

Il semble bien qu'en présence de semblables résultats à attendre, les Administrations compétentes soient disposées, et nous sommes heureux de le constater, à faire tomber les obstacles qui s'opposent encore à leur aménagement et à l'utilisation rapide de notre richesse hydraulique. Déjà, pour les forces hydrauliques du domaine privé, les initiatives individuelles ont eu pour conséquence la transformation économique de régions pauvres. Certes, en ce qui concerne le domaine public, on conçoit qu'en présence des exigences de l'heure présente, l'Etat ait le légitime souci de ne pas se dessaisir à tout jamais de ce domaine, et l'industrie s'est inclinée devant les réserves qu'il a pu convenir de formuler à cet égard. Tout démontre pourtant que la collectivité ne peut manquer de recueillir une large participation dans les avantages à obtenir et le Parlement devra, par une appréciation équitable de la situation, établir un régime libéral. Les bases d'une entente loyale sont possibles. Il nous paraît nécessaire de les trouver avant que d'autres pays prennent sur nous l'avance que nous avons su leur disputer.

En travaillant à ce résultat, nous aurons rempli, mes chers Collègues, l'un des buts qui nous sont assignés par ceux qui ont tracé notre voie : poursuivre l'application la plus étendue des forces et des richesses du pays.

.

Nos lecteurs ont retrouvé, dans le discours précédent, la documentation que nous avons déjà si souvent mise sous leurs yeux. Mais, en la circonstance, elle emprunte à la haute situation de l'auteur si qualifié pour traiter ce sujet, une valeur particulière ; d'ailleurs, l'exposé qu'on vient de lire du développement de l'Electrochimie comporte une vue d'ensemble d'où se dégagent d'une manière saisissante les perspectives d'avenir de cette industrie : c'est à ce double titre que nous avons reproduit ces pages.

En les lisant, il n'est pas un technicien qui ne remarquera la modestie de M. GALL parlant de tous, sauf de lui à qui la science électrochimique est pourtant redevable de travaux si féconds. Ceci prouve bien une fois de plus que c'est à leur modestie que se reconnaissent les vrais savants.

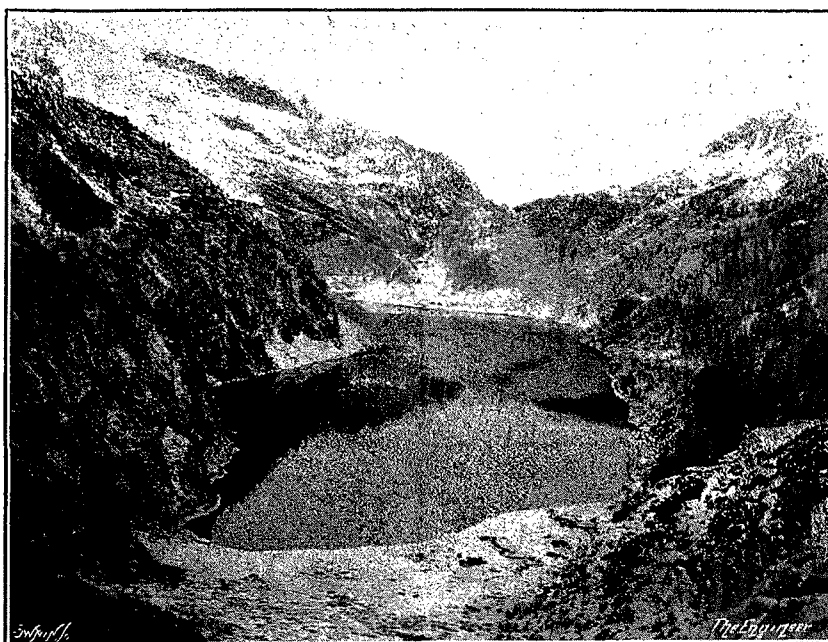
AMÉNAGEMENT D'UNE HAUTE CHUTE EN HAUTE MONTAGNE

D'une intéressante conférence faite récemment à la *Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon*, par notre collaborateur M. CHARLES, nous extrayons la description suivante. Elle montre bien de quelle somme d'audace, de science et d'énergie les mineurs de la houille blanche doivent faire preuve pour conquérir les merveilleuses et inépuisables richesses que la nature a placées aux flancs de nos montagnes.

.

Une chute, quelle que soit sa puissance, n'a beaucoup de valeur que si elle est à peu près constante ou, du moins, si sa force minima est encore assez grande et de durée assez courte pour que le secours demandé à tout autre source d'énergie soit limité et n'entraîne pas l'immobilisation de capitaux considérables.

Cette condition n'est réalisée que lorsqu'on peut accumuler en un réservoir suffisamment grand l'eau inutilisée pen-



dant une partie de la journée ou de l'année, pour en tirer parti aux heures où la demande de force est plus grande, et pendant les périodes où le froid et la sécheresse réduisent le débit du cours d'eau exploité.

Plus la hauteur de chute utilisée est grande, plus petit est le volume d'eau nécessaire pour la production d'une force donnée, et plus faible, par conséquent, le volume de la réserve à constituer pour les moments de pénurie.

De plus, une installation hydroélectrique puissante en basse chute nécessite des machines énormes, tandis qu'en haute chute ces mêmes éléments, sauf la longueur de la conduite forcée, se réduisent en dimension, en poids et en prix. Aussi, cherche-t-on de préférence les hautes chutes alimentées par des ruisseaux provenant de glaciers et traversant des lacs ou des vallées que l'on peut, à l'aide de travaux relativement peu coûteux, transformer en réservoirs assez vastes pour parer, dans une large mesure à l'irrégularité de débit de ces ruisseaux.

L'installation hydroélectrique de l'Adamello nous fournira un exemple typique des travaux de ce genre.

INSTALLATION HYDROÉLECTRIQUE DE L'ADAMELLO

L'Adamello s'élève à plus de 3 500 mètres sur un des contreforts des Alpes Réthiques qui descendent vers la plaine lombarde, près de Brescia.

L'écoulement du glacier vers l'ouest, forme un réseau de torrents qui se précipitent écumeux entre des sommets couverts, jusqu'à la limite des neiges, de pins et de hêtres, et descendent par une succession de vallées sauvages se jeter dans l'Oglio au village de Cedegolo.

En ce point, cette rivière reçoit la Poggia, alimentée elle-même par l'Adamè, le Salarno et la Poggia d'Arno, émissaire du lac d'Arno.

Le lac d'Arno, situé à 1 800 mètres d'altitudes, a 571 000 mètres carrés. Un ingénieur, M. Luigi Stucchi, frappé de la valeur industrielle de ce réservoir naturel presque inaccessible, en fit l'acquisition après s'être assuré la concession des affluents de la Poggia ; il transmit ses droits à la Société Générale Electrique de l'Adamello, formée en avril 1907 pour utiliser les forces hydrauliques du val Camonica. Trois

semaines après, on commençait l'élaboration des plans et, dès 1910, les deux stations d'Isola et de Cedegolo étaient à même de remplir les termes de leurs contrats pour Milan et la province de Brescia.

Une telle rapidité d'exécution est extrêmement remarquable parce que, indépendamment des procès et des expertises que soulevèrent les barreaux de chutes pour avoir des indemnités, les conditions physiques de l'entreprise furent extrêmement rigoureuses.

