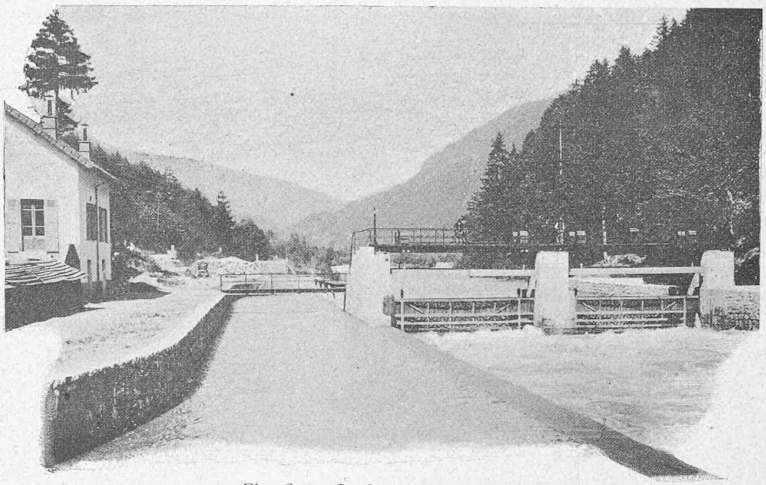


Fig. 2. — Le barrage vu d'aval.

Ouvrages de prise d'eau.

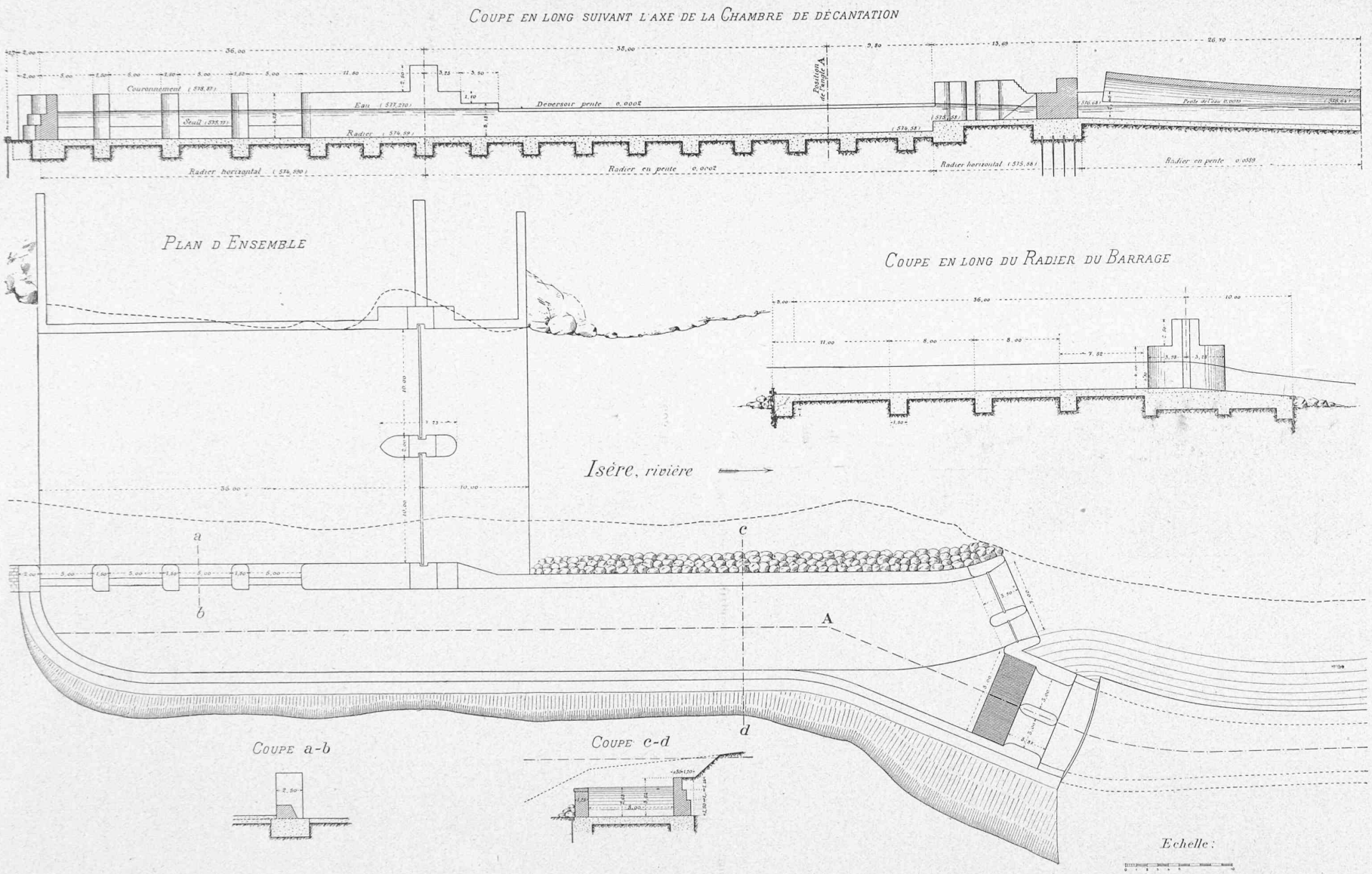
Les brusques variations du débit de l'Isère, qui passe en quelques heures de 20 ou 30 m³ à 120 ou même 200 m³ à la seconde, ainsi que la nécessité d'éviter une surélévation du lit et une modification au régime d'écoulement de l'eau en amont de la prise, ont amené à construire un barrage mobile de préférence à un simple seuil.

Le type qui a été adopté, est un barrage formé par deux grandes vannes de 10 m. de largeur, séparées par une pile en maçonnerie, et créant une retenue de 2m,50 de hauteur. (fig. 2 et 3).

