LA HOUILLE BLANCHE

REVUE GÉNÉRALE DES EMPLOIS COORDONNÉS

DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE ET DE LA HOUILLE NOIRE

NOUVELLE SÉRIE. — VINGTIÈME ANNÉE
N° 173. — Novembre-Décembre 1921

SOMMAIRE N° 173

C'est la coordination des emplois de nos Forces hydrauliques et de notre Charbon qui rendra son indépendance à l'Industrie française.

L'Usine hydroélectrique Drac-Romanche, à Pont-de-Claix (Isère) P. DUCREST, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Directeur de la Société Drac-Romanche. — Sur la variation des pluies et des condensations occultes d'après l'altitude (Paul DESCOMBES, Ingénieur en chef honoraire des Manufactures de l'Etat). — Méthode générale de calcul des enveloppes cylindriques à section non circulaire (P. CAYÈRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.). — Suggestions (Lieutenant-Colonel AUDEBRAND, ancien élève de l'Ecole Polytechnique). — Le laboratoire d'essais à 200.000 volts de la rue du Monestier-de-Clermont, à Grenoble (V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.). — Les traitements électrothermiques et électrolytiques des minerais de zinc (Albert BORDEAUX, Ingénieur civil des Mines). — Observations sur les tarifs maxima des concessions d'énergie hydraulique (Paul BOUGAULT, Avocat à la Cour d'Appel de Lyon). — Documentation. — Bibliographie.

L'USINE HYDROÉLECTRIQUE DRAC-ROMANCHE A PONT-DE-CLAIX (ISÈRE)

En effet, il était à prévoir que l'énergie disponible sur les réseaux de la région de Grenoble deviendrait bientôt insuffisante pour satisfaire à ces besoins et l'aménagement d'une nouvelle force d'au moins 8 à 10.000 HP [moyens s'imposait, .

Vue générale.

L'aménagement de la chute sur le Drac, entre le Saut-du-Moine et les ponts de Claix, fut décidé en 1916 en vue de donner satisfaction aux besoins de force motrice des usines nouvellement construites ou projetées dans le voisinage de l'agglomération industrielle de Pont-de-Claix.

Les chutes les plus économiques de la basse vallée du Drac et de la Romanche ayant été les premières aménagées, on pouvait envisager d'aller chercher cette force dans la haute vallée de ces deux rivières, mais le coût élevé de l'établissement d'une longue ligne de transport à haute tension

PRINCIPAUX ARTICLES DES NUMÉROS PROCHAINS :

SYLVESTRE. . . Des diverses applications des régulateurs automatiques à action rapide et des méthodes de branchement correspondantes.

BOILEAU..... Chauffage et cuisine électriques par accumulation.

WATERNAUX... L'usine nationale hydro-électrochimique de Lanne-mezan.

BOUGAULT.. . Les procès engagés par ou contre les concessionnaires. — Question des Tribunaux compétents.

NOTE. — La *Houille Blanche*, par ses articles, est la continuelle mise à jour des livres de M. BOUGAULT : La Législation nouvelle des Chutes d'Eau et le Manuel des Autorisations de Voirie.

Entre le Saut-du-Moine et le Pont-de-Claix, le Drac, sur un parcours de 3.200 mètres environ, présente une

Il est vrai que l'on avait à tenir compte de l'établissement, certainement très onéreux d'un barrage sur une rivière extrême-

mement difficile à capter, ainsi que le démontrait l'expérience de la construction des barrages d'Avignonnet et de Champ, et cela pour une utilisation sur une hauteur assez faible, mais il était à prévoir que ce barrage pourrait être utilisé dans la suite pour continuer la dérivation du Drac jusqu'à Grenoble, c'est-à-dire sur une hauteur totale de 54 mètres, sans nouveaux travaux en rivière, et dès 1916, sur l'initiative du Service des Forces Hydrauliques, cette utilisation fut envisagée d'accord avec la Société des Forces Motrices du Drac Inférieur, qui venait d'obtenir la concession de la chute entre Pont-de-Claix et Grenoble.