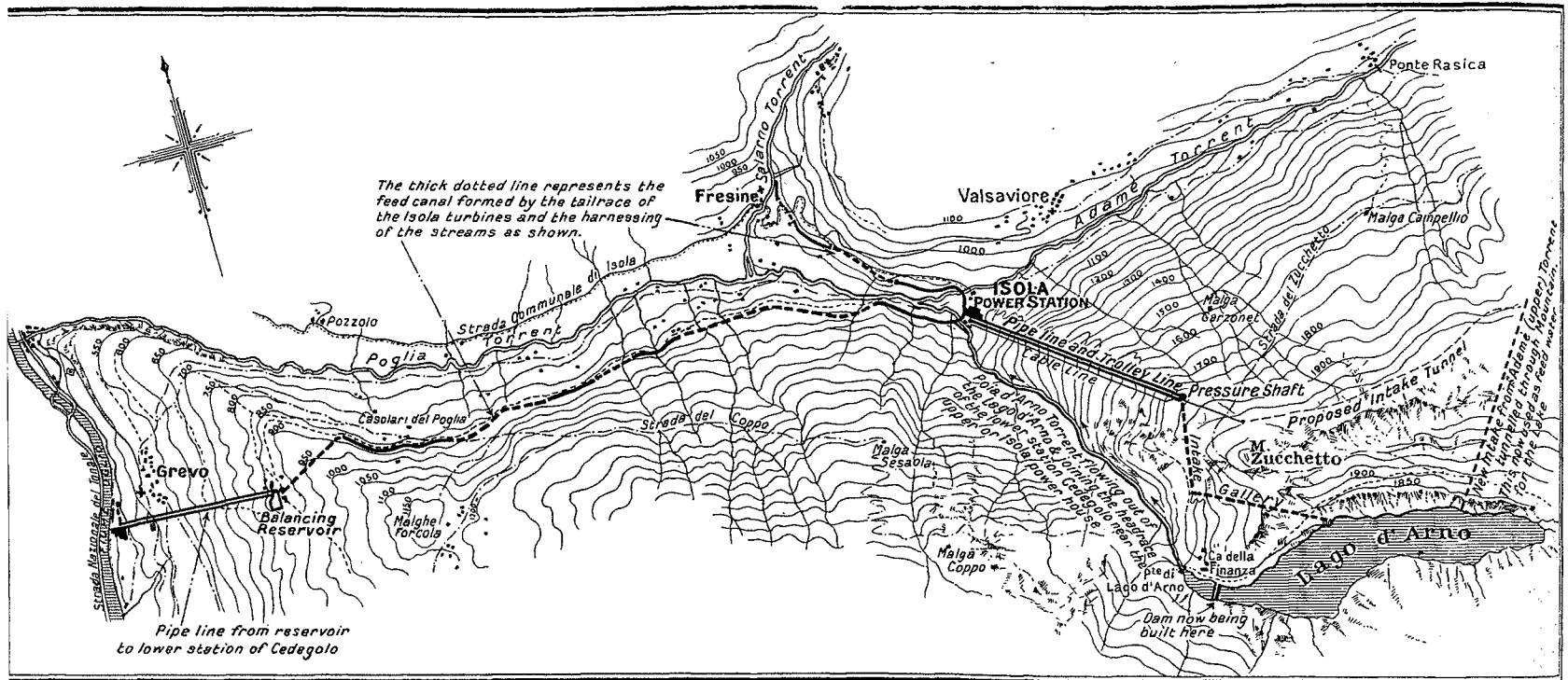
La demande de force n'étant pas constante, le lac fournit pendant les heures où le besoin s'en fait sentir, la quantité d'eau nécessaire et retient ensuite l'eau des nuisseaux pour reconstituer la réserve journalière. Il sert également à former une réserve pour les périodes de basses eaux.

Pour améliorer les conditions d'exploitation on augmenta beaucoup la capacité du lac et l'on y conduisit les eaux de l'Adamè, tributaire d'un bassin différent.

de l'exécution des plans, mais encore de la mise en train et du fonctionnement des services d'entretien et d'approvisionnement de l'entreprise. Tâche compliquée, car elle comprenait non seulement l'abri, le couchage, la nourriture et le service de santé, mais aussi le service des communications entre la plaine, les bâtiments en construction à Cedegolo et à Isola, le lac d'Arno et les groupes d'ouvriers disséminés tout le long de l'ouvrage.

Ils établirent 20 kilomètres de voie Decauville, desservis par des locomotives à essence, étudiées spécialement pour cette entreprise, et qui donnèrent toute satisfaction.

Il fallut tout d'abord construire une station centrale provisoire sur une dérivation du Salarno. On y plaça deux groupes hydroélectriques de 150 chevaux chacun. Le courant, produit sous une tension de 3 000 volts, était distribué dans les chantiers où des transformateurs l'abaissaient à 220 volts. Il servait à actionner les treuils, les grues et les



CARTE INDIQUANT L'ENSEMBLE DES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT DES CHUTES DE L'ADAMELLO.

L'eau du lac alimente l'usine d'Isola ; le canal de fuite de cette dernière reçoit les eaux de sources et les eaux superficielles qui lui sont amenées par l'Adamè, le Salarno et la Poggia d'Arno, et alimente à son tour une seconde usine, celle de Cedegolo. Celle-ci, située à 5 kilomètres de l'usine d'Isola, sur la rive de l'Oglio, constitue la station centrale ; elle reçoit la force produite à l'usine d'Isola et l'envoie sous une tension de 72 000 volts concurremment avec celle qu'elle engendre elle-même à la station de San-Giovanni, près de Milan, où elle est distribuée.

Le profil ci-après (page 50) donne immédiatement l'impression de l'économie du projet.

ORGANISATION DU CHANTIER. — Il est difficile de donner une idée exacte, à ceux qui n'ont pas visité la partie supérieure de la chute, de la lutte engagée contre les forces de la nature par des groupes d'hommes isolés les uns des autres et du reste du monde sur ces montagnes sauvages.

Les travailleurs, environ 1.900 hommes, furent divisés en groupes commandés par des contremaîtres et un chef de chantier, placés eux-mêmes sous les ordres des ingénieurs, MM. Gaetano Carinati et Carlo Vassena.

Ces Messieurs furent chargés non seulement de l'étude et

chariots pour les transports, les pompes d'épuisement et les compresseurs d'air pour les travaux souterrains, les moteurs de 6 lignes à traction funiculaire et de deux câbles porteurs aériens ; enfin, les services d'éclairage et de communication par télégraphe et téléphone. Trente-deux postes téléphoniques reliaient les divers chantiers entre eux et au bureau central. Le service électrique était dirigé par l'ingénieur M. Roncaldier.

La direction générale de l'entreprise fut confiée à M. Adolfo Covi, ingénieur à Milan, dont le nom, lié au succès des installations de Paderno et Trezzo, était par lui-même un gage du résultat final.

Telles étaient les dispositions prises quand on attaqua les travaux simultanément à Cedegolo, à Isola et au lac d'Arno.

EXÉCUTION DU TRAVAIL. — Les berges du lac d'Arno sont extrêmement raides, la profondeur de l'eau atteint immédiatement 25 mètres contre les bords et l'on relève 60 mètres de fond au centre.

On calcula qu'on pourrait disposer d'une réserve de 12 millions de mètres cubes d'eau en pratiquant un exutoire au lac à 25 mètres au-dessous de la surface normale du lac ; en ce point la superficie de la nappe est de 37 000 mètres

carrés, alors qu'à la surface du lac elle est, comme on l'a dit, de 571 000 mètres. On s'assura que la précipitation annuelle est bien supérieure aux 1 000 millimètres nécessaires pour remplacer le volume prélevé.

Dans les conditions normales on pouvait ainsi dériver 2 000 litres par seconde pendant huit heures par jour et produire à Isola 19 000 chevaux. Ce n'était pas suffisant. On se décida à transformer le lac en un immense réservoir. Son bassin est de 14 kilomètres carrés seulement, mais on escomptait la présence de sources souterraines et on s'appuyait sur le fait que même, alors que le niveau était le plus bas, il s'écoulait encore 300 litres par seconde. Pour recueillir ce trop-plein et augmenter la capacité du lac, on décida de barrer la gorge rocheuse de l'émissaire et, en même temps, de capter l'eau de l'Adamè pour la conduire dans le lac. On reconnut qu'on pouvait relever sans danger le niveau du lac de 25 m., porter sa capacité utile de 12 millions à 29 millions de mètres cubes et augmenter le débit utilisable à Isola de 2 000 à 4 800 litres par seconde.