Les vannes sont du système « Stoney » à contrepoids et roulement sur trains de galets. Ce système avait déjà été appliqué avec succès sur le canal de Manchester et sur le Rhône à l'usine de Chèvres près Genève. Cette disposition spéciale permet à un seul homme de manœuvrer les vannes sans effort et la grande portée de ces dernières offre, quand elles sont levées, une section libre considérable au passage des crues et aux corps flottants transportés par les eaux.

Lors de la très forte crue du 10 juillet 1902, on a pu voir passer sous les vannes levées de grands sapins avec toutes leurs branches, sans que les ouvrages aient subi le moindre dommage.

Quatre ouvertures de 5 m. de largeur, disposées à l'amont du barrage et normalement à son axe, laissent pénétrer l'eau dans une chambre de décantation de 80 m. de longueur sur 8 m. de largeur. Elles peuvent être fermées au besoin par des poutrelles placées horizontalement les unes sur les autres et dont les extrémités sont engagées dans des rainures ménagées à cet effet dans les piles. La section de ces ouvertures a été calculée de façon à admettre dans la chambre un volume d'eau excédant de 5 m³ la quantité dont on prévoit l'utilisation. Cet excédent permet de laisser les vannes de purge partiellement ouvertes lorsque les eaux sont très chargées de sables et de graviers ; on évite ainsi la formation de dépôts qui diminueraient la section utile de la chambre et par conséquent son efficacité pour la décantation.



USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE LA POMBLIÈRE

Fig. 3. — Barrage et chambre de prise d'eau.

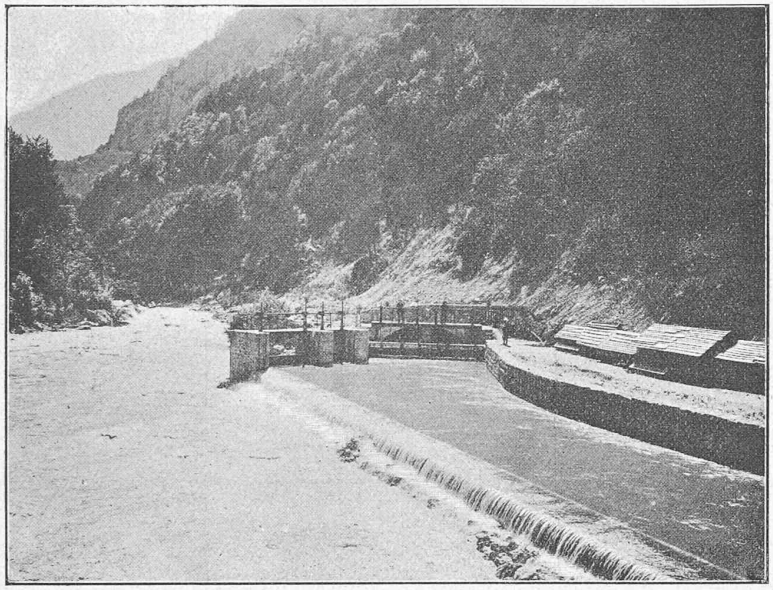


Fig. 4. — Chambre de décantation et déversoir.

Un déversoir longitudinal de 44 m. de longueur, ménagé sur le mur qui sépare la chambre de décantation de la rivière, sert à régulariser le débit lorsque les vannes de chasse sont fermées, en restituant à la rivière l'eau dérivée en excès (fig. 4).

Pour éviter dans la mesure du possible que des cailloux n'entrent dans la chambre, les cinq ouvertures d'entrée ont été pourvues d'un seuil de $0^m,90$ de hauteur. Un autre seuil de 1 m. de hauteur sépare en outre l'entrée de la galerie de dérivation de la chambre de décantation, de façon que les dépôts qui pourraient s'y être accumulés, ne soient pas entraînés dans le canal.

Deux vannes, l'une de 2 m., l'autre de 4 m. de largeur, placées à l'aval de la chambre, permettent de faire des chasses énergiques pour entraîner tous les dépôts.

L'accès de l'eau dans la galerie d'amenée peut être réglé à volonté par deux vannes de 3 m. de largeur, en avant desquelles se trouve une grille à barreaux de fers plats, qui arrête les plus gros corps flottants.

La chambre de décantation se raccorde avec la galerie de dérivation proprement dite par un canal couvert de largeur décroissante, et dont la profondeur va en augmentant jusqu'à ce qu'elle ait atteint celle de la galerie. Les sections progressives de cet ouvrage ont été calculées de telle façon que la vitesse de l'eau y soit constante et la même que dans le reste de la galerie.

La construction des ouvrages de prise d'eau a été rendue difficile par la fréquence des crues de l'Isère qui rendaient tout travail impossible en été. En hiver l'intensité du froid a obligé à plusieurs reprises à fermer le chantier. Certaines parties des maçonneries ont dû être faites par le gel, elles n'en ont pas souffert ; le mortier était gâché avec de l'eau chaude additionnée de carbonate de soude, à raison de 1 kg. de carbonate pour dix litres d'eau, et la chaux hydraulique était remplacée par du ciment Portland sitôt que la température descendait au-dessous de zéro.

En outre, la nature même du sol a nécessité des travaux de fondation longs et onéreux. Le terrain était constitué, sur une certaine épaisseur, par un enchevêtrement de gros blocs éboulés autrefois de la montagne, ces blocs recouvraient une couche de $2^m,50$ à $3^m,00$ d'épaisseur de limons et de sables fins, alluvions de l'ancien lac de Centron ; sous ce limon, le terrain composé de graviers et de cailloux de diverses grosseurs était plus résistant.

Il fallut commencer par se débarrasser de la couche superficielle en débitant tous les blocs à la mine, puis traverser le limon pour atteindre le terrain solide.

Les fondations du barrage proprement dit et celles de la chambre ont été faites à l'air libre, sous la protection de batardeaux constitués de pieux et de palplanches battus aussi jointifs que possible, puis calfatés avec soin. Une pompe centrifuge, actionnée par une locomobile, maintenait la fouille à sec.