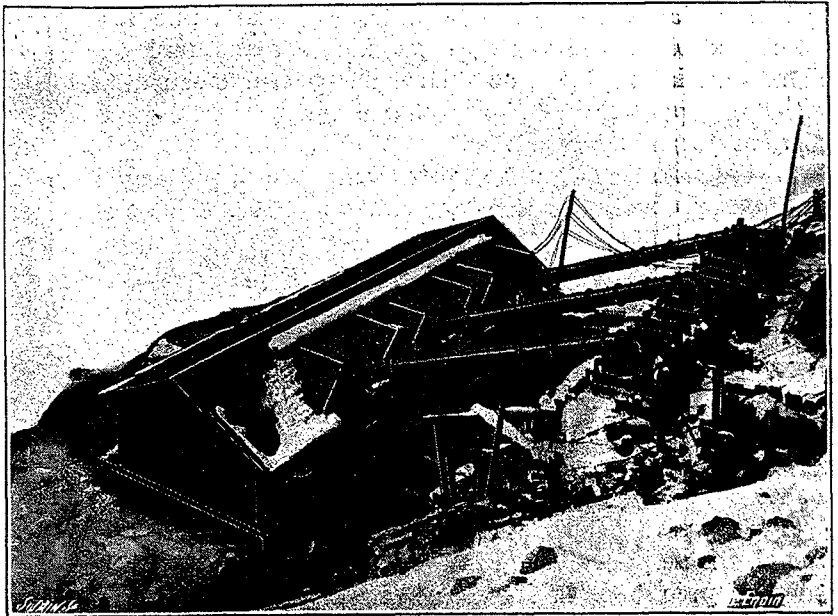
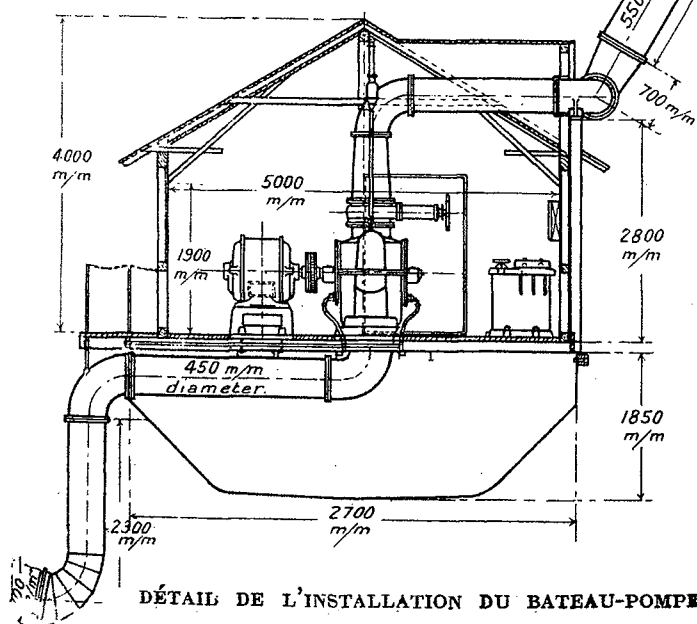
C'est dans cet esprit que l'on commença les travaux.

TUNNEL DE PRISE D'EAU. GALERIE SOUS PRESSION. — Cette galerie devait déboucher à 25 mètres au-dessous du niveau de l'eau. Pour atteindre ce point à travers la montagne, on décida de percer une galerie coudée prenant jour au fond de 3 crevasses profondes.

On partagea la longueur totale de 1.465 mètres en trois sections : la première, de 800 mètres, allant de la paroi du lac à la première « fenêtre » ; la seconde, de 200 mètres, allant de la première à la seconde fenêtre à travers la deuxième crête ; la troisième, d'environ 465 mètres, allant de la deuxième fenêtre au point choisi comme sortie de la galerie de prise d'eau et point de départ de la conduite forcée.

Dans les deux dernières sections, on ne rencontra aucune difficulté autre que celles inhérentes à la perforation des tunnels en roche dure. La première section, par contre, ménagea toutes les surprises désagréables possibles.

On avait projeté de percer cette partie de la galerie d'abord horizontalement sur 200 mètres, à partir du lac, et de lui donner une pente de 1 pour 100 sur les 600 mètres suivants. On devait l'attaquer simultanément par les deux extrémités, en laissant entre la paroi du lac et l'entrée de la galerie un mur de roche que l'on abattrait une fois le reste de la galerie achevé.



VUE PARTIELLE DU BATEAU-POMPE EN SERVICE.

Suivant ces dispositions, on entama au niveau de l'eau une galerie horizontale de 15 mètres de longueur et, comme on supposait n'avoir à redouter aucune infiltration, on commença à creuser le puits vertical qui devait, à la profondeur de 25 mètres, atteindre le niveau de la prise d'eau. Mais dès qu'on eut creusé quelques mètres, les premières infiltrations apparurent. Les infiltrations s'étant également manifestées à l'autre extrémité de la galerie, on ne chercha pas à prolonger plus loin la galerie d'attaque. Le travail de fonçage, à l'aide des perforatrices à air comprimé, fut poursuivi devant des difficultés croissantes de jour en jour, augmentées par le peu d'espace dont on disposait. A chaque volée, il fallait retirer les pompes électriques, puis les redescendre.

Après un total de onze mois de ce travail dangereux, exécuté jour et nuit et portant sur plus de deux années en raison des conditions climatiques, on atteignit 18^m50 grâce à l'obstination acharnée des ingénieurs et aux grosses gratifications allouées aux ouvriers. A ce point, on dut abandonner le travail de forage du puits, car les pompes, travaillant par deux et même par trois, ne pouvaient plus faire face à la venue d'eau.

On gardait l'espoir de percer les 6,50 derniers mètres de bas en haut, à partir de la galerie de prise d'eau.

Dans celle-ci, on avait, dès le début, rencontré des infiltrations ; elles avaient augmenté à chaque mètre d'avancement et les ouvriers travaillaient avec de l'eau presque glacée à 4 degrés jusqu'aux genoux. La pente trop faible rendait impossible l'épuisement de la galerie par des pompes. La roche, très dure, nécessitait l'emploi d'explosifs puissants, que la température, très basse, rendait dangereux à manipuler. Après quelques accidents sérieux, suivis de mort d'hommes, les directeurs furent obligés de renvoyer plusieurs livraisons de dynamite et de faire usage d'explosifs insensibles au froid, mais moins puissants. Malgré ces précautions et les salaires alléchants offerts, les ouvriers se retiraient l'un après l'autre et le moment vint où les ingénieurs furent abandonnés à leurs seuls efforts. Ce furent eux qui percèrent les derniers mètres de rochers pour arriver au puits vertical. La jonction, qui présentait les plus grands dangers, fut accomplie sous un torrent d'eau le 24 novembre 1909.

La galerie sous pression fut enduite de béton et façonnée en tunnel cylindrique de 1^m80 de diamètre.

Vanne d'entrée. — Dans le puits, on installa une vanne de 1,60 x 1,60 équilibrée de façon à être manœuvrée aisément sous la charge de 50 mètres de hauteur d'eau qu'elle aurait à supporter une fois le plan d'eau du lac relevé à la hauteur jugée nécessaire.

La jonction de la galerie horizontale avec le puits au niveau désiré constituait une importante victoire. L'étape suivante consistait à percer, dans le prolongement de la première, une galerie horizontale, aussi loin que possible, et à tenter de faire sauter la cloison la séparant du lac. Les infiltrations furent telles, qu'on ne put aller au-delà de 13 mètres. En ce point, on creusa une chambre de mine en forme de Z renversé à gauche du tunnel. On ne pouvait avoir une idée précise de la distance exacte qui séparait les travailleurs du lac, car on ne pouvait employer des scaphandriers et les sondages n'indiquaient que le contour du talus et non la roche cachée sous les débris accumulés pendant des siècles.

On décida de donner à la charge un rayon d'action de 20 mètres et, pour cela, la chambre fut garnie de deux tonnes de gélatine à 93 pour 100 de nitroglycérine. Tout le zigzag fut garni de maçonnerie de ciment et, par mesure de précaution, le puits et la galerie furent en outre remplis d'eau au moyen d'un siphon qui puisait dans le lac.

Ces préparatifs prirent deux mois et, le 2 février 1910, la charge fut enflammée avec un courant à 3.000 volts.

Le son de la détonation donna instantanément aux mineurs l'impression d'un « raté ». Un moment après, les neiges tombèrent en avalanches des montagnes voisines, tandis que des tonnes d'eau, mêlées de maçonneries, de charpentes, de machinerie et de tuyauterie étaient vomies par la galerie supérieure et allaient tomber au loin dans le lac.

Le gaz, trouvant une fissure dans la roche, avaient suivi la faille sur une diagonale allant d'arrière en haut et ouvert une longue et nette crevasse de 200 mètres cubes, tout en projetant le bourrage, et en laissant absolument nus le puits et la galerie supérieure.

L'échec de l'essai de sautage ne laissait aux ingénieurs d'autre choix que l'ouverture de la paroi par étages, jusqu'au niveau de la galerie de prise d'eau.

Ce fut le parti que l'on adopta et l'on se mit au travail sous la menace des éboulements et des chutes de pierres qui mettaient constamment en danger la vie des ouvriers.

Le travail était poursuivi dans l'eau et la glace par des températures atteignant 20 degrés au dessous de zéro ; les opérations qui se terminèrent en 1912, après cette terrible expérience de huit mois de travail répartis sur trois campagnes, ne pouvaient, on le conçoit, être exécutées que pendant quelques semaines, chaque année.

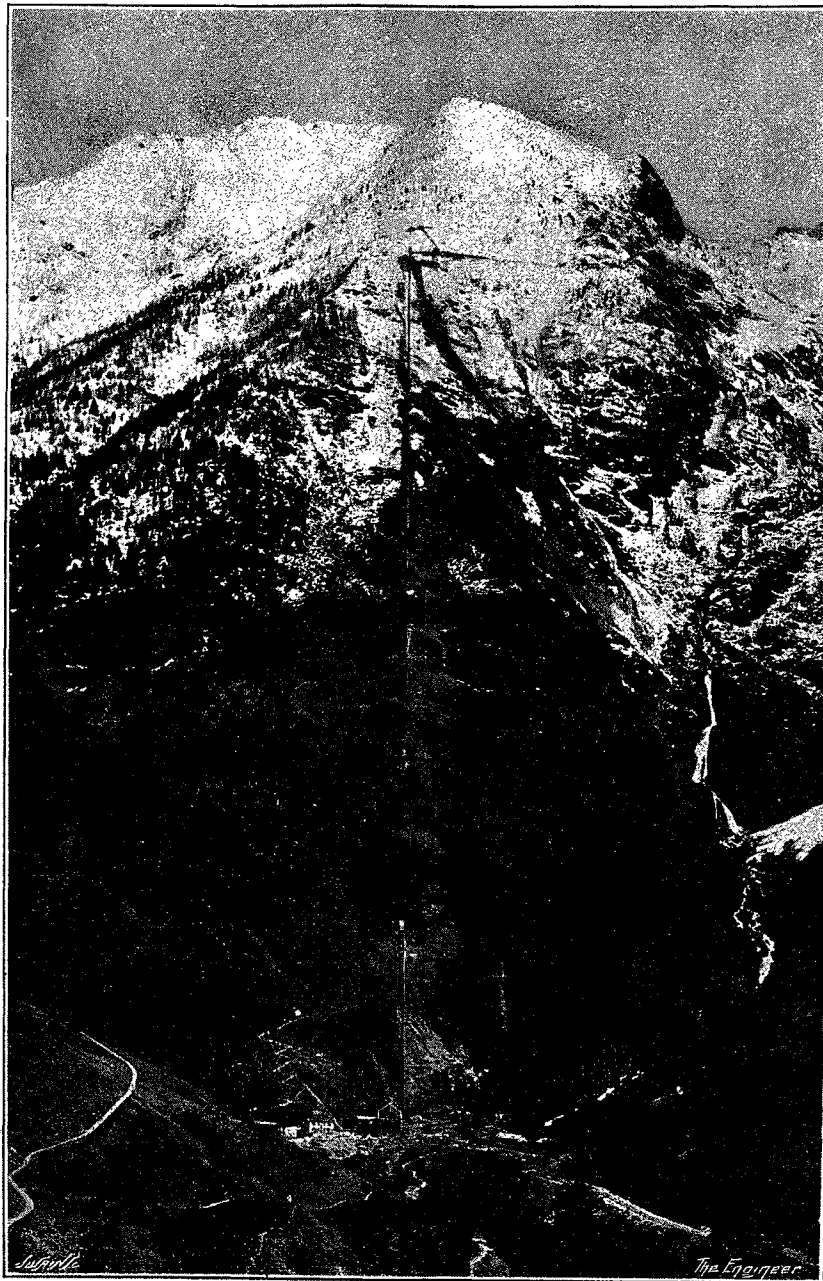
Pompes flottantes. — En attendant que la galerie de prise d'eau fût percée, l'installation des turbines et des machines étant achevée ainsi que la pose des conduites forcées, il était indispensable de leur envoyer de l'eau. Pour cela et aussi pour faciliter l'ouverture de la tranchée dans la paroi du lac, on installa sur un bateau une baraque en bois abritant six groupes moto-centrifuges absorbant ensemble 600 chevaux et débitant 3 000 litres par seconde. Cette organisation coûta 20 000 francs ; elle permit d'abaisser le niveau du lac assez bas pour qu'on pût poser en avant du puits 50 m. de tuyaux de 1^m50 de diamètre formant le commencement de la galerie. En tête de cette conduite on plaça une grille destinée à empêcher l'entraînement des débris dans les turbines.

Un croquis fait par M. Vassena montre dans quel ordre successif les travaux furent entrepris.

Les pompes resteront montées, elles formeront une partie permanente de l'ouvrage ; grâce à elles, on peut abaisser encore de 7^m au-dessous de la prise d'eau le niveau du lac, et c'est un volume supplémentaire de 2 000 000 de mètres cubes que l'on peut ainsi utiliser.

Déversoir. — Un premier mur avait été fait pour relever le plan d'eau du lac. La limite de résistance qu'il offrait ayant paru trop faible, on construisit une nouvelle digue de section trapézoïdale ayant 20 mètres de largeur à la base et 3 mètres au sommet ; elle est formée de blocs de 1 mètre cube et s'élève à 25 mètres au-dessus du niveau du lac.

Aménagement de l'Adamè supérieur. — Pour augmenter le volume d'eau reçu par le lac d'Arno, on a capté les eaux de l'Adamè ; ces eaux arrivent par un tunnel de 6 kilomètres à 180 mètres au-dessus du lac et alimenteront plus tard une troisième station devant utiliser l'énergie de l'eau avant qu'elle ne tombe dans le lac.



L'USINE D'ISOLA: ON VOIT LA CONDUITE SORTANT DE LA MONTAGNE.
A DROITE, LA POYA D'ARNO, ÉMISSAIRE DU LAC.

Event de sécurité. — Pour garantir le tunnel en pression contre les effets de la houle sur le lac, on a foré près de son extrémité, à 92 mètres en deçà de l'origine de la conduite forcée, une cheminée ou évent de 61^m35 de hauteur, dépassant de 5 mètres le niveau du lac. Cette cheminée est garnie dans sa partie inférieure d'une sorte d'entonnoir en tôle qui se raccorde avec la conduite métallique placée dans le tunnel. Cette conduite, de 1^m80 de diamètre, se termine par une pièce en forme de V dont l'un des bras est fermé par un joint plein.

Le second bras est relié par des vannes commandées électriquement aux 2 conduites forcées actuellement montées.

CONDUITES FORCÉES. — Quoique la réalisation de la chute supérieure en 2 étages n'eût pas nécessité une dépense plus élevée et qu'elle eût permis de bénéficier d'un grand nombre d'exemples, la Société de l'Adamo, confiante dans les constructeurs chargés de la partie hydraulique de l'entreprise, accepta leurs propositions et se décida à utiliser l'eau d'un seul jet. La longueur de la canalisation, mesurée en projection horizontale, est de 1 198 m. 50.

Le volume d'eau à débiter et la vitesse, sous une pression de 93 atmosphères, nécessitaient une conduite de grand diamètre et de très forte épaisseur. On préféra adopter une distribution au moyen de quatre conduites parallèles. On avait ainsi la possibilité de proportionner la dépense aux besoins immédiats.

Nature de la tuyauterie. — La longueur totale de la canalisation est de 1 470 mètres ; elle est divisée en cinq sections :

1^{re} section, partant de la galerie de prise d'eau, tuyaux rivés de 800 millimètres de diamètre, épaisseur croissante de 7 à 14 millimètres ;

2^e section, tuyaux soudés, assemblés à couvre-joint à double clouure ; diamètre, 750 mm. ; épaisseur 11 à 17 mm. ;

3^e section, tuyaux de même construction que les précédents ; diamètre, 700 millimètres ; épaisseur, 17 à 23 mm. ;

4^e section, tuyaux soudés, assemblés par brides avec insertions de joints de caoutchouc (on sait comment ils sont faits) ; diamètre, 650 mm. ; épaisseur, 22 à 30 millimètres ;

5^e section, mêmes dispositions que pour la 4^e section ; diamètre, 620 m/m. ; épaisseur, 29 à 32 millimètres.