La pile centrale et les culées du barrage, ainsi que celles des autres vannes, ont été construites sur des pilotis battus au travers de la couche de limon jusqu'à ce qu'ils aient atteint le refus correspondant à la charge qu'ils étaient appelés à porter. Le lit de la rivière a été recouvert sur toute sa largeur d'un radier en béton, jusqu'à 36 m. en amont et 10 m. en aval de l'axe du barrage. Une traverse en béton, renforcée par les palplanches du batardeau recépées au niveau du radier, garantit ce dernier contre les affouillements.

Le radier est protégé, à l'aval des vannes, contre l'usure due aux sables et aux graviers transportés par les eaux, par un revêtement en gros libages de roche dure, taillés à la broche et ayant de 50 à 60 cm. de queue.

Les piles et les culées des vannes du barrage, des ouvertures d'entrée de la chambre, des vannes de chasse, et de celles d'entrée de la galerie, sont construites en pierres de taille de roche dure et de grandes dimensions, taillées simplement à la broche, les autres maçonneries sont en béton pour les fondations et en moellons ordinaires pour l'élévation.

Le *canal de dérivation* ou canal d'amenée, d'une longueur totale de 3280 m., peut débiter 20 m^3 par seconde. Il a été construit à forfait par M. Perrin, comme nous l'avons déjà dit. Il est en galerie sur 3080 m. et à ciel ouvert sur deux petits tronçons, l'un de 104 m. et l'autre de 96 m.

Trois profils types ont été appliqués :

1° *profil en rocher compact*, section totale 12 m^2, section mouillée 10,55 m^2, pente 2 $^0/_{00}$, vitesse de l'eau $1^m,90$ à la seconde(fig. 5).

2° *profil en terrains nécessitant un revêtement, mais poussant faiblement ou pas du tout* (fig. 6).

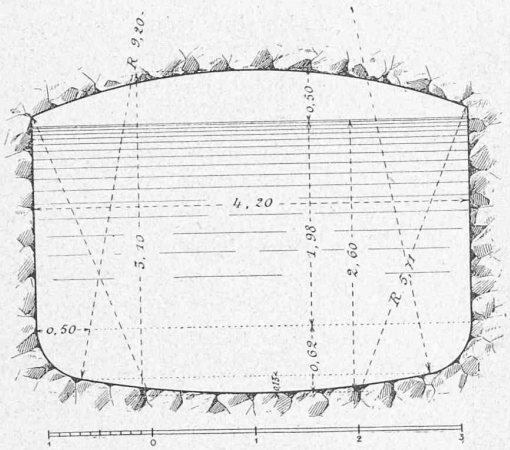


Fig. 5.

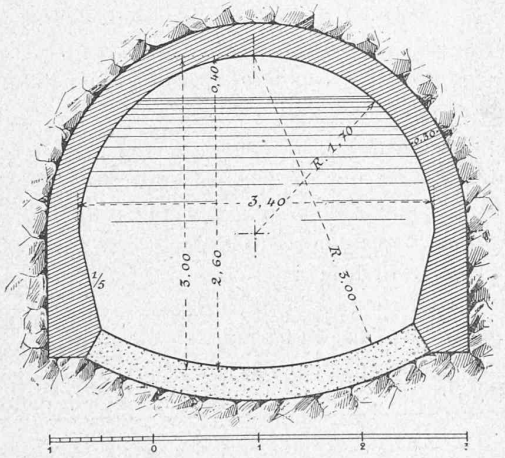


Fig. 6.

Cube de déblais au mètre courant . . . 12,250 m³.
Cube de maçonneries au mètre courant . 2,750 m³.
Cube de béton au mètre courant . . . 0,785 m³.
Section vide 8,40 m²; section mouillée 7,82 m².
Vitesse de l'eau 2,56 m. à la seconde.

3° *profil en mauvais terrain* (fig. 7).
Cube de déblais par mètre courant . . . 14,400 m³.
Cube de maçonneries par mètre courant . 4,560 m³.
Cube de béton par mètre courant . . . 0,945 m³.

Les sections vide et mouillée sont les mêmes que celles du profil N° 2.

Les sections d'écoulement ont été calculées en se basant sur la nouvelle formule de Bazin[1].

Le canal de dérivation traverse des terrains de natures très différentes.

Sur les premiers 100 m. après la chambre de décantation, il suit le pied d'un éboulement de gros blocs détachés de la montagne à une époque déjà ancienne. Cet éboulis qui n'a qu'une faible épaisseur est parfaitement stable, il est reboisé sur toute sa hauteur, cependant, pour plus de sûreté, le canal a été traité comme un ouvrage de soutènement, il est de plus protégé par une chemise de pierres sèches et par un mur à sec construit le long du piédroit d'aval, dans le prolongement du talus naturel du terrain. Grâce à ces précautions, lorsqu'au moment du dégel il se détache quelques pierres de la montagne, elles roulent par dessus le canal sans endommager les maçonneries (fig. 8).

[1] *Annales des Ponts et Chaussées* 1897, 4me trimestre.

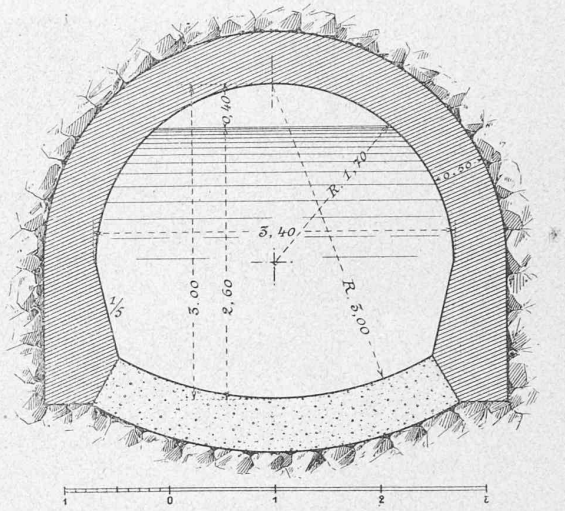


Fig. 7.