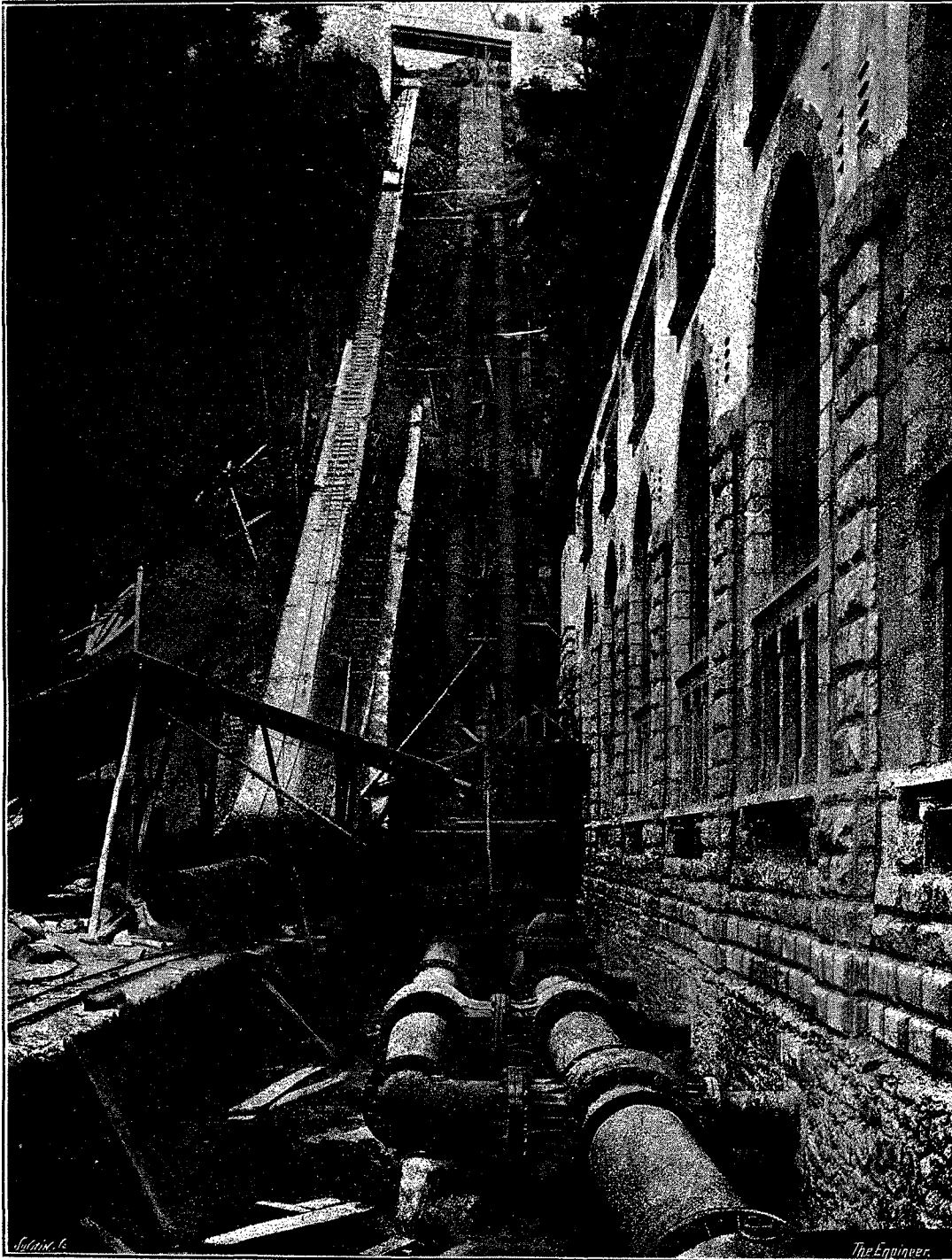
Les tuyaux sont faits en tôle d'acier Martin, d'une résistance de 36 à 40 kgs par millimètre carré, avec un coefficient d'allongement de 30 pour 100. Les longueurs des tuyaux étaient de 6 mètres. Les tuyaux furent éprouvés à l'atelier à des pressions allant jusqu'à 135 atmosphères, et, à la fin de la construction, à 93 atmosphères.

La canalisation est tenue par huit ancrages. Au-dessous de chacun d'eux sont placés des joints de dilatation avec presse-étoupe. Elle passe à travers six tunnels percés dans la roche, le plus long a 150 m. ; sur le reste de la longueur, elle est tantôt en tranchée, tantôt à la surface du sol.

Tuyaux de dis-

tribution. — Les tuyaux ont 556 millimètres de diamètre et 32 millimètres d'épaisseur ; ils sont réunis de telle façon que l'un quelconque d'entre eux peut alimenter toutes les turbines de la station.

La voie funiculaire qui grimpait au flanc de la montagne était à l'écartement entre rails de 50 centimètres ; elle était placée entre la rampe préparée pour les futures conduites et les conduites en cours de montage ; elle servit à transporter le personnel et les matériaux, un seul wagonnet assurant le va-et-vient. La voie avait 1.600 mètres de longueur,



PARTIE INFÉRIEURE DE LA CONDUITE FORCÉE ET TUBULURE DE DISTRIBUTION DE LA STATION DE CEDEGOLO.

per les aubes et frapper le chéneau de fer qui conduit l'eau au canal de fuite. Pendant ce mouvement, l'aiguille piriforme en acier au nickel avance doucement, suivant l'axe de la buse, et règle le jet, tandis que la buse remonte à sa position normale.

Ce mode de réglage est supérieur au système par *by-pass*, ou au réglage par simple déviation, parce qu'il amoindrit le coup de bélier tout en économisant l'eau.

Le régulateur à huile comprimée agit sur l'aiguille de réglage, pour les petites variations, et sur la buse pour dévier le jet quand il est nécessaire d'arrêter brusquement la turbine.

Les essais de rendements faits en mai 1912, en vue de



BASSIN DE MISE EN CHARGE SUR L'ADAMÈ, VIDE.

l'allocation de la prime prévue aux constructeurs, montrèrent que les turbines donnaient un rendement de 80 p. 100 à la charge minimum de 2 000 chevaux, 88 p. 100 à la charge normale de 5 500 chevaux, le rendement décrût un peu pour la charge maximum de 7 500 chevaux. Le rendement avait une importance capitale ; en effet, au prix de vente de 4 centimes le kilowatt-heure, chaque centième de rendement représente un gain annuel de plus de 28 000 francs.

Le rendement fut établi en faisant débiter les génératrices triphasées sur des résistances d'eau et en mesurant les caractéristiques du courant. Un réservoir de 3 mètres de profondeur recevait l'eau des turbines et formait matelas ; le volume d'eau débitée était automatiquement enregistré par un compteur placé sur le canal de fuite qui sert de prise d'eau à l'usine aval de Cedegolo.

Nous ne nous arrêterons pas à la description des machines électriques qui nous entraînerait trop loin et n'offre pas d'intérêt spécial dans l'aménagement de la chute.

Nous dirons seulement que les alternateurs manchonnés aux turbines donnent directement du courant triphasé à 42 périodes, sous une tension de 10 à 12 000 volts, et que les excitatrices sont des machines à grande vitesse angulaire, à pôles auxiliaires et à collecteurs très longs et *frettés par trois baques* d'acier.

INSTALLATION DE LA STATION DE CEDEGOLO

En sortant de la salle des machines d'Isola, sur le terrain où sont les maisons des ingénieurs et des ouvriers, on se

trouve devant le réseau des canaux munis de vannes qui servent à la mise en charge de l'usine de Cedegolo.

Le canal de fuite des turbines d'Isola se décharge dans un canal de jaugeage par déversoir. Celui-ci reçoit les eaux réunies des torrents Salarno et Adamè et, à quelques mètres de là, la Poggia d'Arno. A partir de ce point, les trois affluents de la Poggia coulent dans un seul canal de 1^m80 de largeur, et forment une lame d'eau de 1^m60 de hauteur.