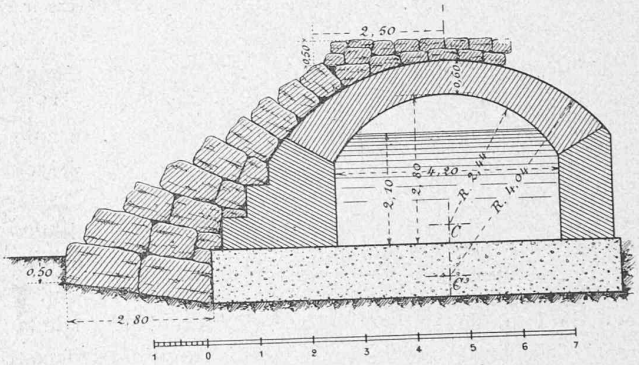


Fig. 8.

Le canal s'infléchit ensuite à droite pour pénétrer dans le cœur de la montagne, il traverse d'abord sur 460 m. de longueur un terrain composé de blocs enchevêtrés et colmatés de terre, de graviers et de sables. Ce tronçon a été d'une construction difficile et même parfois dangereuse pour les ouvriers; les blocs devaient être, suivant leurs dimensions, traversés ou débités à la mine, et il fallait en outre se garer contre la formation de cheminées qui menaçaient très souvent de se produire. Dans toute cette partie on a appliqué le type 3, renforcé même à certains endroits.

A 500 m. environ de son origine, le canal pénètre dans le calcaire bleu compact qui constitue l'Etroit du Sieix; il s'y maintient sur 400 m. de longueur environ, puis passait au travers d'un massif de terrain triasique. En juin 1900, lors des essais de mise en eau du canal, des dislocations se produisirent dans certaines parties de ce tronçon. Cet accident montrait que ce massif ne présentait pas une stabilité suffisante et, pour éviter cet endroit dangereux, on

étudia un nouveau tracé qui le contournait, mais qui nécessitait l'abandon de 1083 m. du canal déjà construit. Au cours de l'exécution de cette variante, de nombreuses galeries de sondage furent faites pour étudier la disposition géologique du sous-sol, extrêmement plissé à cet endroit. Elles révélèrent la présence d'un ruisseau souterrain, recoupant en profondeur l'ancien tracé en dessous du point où les maçonneries s'étaient affaissées. Ce petit cours d'eau doit vraisemblablement désagréger sur son parcours les roches solubles du trias, gypses et cargneules, et produire des excavations qui expliquent dès lors le défaut de stabilité du tronçon de canal abandonné. Dans la recherche de ce nouveau tracé, nous avons eu recours aux conseils de M. W. Kilian, professeur de géologie à Grenoble, qui nous ont été d'une grande utilité.

Au delà de ce massif de trias, le canal rentre dans le calcaire pour y rester jusqu'au bout, en sorte qu'actuellement le canal de dérivation, y compris le nouveau tronçon, ne traverse plus que des terrains de solidité soigneusement contrôlée ; depuis la mise en eau définitive, qui a eu lieu le 3 décembre 1901, aucun mouvement de terrain n'a été perceptible le long du canal, tandis que, au contraire, des mouvements notables ont été encore constatés sur le tronçon du canal où des affaissements s'étaient produits en juin 1900, bien que ce tronçon soit resté depuis lors constamment à sec.

Le seul ouvrage d'art que l'on rencontre sur le parcours du canal de dérivation est un pont-canal en maçonneries, qui franchit une dépression de terrain et un chemin aboutissant au Pont des Plaines. Cet ouvrage comprend cinq arches en plein cintre, dont une de 8 m. et quatre de 6 m. d'ouverture. L'intérieur du canal a été soigneusement enduit en ciment Portland, et des drains débouchant dans des barbacanes ont été ménagés à la rencontre des voûtes, de façon à éviter que les tympans ne se mettent en charge, au cas où des infiltrations se produiraient au travers du radier (fig. 9).

Pour l'exécution de ces 3 km. de galerie, les points d'attaque ont été multipliés autant que le permettait la configuration du sol, par l'ouverture d'un certain nombre de fenêtres. Sauf entre deux fenêtres distantes de 635 m., la longueur des tronçons entre deux fronts d'attaque ne dépassait pas 400 m.

Le canal de dérivation se termine par un tronçon à ciel ouvert de 104 m. de longueur, taillé en plein roc sur le flanc de la colline qui domine la petite plaine de la Pomblière, où sont construites les usines de *La Volta* (fig. 10).

Ouvrages de mise en charge.

C'est sur la pente de la colline qui domine la Pomblière, que la chambre de mise en charge est construite. Cette position, imposée par la topographie même des lieux, obligeait à chercher le développement de l'ouvrage dans le sens de sa longueur, pour éviter des déblais excessifs et de trop hautes maçonneries.

L'ouvrage se compose de trois sas parallèles. Le premier, dans le prolongement du canal, est un bassin de dépôt à l'extrémité duquel deux ouvertures de 5 m² de section chacune, fermées par des vannes, permettent d'effectuer des chasses vigoureuses. Lorsque ces vannes sont ouvertes le niveau de l'eau s'abaisse, ce qui détermine dans le canal d'amenée lui-même un accroissement de vitesse suffisant pour le nettoyer. Du reste ce n'est guère que lorsque l'usine n'emploie que peu d'eau qu'il se forme des dépôts dans la galerie, par suite de la réduction de vitesse, en régime normal elle reste propre et les limons sont transportés jusque dans ce premier sas, d'où ils sont facilement évacués (fig. 15).

Le deuxième sas, parallèle au premier, est recouvert de

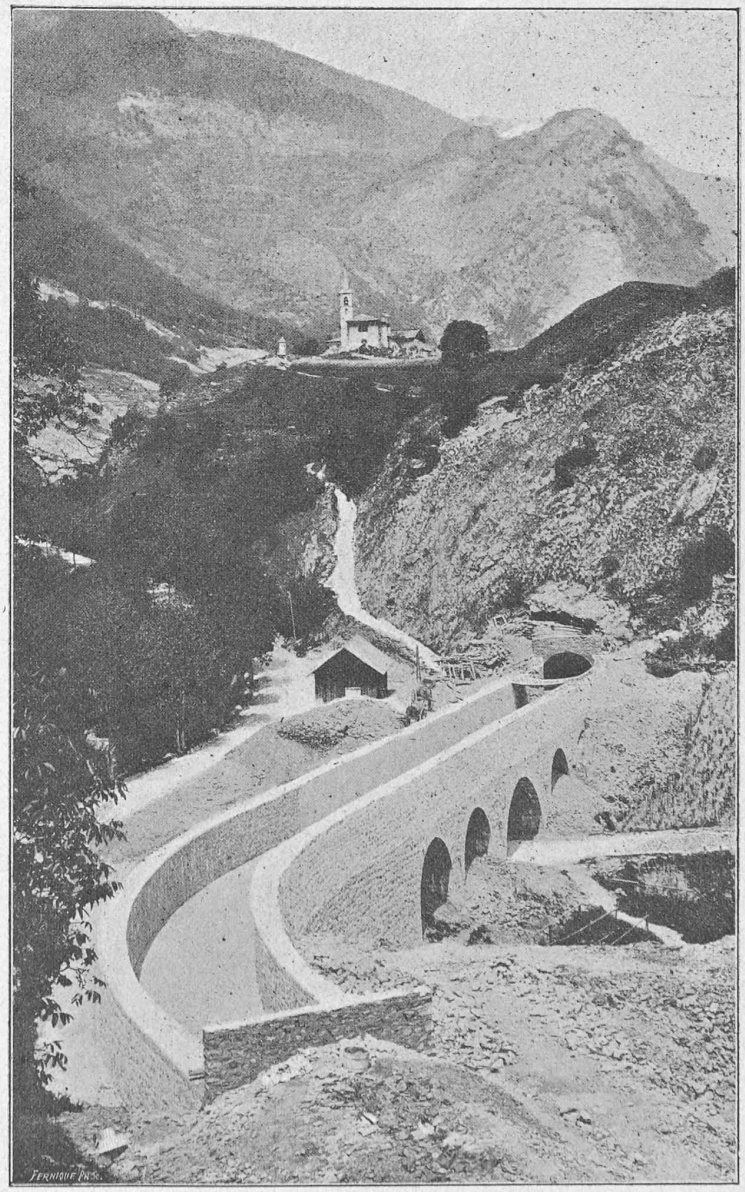


Fig. 9. — Pont-canal sur le Chemin des Plaines.

Fig. 10. — Vue des ouvrages de mise en charge et de l'usine de la Pomblière.

L'eau accède à ce deuxième bassin en déversant en lame mince par dessus le mur qui le sépare du premier; ce déversoir a une longueur de 60 m.

Le sas des grilles s'élargit à l'aval pour former la chambre de départ des conduites forcées.

Le troisième sas est à proprement parler un canal de décharge. Taillé dans le rocher, il court d'abord parallèlement aux deux autres, pour s'infléchir ensuite sur la gauche et traverser la colline en tunnel. Il recueille sur sa route les eaux des deux déversoirs de superficie et des vannes de chasse de la chambre de mise en charge. Ces eaux se précipitent à l'Isère, dans l'Etroit d'Enfer, en formant une cascade de 60 m. de hauteur qui ajoute encore au pittoresque du site (fig. 17).

L'entrée de la chambre de mise en charge est commandée par une paire de vannes en deux panneaux chacune; lorsque ces vannes sont baissées, l'eau passe directement dans le canal de chasse, grâce à un déversoir ménagé immédiatement avant, en crête du bajoyer de gauche du canal d'amenée (fig. 11 et 16).

Le mur longitudinal qui sépare le canal des grilles du canal de chasse, est aussi disposé en déversoir de façon que, lorsqu'à l'usine on n'utilise pas toute l'eau dérivée,

tôles perforées formant une sorte de crépine, destinée à arrêter les corps flottants; une disposition analogue avait déjà été adoptée ailleurs dans le même but et avec plein succès par M. l'ingénieur A. Boucher. La surface utile de la crépine est de 192 m² (fig. 12, 13 et 14).

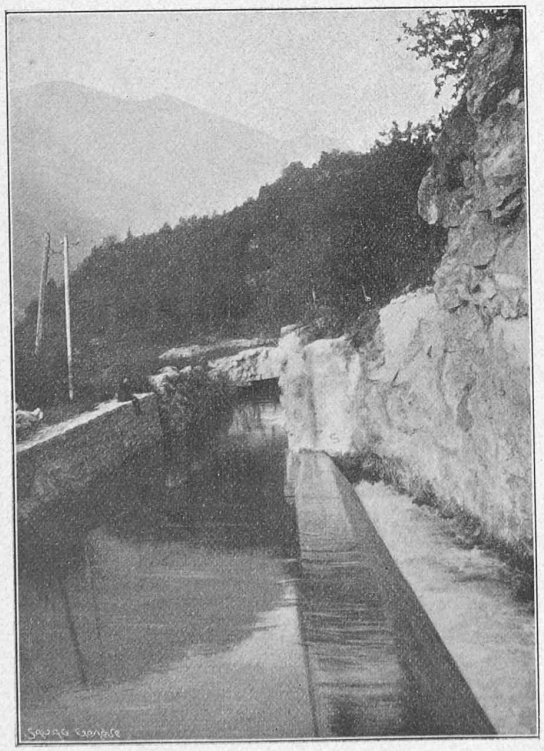


Fig. 11. — Déversoir immédiatement à l'amont de la chambre de mise en charge.