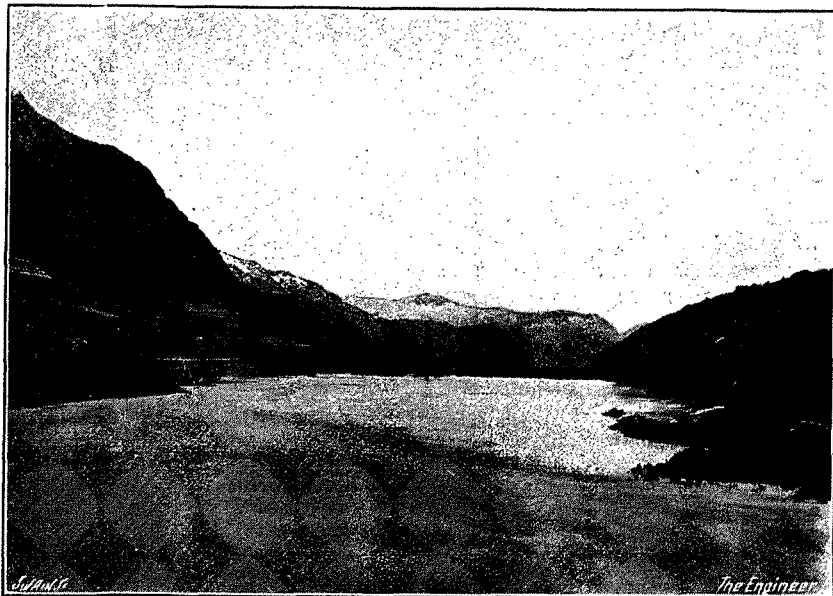
Le canal suit le flanc de la montagne avec une pente de 2 pour 100 et passe du versant de la Poggia dans celui de l'Oglio par un parcours de 4 595 mètres, au milieu duquel on a ménagé un déversoir.

Le canal est construit partiellement en maçonnerie de moellons et de ciment et partiellement en béton enduit de ciment. La paroi extérieure en a 70 centimètres d'épaisseur, mais plus de la moitié de la longueur passe dans 5 tunnels.

Au sortir du dernier, l'eau traverse une grille et entre dans un bassin régulateur de mise en charge qui forme la tête de la conduite inférieure.

Cette conduite mesure 1 078^m85 de longueur, et suivant la hauteur de l'eau dans le bassin régulateur, la différence de niveau entre la surface de la nappe et les buses des turbines varie de 467^m28 à 474^m36.

Le système de captage est ingénieux. Les torrents Adamè et Poggia d'Arno qui descendent du glacier d'Adamello, l'un tout contre le bâtiment de la station d'Isola et l'autre du côté opposé, sont barrés par de solides murs de 2 m. de hauteur et de 2^m50 d'épaisseur, reposant sur des fondations en béton de 1 mètre de profondeur, jetées à même les lits des torrents.



BASSIN DE MISE EN CHARGE SUR L'ADAMÈ, PLEIN.

Ils ont sur la rive gauche deux déversoirs que l'on règle, à la hauteur voulue, au moyen de madriers placés ou retirés à la main.

Quant au Salarno, il fallut le capter au village de Frésine, à une altitude assez grande pour pouvoir le ramener à Isola. On dut lui faire rebrousser chemin parallèlement à la Voglia dont il est un affluent.

La prise d'eau est formée par un barrage de 4 mètres de hauteur avec deux vannes de 1^m20 d'ouverture sur la rive gauche du torrent. L'eau est conduite dans un canal de béton enduit de ciment de 1 563 mètres de longueur, dont

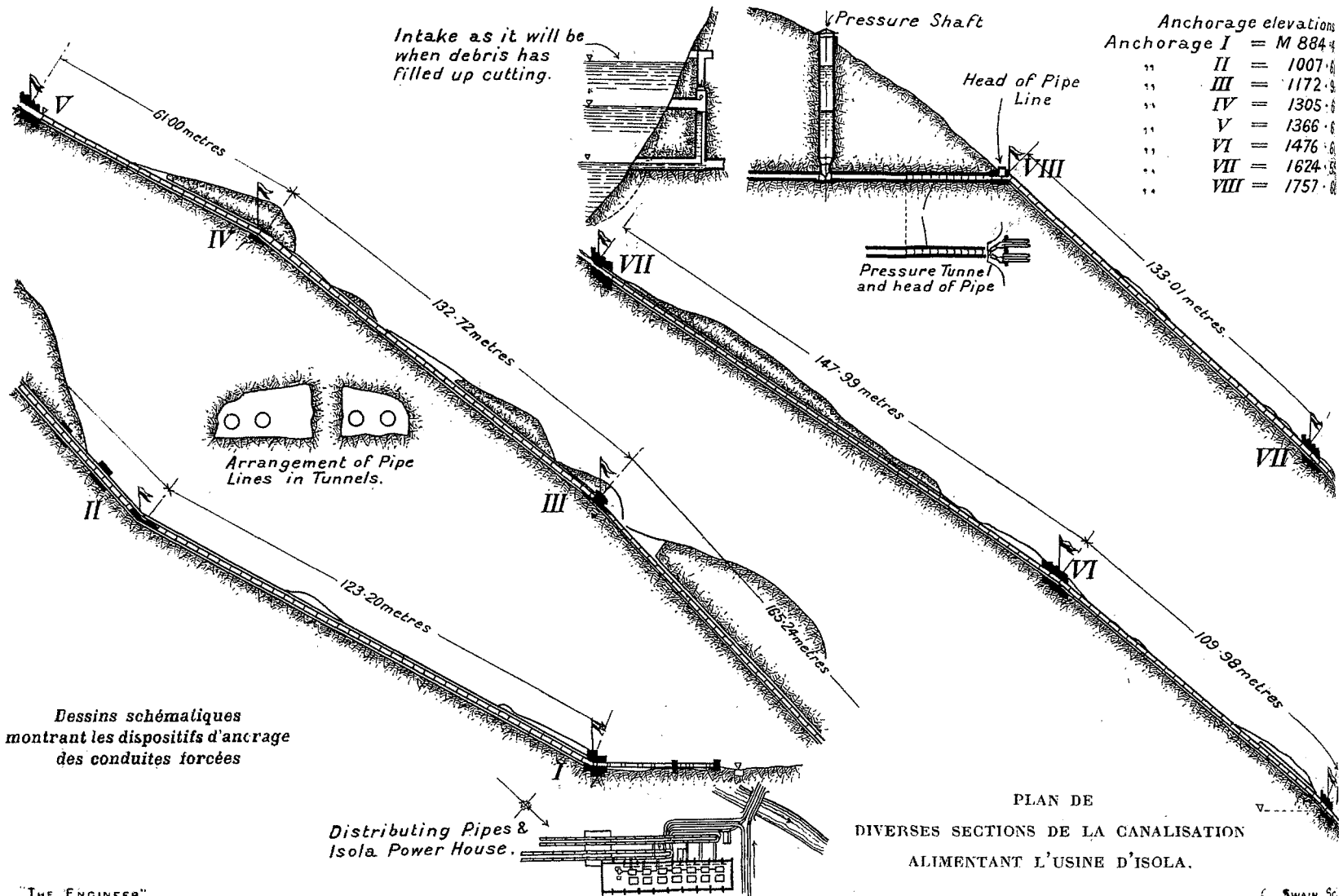
plus de 600 mètres en tunnel dans le rocher ; le reste en est, en partie, couvert et en partie en tranchée ouverte. La pente du canal est de 1,5 à 2 pour 100. La largeur du canal est d'abord de 2^m25, elle est ensuite rétrécie à 1^m50. La nappe d'eau a normalement 1^m60 d'épaisseur.

Le canal suit d'abord la rive gauche du Salarno, passe sous la route, débouche dans le bassin de la Poggia et, longeant la rive droite de celle-ci, coule dans une direction opposée à la sienne, tantôt en tunnel, tantôt à découvert, presque jusqu'au village d'Isola. A ce point, il traverse l'Adamè sur un pont, reçoit ensuite la dérivation de celui-ci traverse en tranchée couverte les champs d'Isola et devient

utilisée pour en stabiliser les murs sur leurs fondations.

Bâti comme il l'est sur le seul espace que l'on ait pu rencontrer, étroite marche naturelle sur la pente rapide de la montagne, tout décimètre perdu dans l'épaisseur des murs du côté de la vallée représentait une augmentation coûteuse de fouille du côté de la montagne, ou bien conduisait à la construction de murs de section trapézoïdale de hauteur et d'épaisseur à la base impraticables. Le sol rocheux, coupé de larges fissures, offrait encore d'autres difficultés.

On renonça à l'emploi de maçonnerie ; M. Danioli, ingénieur à Milan, spécialiste de constructions en béton, étudia un réservoir en ciment armé, n'ayant qu'un léger mur exté-



Dessins schématiques montrant les dispositifs d'ancrage des conduites forcées

"THE ENGINEER"

(SWAIN, Sc)

le canal de fuite de cette station ; il reçoit alors l'eau provenant de la Poggia d'Arno et conduit toutes ces eaux au bassin régulateur servant de mise en charge à la conduite de l'usine de Cedegolo.

Le canal aboutit à une chambre partagée en deux par une cloison de béton armé de 3^m40 de largeur, avec deux murs reliés par des tirants, munis de six ouvertures de 2 mètres de hauteur sur 1^m20 de largeur, s'ouvrant à volonté sur le réservoir compensateur ou sur la chambre de mise en charge, et capables, en outre, d'établir une communication entre eux.

Le réservoir compensateur, contenant près de 20 000 mètres cubes d'eau, suffit pour alimenter les turbines de Cedegolo pendant deux heures, à raison de 3 700 litres par seconde en cas d'accident motivant un arrêt à la prise d'eau.

La construction de ce réservoir est extrêmement intéressante, la composante verticale de la pression statique étant

rieur de 40 centimètres d'épaisseur à la base et 15 centimètres d'épaisseur à la crête. Ce mur repose en partie sur la roche, en partie sur deux voûtes de 5 mètres d'ouverture et une troisième de 8 mètres, jetées au-dessus des fissures.

On réalisa ainsi non seulement une économie dans la construction, mais encore un gain considérable de capacité du réservoir dont la superficie est de 2 100 mètres carrés ; le fond, fait en brique, est incliné vers la vanne de la cloison qui sépare le réservoir de la chambre de mise en charge de la conduite forcée.

Une conduite spéciale permet de vider le réservoir pour le nettoyer ou y faire des réparations.

L'une des parois est formée par la montagne revêtue de maçonnerie jusqu'à 2^m80 de hauteur. Du côté de la vallée, la paroi est formée par le mur léger en question. Mais ce mur ne supporte pas seul toute la charge, il ne constitue

en effet que l'une des parois d'un mur creux de construction très ingénieuse. A 4 mètres de distance du mur extérieur est un second mur semblable, en béton armé, relié au premier par des cloisons verticales et des cloisons horizontales qui forment des alvéoles dans lesquelles l'eau du réservoir pénètre par des ouvertures ménagées dans le mur intérieur. Ces alvéoles mesurent 4 m. \times 3 m. \times 2^m35, elles sont dispo-

et sont rivées, les suivantes ont 13 à 26 millimètres et sont soudées au gaz à l'eau.

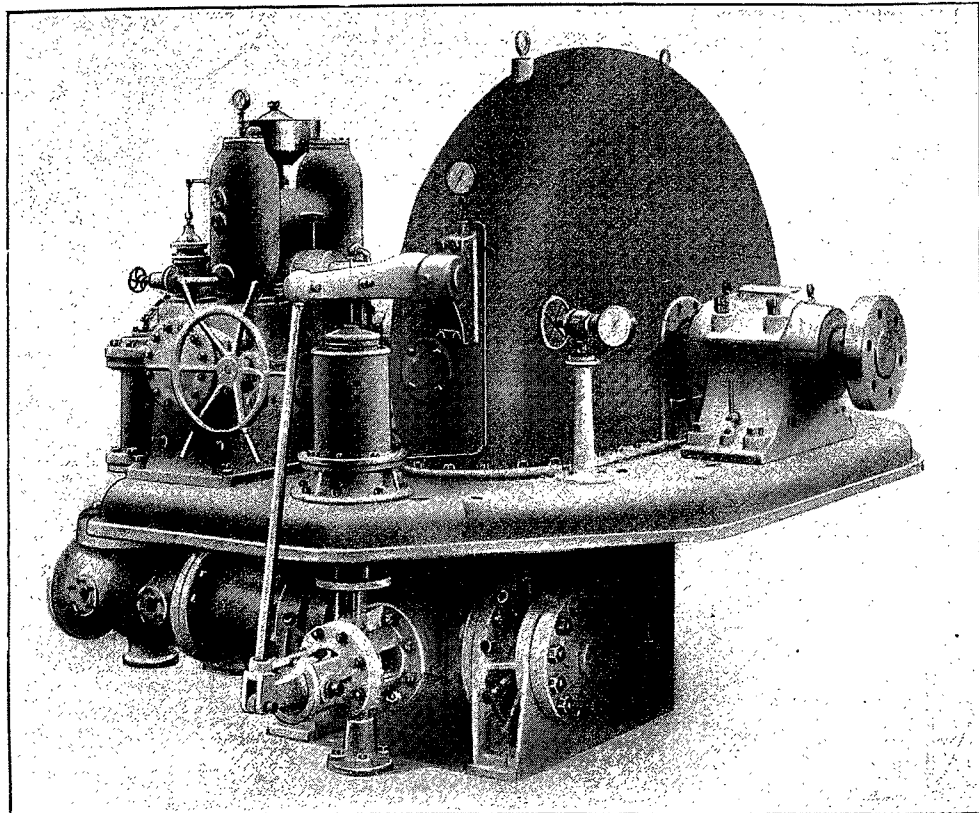
Les joints de dilatation sont à presse-étoupes avec garnitures de chanvre suiffées, ils sont calculés pour une différence de 40 degrés entre la température minima et celle du moment où les tuyaux ont été mis en place.

Onze trous d'hommes permettent de visiter chaque conduite. Une vanne placée au bas des conduites avant le tuyau de distribution permet de les vider sans avoir à en faire passer l'eau par les turbines.

Les conduites sont placées, sur toute leur longueur, dans une tranchée taillée dans le roc ; elles sont absolument rectilignes en projection ; elles reposent sur des socles en fonte et présentent treize points de changement de pente. A chacun d'eux, on a fait un ancrage au moyen de tirants scellés dans la maçonnerie.

La voie à traction funiculaire qui a servi au transport des tuyaux a 50 centimètres d'écartement comme celle d'Isola au lac d'Arno, mais à l'inverse de celle-ci elle fonctionne avec deux vagonnets s'équilibrant et a un croisement en double voie en son milieu. Elle a 1056^m26 de longueur, la différence d'altitude entre ses deux extrémités est de 926^m66, ce qui donne une pente moyenne de 52 pour 100, mais la pente maxima atteint 93 pour 100.

Le câble d'acier aux extrémités duquel sont accrochés les vagonnets a 25 millimètres de diamètre, sa résistance à la rupture



VUE D'UNE TURBINE PELTON DE 6500 CHEVAUX.

sées en trois rangs, et leur capacité totale est de près de 4000 mètres cubes, qui vient augmenter d'autant le volume du bassin et dont le poids pèse sur les murs et augmente leur stabilité sur leur fondation, dont la profondeur n'est que de 65 cm. Le développement de ces murs a 130 m. et leur construction fut exécutée en cent journées environ.

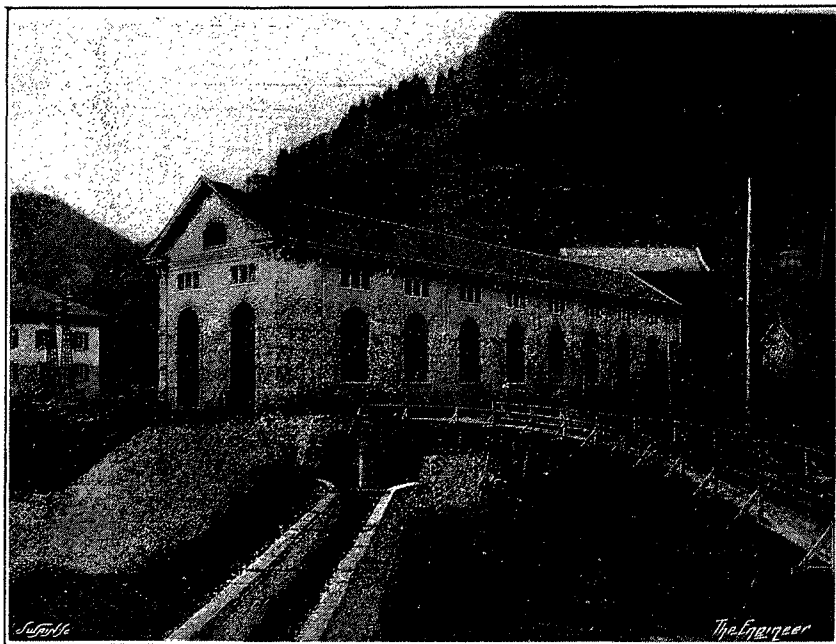
La chambre de mise en charge, dans laquelle peut être vidé le bassin compensateur, a 10^m85 de longueur, 5^m25 de largeur et 10 mètres de profondeur. Le radier en béton repose sur une fondation rocheuse. Le mur extérieur a 5^m50 à la base et 2 mètres d'épaisseur à la crête.