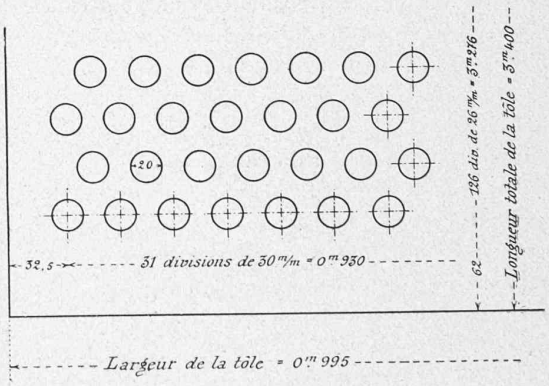


Fig. 12.

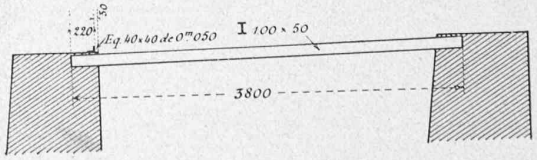


Fig. 13.

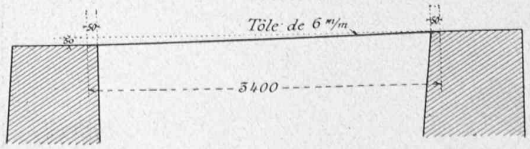
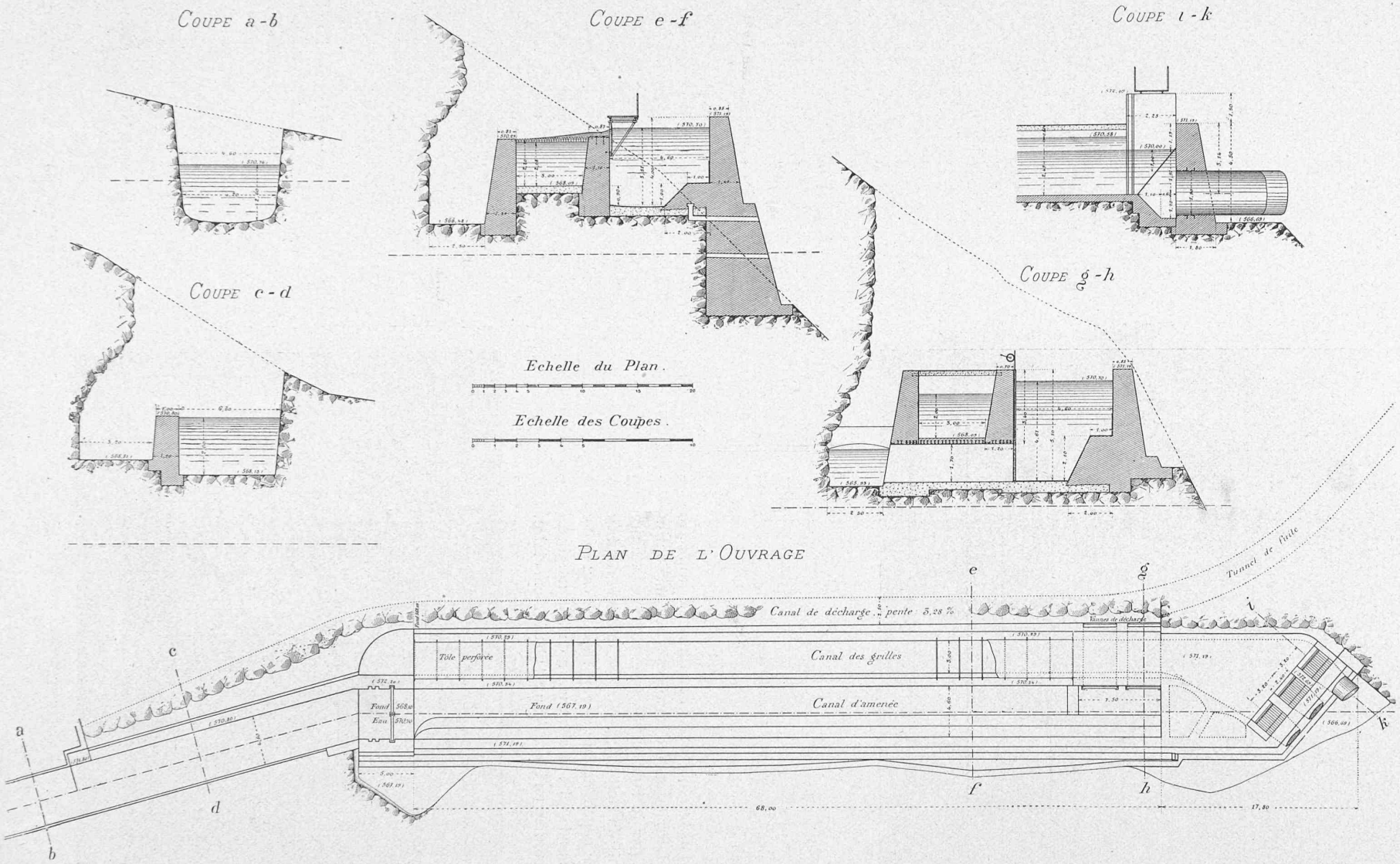


Fig. 14.



USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE LA POMBLIÈRE

Fig. 15. — Chambre de mise en charge.

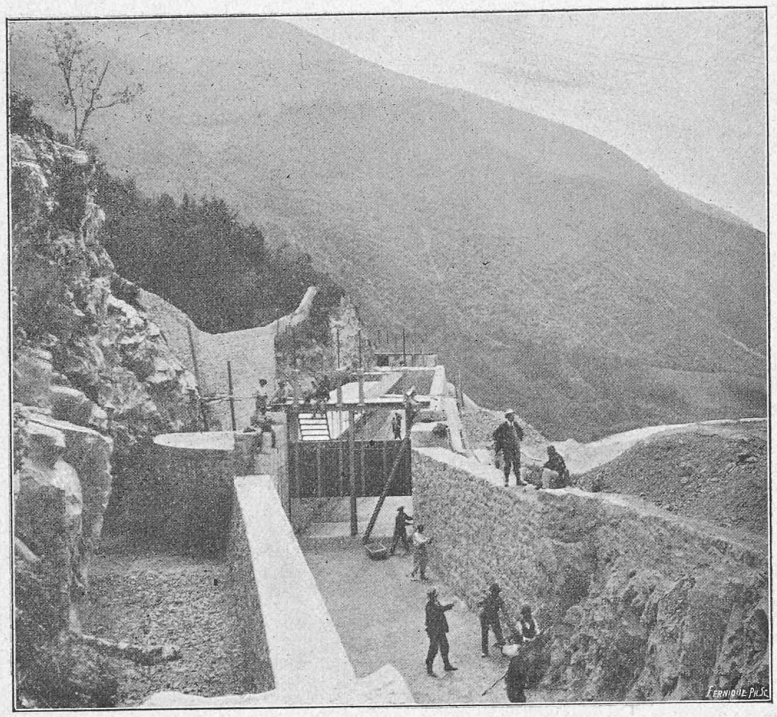


Fig. 16. — Chambre de mise en charge.

cet excédent aille au canal de chasse, sans qu'il y ait à intervenir par une manœuvre quelconque ; l'ouvrier préposé aux manœuvres du barrage n'a par conséquent pas d'autre préoccupation que de maintenir à une cote constante le niveau de la retenue, sans s'inquiéter de la quantité d'eau employée à l'usine, toute l'eau non utilisée s'en allant au canal de fuite. La grille en tôle perforée étant ainsi continuellement lavée par la lame déversante, ne nécessite presque aucun travail de nettoyage. En cas de très grand froid il peut arriver cependant qu'une partie de l'eau se congèle en passant sur la tôle, et obstrue un certain nombre d'orifices, mais comme en hiver l'eau est absolument claire, rien n'est plus simple que de lever quelques panneaux de tôle.

Si un accident quelconque arrivait à la chambre de mise en charge, elle pourrait être mise rapidement à sec par la fermeture des deux vannes d'entrée, et toute l'eau passerait alors par le premier déversoir.

A partir de l'extrémité aval des grilles, le deuxième sas est recouvert d'un plancher en fers et béton sur lequel repose la baraque du gardien ; il se termine par trois petites chambres dont les entrées sont fermées par des vannes et d'où partent les conduites forcées. Le fait que les vannes ne sont pas placées sur les tuyaux eux-mêmes, mais bien à $2^m,25$ en arrière de leur orifice, permet à l'air d'entrer par le haut sans obstacle, en cas de vidange brusque des canalisations.

Le projet complet comporte l'installation de trois conduites forcées de $1^m,90$ de diamètre intérieur; une seule de ces conduites est placée actuellement.

Le tracé des conduites a été cherché de façon à éviter le plus possible les changements de direction en plan, et en même temps à n'asseoir les fondations des piliers en maçonnerie qui les supportent, que sur un sol suffisamment incompressible pour écarter toute crainte de tassements.

La conduite actuellement en service part horizontalement de la chambre de mise en charge, puis elle s'infléchit pour suivre la pente du terrain ; elle descend en ligne droite sur une longueur de 103 m. et avec une inclinaison de 56 % sur l'horizon. Au pied de la colline elle fait un coude de $143^0\ 09'$ en plan horizontal et de $151^0\ 20'$ en plan vertical, pour suivre ensuite en ligne droite et avec une faible pente jusqu'au collecteur. Ce coude est solidement ancré dans un massif en maçonnerie (fig. 18).

Les deux autres conduites seront placées parallèlement à la première et seront distantes de $2^m,60$ d'axe en axe.

Chacune des trois conduites se termine par un collecteur distribuant l'eau à un groupe de neuf turbines. Ces collecteurs seront placés dans le prolongement les uns des autres ; leur diamètre de $1^m,90$ à l'origine va en diminuant à partir de la prise d'eau de la première turbine, et n'a plus que $1^m,20$ à son extrémité. Le projet prévoit une pièce spéciale mettant en communication les trois collecteurs, de façon que, si une avarie se produisait à l'une des conduites, on puisse alimenter indifféremment l'un des trois groupes de neuf turbines par l'une quelconque d'entre elles.

Il a été ménagé trois trous d'hommes sur la conduite, et une vanne de vidange a été placée à son point le plus bas. En outre, une vanne boulonnée à l'extrémité du collecteur commande

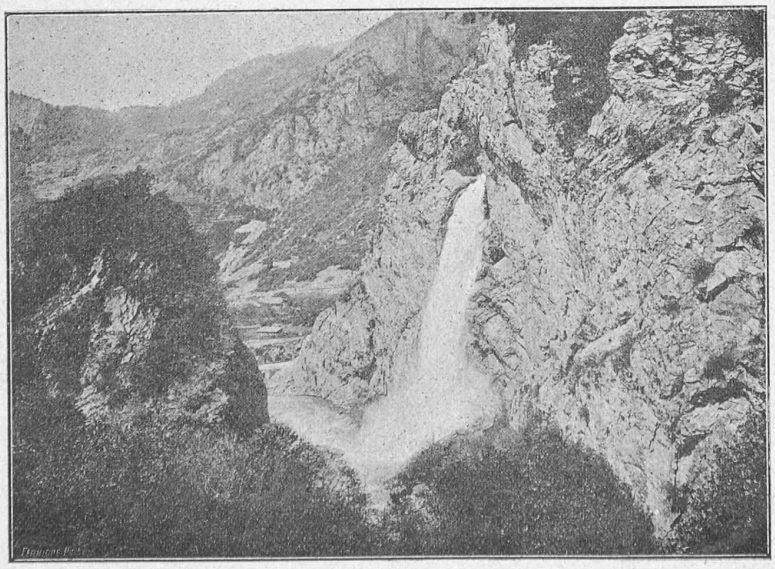


Fig. 17. — Restitution des trop-pleins à l'Isère.