Dans le bas du mur sont scellées les premières longueurs des trois conduites forcées. L'entrée des conduites est garnie de grilles.

Deux conduites seulement ont été montées, la tête de la troisième est fermée extérieurement par un joint plein.

Les deux conduites mises en place sont munies de reniflards de 50 cm. de diamètre et 10 m. de hauteur, dépassant de 1 mètre la hauteur maximum de l'eau dans la chambre.

Les tuyaux sont divisés en trois sections d'environ 300 m. chacune et ont 1030, 900 et 835 millimètres de diamètre. Ils sont faits en tôle d'acier Martin pour chaudières, d'une résistance de 38 à 40 kilogrammes par millimètre carré et d'un coefficient d'allongement de 24 pour cent. Les viroles des premières sections ont de 5 à 16 millimètres d'épaisseur



VUE GÉNÉRALE DE LA STATION GÉNÉRATRICE D'ISOLA.

est de 7500 kilogrammes, mais on ne l'a jamais soumis à une charge excédant 5000 kilogrammes.

Un moteur électrique de 60 chevaux fait fonctionner le câble et lui imprime une vitesse en rapport avec la charge des vagonnets. La machinerie comporte deux freins actionnés soit à la main, soit par un électro-aimant.

Les conduites de distribution ont 38^m85 de longueur, elles forment le prolongement des deux conduites forcées actuel-

de ce côté des Alpes que M. Aristide Bergès, en 1869, à Lancey, M. Charles Chevrant, en 1888, à Revel, et M. Bravet, en 1894, à Chapareillan, ont fait les premières installations de hautes chutes.

Après ces pionniers, admirablement secondés et aidés par les constructeurs de Grenoble, les Bouchayer et Viallet, les Joya, les Brenier-Neyret, les Bouvier, etc..., la voie était tracée, les principes posés et les éléments de calcul appuyés sur des faits écartant toute incertitude.

Nous pouvons applaudir aux succès des ingénieurs qui ont aménagé les chutes de l'Adamello, parce que nous pouvons constater avec satisfaction que les ingénieurs et les constructeurs français, en réalisant la chute d'Orlu (936 m.) dans l'Ariège et celle, presque verticale, de la Corbière (736 m.) en Savoie, ne se montrent point inférieurs en science, en audace et en habileté à leurs confrères transalpins.

LA NAVIGATION INTÉRIEURE EN SUISSE

Notre excellent confrère le *Bulletin technique de la Suisse Romande* publie une intéressante étude de M. A. PARIS-WEITZEL sur les grands projets de navigation intérieure qui sont actuellement discutés en Suisse. Nous en extrayons les renseignements suivants :

Le Conseil des États suisses est saisi du projet de législation fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques, qui passera ensuite devant le Conseil national. Les Chambres vont donc prendre des dispositions lourdes de conséquences sur l'avenir de la navigation sur les rivières suisses.

Nous avons signalé les grands travaux qui s'exécutent dans la Suisse romande, en particulier le canal d'Enteroche, qui est l'amorce de la grande voie navigable du Rhône au Rhin en passant par les lacs jurassiens, l'Aar et le Rhin de Bâle à Constance. C'est cette dernière partie de cette voie que les nouveaux projets de loi intéressent tout particulièrement.

L'étude de l'aménagement des forces motrices du Rhin est entrée dans une phase décisive. Tout récemment on a achevé la construction des usines d'Augst-Wylen, dont le barrage retient une hauteur d'eau de 8 m. environ et forme en amont un lac de 7 km. de long. Le capital investi de 22 millions en fait un ouvrage définitif. Et ce n'est que grâce aux efforts personnels des partisans de la voie d'eau que l'écluse d'Augst a été construite en vue de la grande navigation. Le projet portait une écluse pour petits chalands et flottage, dont le coût eût été de 450 000 francs. La grande écluse n'a pu être construite qu'ensuite d'apport de la différence de 400 000 francs, moitié par la Suisse, et moitié par le Grand Duché de Bade. Il est inadmissible que la Société, qui va s'enrichir en exploitant le bien commun, se soit fait payer près d'un demi-million pour respecter la navigabilité actuelle en ce point du Rhin. Le fait est d'autant plus singulier que la navigation internationale sur ce point était garantie par les traités (Vienna 1815 et traité entre la Suisse et le Grand Duché de Bade 1879). Sans l'énergie de l'ingénieur Gelpke, de Bâle, en particulier, c'est un million qu'il eût fallu déboursier d'ici quelques années peut-être pour rendre au Rhin sa navigabilité pour les grands chalands.

L'expérience est malheureusement faite actuellement à Laufenburg. L'écluse insuffisante devra inévitablement être prolongée à grands frais plus tard, aux dépens du pays, et ceci pour remédier aux économies d'une société montée au capital de 40 millions. Et comme il y a en ce moment cinq grands barrages sur le point de se construire sur le Rhin,

la Suisse se demande avec inquiétude quelle attitude la Confédération prend vis-à-vis des sociétés auxquelles elle s'apprête à donner des concessions désormais. Est-elle armée pour exiger le respect du bien public ? Le sera-t-elle après le vote de la loi en discussion ? Rien n'est moins certain. En effet, l'article 6 intitulé « Protection de la navigation en général » dit que « les usines hydrauliques seront construites de façon à ne pas entraver la navigation dans la mesure où elle existe ». Or, le fleuve, dans l'état actuel, avec ses rapides ne permet pas la grande navigation intérieure, mais une fois ces rapides apaisés et sa beauté, patrimoine national, en partie perdue, le fleuve sera de fait une série de lacs, et il serait facile de les mettre en communication suffisante entre eux pour permettre à la grande navigation existant en aval de profiter de ces nouvelles circonstances pour se prolonger en amont, et pénétrer au cœur de la Suisse. Cette légitime compensation à la concession serait juste et admise sans difficulté par les requérants avant la signature du contrat. L'Autorité devrait seulement avoir le droit d'en demander l'exécution gratuite. Ce droit, c'est à la loi en discussion de l'octroyer sans limitation au pouvoir central, conseillé par des techniciens experts. Si les Chambres n'y veillent, la Suisse se trouvera dans quelques années coupée de la mer par des écluses insuffisantes, et obligée de transborder les grands chalands sur des bateaux proportionnés à ses petites installations. A moins toutefois qu'elle ne préfère, à chaque nouvelle construction, répéter le paiement des indemnités réclamées par la Société d'Augst, pour exécuter après signature du contrat, ce qu'elle aurait fait gratis si on l'avait demandé à temps. Il s'agissait pour elle d'une augmentation de moins de deux pour cent de son capital de premier établissement. Les dividendes eux-mêmes ne s'en seraient pas ressentis.

La navigation intérieure sur chalands suisses neutres peut seule la garantir contre l'embargo en cas de guerre européenne. On se représente la disette qui s'en suivrait, et ce que deviendrait son indépendance lorsque toutes ses frontières seraient fermées, et que les approvisionnements seraient impossibles. La navigation internationale, neutralisée par les traités, est la vraie solution suisse de la question des farines en particulier. Et le moyen de la mettre sur pied à bref délai est bien de lui assurer d'ores et déjà les outils dont elle a besoin, sans lui occasionner par la suite des frais qui mettraient sa justification financière en question.

Cette justification ne saurait en effet tarder. La première année d'exploitation, 1900, indiquait un trafic Strasbourg-Bâle de 300 tonnes. La dixième année, 1909, on notait 40 819, et l'année courante, 1913, indique un apport à Bâle supérieur à 100 000 tonnes, soit 150 pour 100 de plus qu'il y a quatre ans. Une fois la régularisation du lac de Constance assurée, ce trafic, qui se borne à 200 jours en aval de Bâle, sera assuré pour la majeure partie de l'année, si ce n'est pour l'année entière. Ce grand centre commercial sera alors en communication à peu près constante avec l'Océan, et l'on ne verra plus se reproduire des arrêts prolongés des approvisionnements en Allemagne, comme le fait s'est passé au cours de la crise balkanique, où 1 500 wagons de blé, achetés par la Confédération, furent retenus deux mois aux entrepôts de Mannheim, sous prétexte de manque de matériel roulant. Cette masse énorme de farine n'aurait-elle pas été peut-être la bienvenue pour l'armée allemande en cas de conflit occidental européen ?

Notre confrère demande avec raison que l'article visé plus haut soit modifié et remplacé par la rédaction suivante :