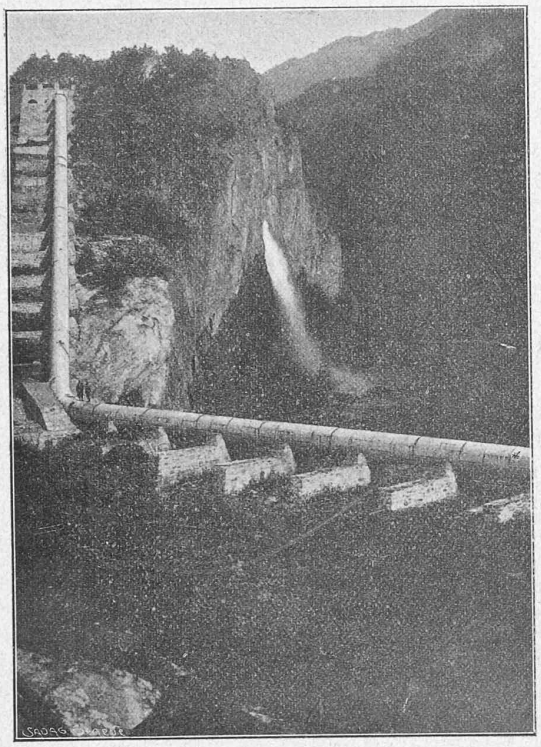


Fig. 18. — Conduite forcée de 1m,90 de diamètre intérieur.

l'entrée de tout un réseau de canalisations qui alimentent en eau sous pression les différents ateliers de l'usine électrochimique et les bouches à incendie.

La conduite est formée de viroles de 1m,665 de longueur, rivées à l'atelier les unes aux autres bout à bout en tronçons de 6m,50, lesquels ont été assemblés sur place par un rivetage.

Le coefficient maximum de travail de la tôle est de 6,25 kg. par mm² de section pleine ou 8 kg. par mm² de section nette suivant une ligne de rivets. Le métal employé est de l'acier doux des forges de St-Etienne, d'une résistance de 38 kg. par mm², avec allongement de 26 %.

L'épaisseur des tôles varie de 6 mm. à 10 mm., suivant la charge d'eau. Les tôles de 6, 7 et 8 mm. ont été cintrées à froid, celles de 9 et 10 mm. à chaud. Toutes les rivures longitudinales des tôles de 10, 9, 8 et 7 mm. sont formées de deux rangs de rivets, celles des tôles de 6 mm. et toutes les rivures transversales ne sont formées que d'un seul rang de rivets espacés de trois diamètres. Les trous des tôles de 9 et 10 mm. ont été alésés après poinçonnage.

La conduite est placée sur toute sa longueur au-dessus du sol; elle est supportée par des piliers en maçonnerie espacés de 6 m. environ. Elle a été peinte à l'atelier intérieurement et extérieurement au minium de plomb, puis couverte à l'extérieur après le montage d'une couche de blanc de céruse.

Dans sa partie inférieure, elle est protégée contre les crues de l'Isère, comme du reste l'usine elle-même, par une digue en pierres sèches construite en gros matériaux.

L'usine hydro-électrique n'est construite que sur le tiers de sa longueur; elle renferme neuf groupes électrogènes, pouvant donner chacun 500 chevaux électriques.

Les turbines sont centrifuges et à introduction partielle; elles sont munies de tubes d'aspiration ménagés dans la maçonnerie de fondation. Elles ont été livrées par la maison Brenier, Neyret & Cie, de Grenoble. Les dynamos directement accouplées aux turbines sortent des ateliers de MM. Schneider & Cie au Creusot. Nous ne nous étendrons pas sur cette partie de l'installation dont nous n'avons pas eu à nous occuper.

Un canal de fuite recueille l'eau à la sortie des turbines et la restitue à l'Isère; un seuil ménagé à l'aval du bâtiment empêche les turbines de se désamorcer. Ce canal n'a que 39 m. de longueur et n'offre aucune particularité de construction.

Les études relatives à l'aménagement de cette chute ont été faites en collaboration avec M. l'ingénieur Jacques Bois par le soussigné, qui en a dirigé personnellement l'exécution avec le concours intelligent et dévoué de M. Ch. Corneau, conducteur de travaux.

Les parties métalliques des vannes et passerelles de service et la charpente du bâtiment ont été fournies par la maison Ed. Lagarde & Cie; la conduite forcée et le collecteur par la maison Bonnet, Spazin & Cie, toutes deux à Lyon.

Nous ne terminerons pas cette notice sans citer les noms de M. Georges Coutagne, ingénieur des poudres et salpêtres, administrateur-délégué de *La Volta lyonnaise,* sous la haute direction duquel nous avons travaillé, et de M. Théodore Turrettini, administrateur de la même Société, aux précieux conseils duquel nous avons souvent eu recours.

Genève, octobre 1903.

Application de la statique graphique aux systèmes de l'espace.

Par M. B. MAYOR, ingénieur,
Professeur ordinaire.
Ancien élève de l'Ecole d'Ingénieurs (1884-1887).

Introduction.

Les méthodes graphiques, dont l'usage systématique a si heureusement et si profondément modifié l'étude des conditions de résistance et de stabilité des systèmes matériels plans, n'ont pas, jusqu'ici, paru susceptibles de rendre des services aussi marqués dans l'étude des systèmes à trois dimensions. En tout cas, les tentatives faites en vue d'étendre à l'espace les méthodes générales de la statique graphique n'ont conduit à des résultats pratiquement utilisables qu'au prix d'artifices dont la diversité et le manque de généralité laissent nettement pressentir qu'on est encore fort éloigné du but qu'on se proposait d'atteindre.

On peut certainement attribuer cet insuccès aux procédés de représentation plane de l'espace utilisés jusqu'à