En outre, il y a lieu de considérer que la chute Drac-Romanche bénéficie d'une certaine régularisation de débit provenant de la compensation du régime torrentiel du Drac par le régime glaciaire de la Romanche. Il résulte de cette compensation que dans les étés très chauds, alors que le débit du Drac tombe assez bas par suite de la faible étendue des surfaces glaciaires de sa haute vallée, le débit de la Romanche, soutenu par la fusion d'énormes champs de glace, se maintient assez élevé pendant les mois de juillet, août et même septembre. Par contre, la bassin du Drac étant à une altitude moyenne plus faible que celui de la Romanche, et en général mieux exposé au soleil, la fusion y est beaucoup plus précoce et le débit s'en ressent dès le mois de mars, soit près d'un mois avant celui de la Romanche ; en outre, en raison de l'altitude moyenne plus faible de la vallée du Drac et d'une plus grande imperméabilité des terrains, les pluies d'automne et d'hiver amènent très fréquemment des relèvements importants du débit de la rivière à une époque où celui de la Romanche reste relativement faible.

Le graphique ci-joint (fig 1) qui se rapporte à la période s'étendant du 1^{er} juillet 1918 au 30 juin 1920, met bien en évidence ce phénomène de compensation. Au cours de cette période, alors que les débits caractéristiques d'étiage du Drac et de la Romanche seuls, au Saut-du-Moine, étaient respectivement de 17 m³ et de 10 m³, celui du Drac, après le confluent, était de 31 m³. De même les débits caractéristiques moyens étaient respectivement 46 m³ pour le Drac et la Romanche pris isolément, alors qu'il montait à 79 m³ après le confluent. Ces débits caractéristiques, observés pendant cette période de 24 mois, sont d'ailleurs exactement les mêmes que ceux qui résultent de la coordination des observations faites depuis 1904 jusqu'à la fin de 1920 par le Service des Forces Hydrauliques avec ceux fournis par les usines de Rioupéroux et Séchilienne sur la Romanche, et d'Avignonnet sur le Drac pour la même période.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES OUVRAGES

L'aménagement de la chute Drac-Romanche comporte :

Un barrage mixte, immédiatement après le confluent, au Saut-du-Moine, avec une prise établie pour un débit de 80 m³ que l'on peut avoir pendant six mois en année moyenne ;

Un canal de dérivation à ciel ouvert sur 750 mètres de longueur ;

Une conduite forcée en ciment armé sur 1.450 mètres de longueur ;

Une usine génératrice installée pour une puissance de 13.000 HP environ ;

Un canal de fuite de 700 mètres de longueur.

BARRAGE ET PRISE D'EAU

Les dispositions d'ensemble du barrage et de la prise (figure 3) ont été étudiées en vue de tenir compte, dans la plus grande mesure possible, de l'expérience acquise au cours des aménagements antérieurs faits sur le Drac ou sur d'autres rivières à régime torrentiel d'une puissance analogue.

En raison de la quantité énorme de graviers et de limons charriés en période de crues, il y a lieu de prévoir les dispositions nécessaires afin de faciliter l'évacuation de ces matériaux vers l'aval, et d'éviter autant que possible leur introduction dans les ouvrages de prise. Il faut, en outre, prévoir la décantation et l'élimination des sables et graviers dont l'introduction n'aura pu être évitée.

Le barrage du Saut-du-Moine est établi en vue de faire la dérivation par la rive droite ; il est implanté un peu à l'aval de la partie étroite du défilé du Saut-du-Moine, en un endroit où le lit de la rivière a environ 160 mètres de largeur, ceci en vue, d'une part, de diminuer les risques au cours de la période de construction pendant laquelle on est amené forcément à diminuer le passage laissé aux crues, et d'autre part, de permettre l'établissement d'un réservoir de superficie assez important.

Ce barrage comprend essentiellement :

Une grande passe à graviers, fermée par une vanne Stoney de 16 mètres de largeur, sur 5 mètres de hauteur au-dessus du seuil ;

Quatre passes de 16 mètres, fermées par des vannes à secteur type Tintor, hautes de 3 mètres au-dessus de leur seuil ;

Enfin, un mur formant déversoir sur une longueur d'environ 60 mètres.

La vanne Stoney est du même modèle que celles déjà utilisées en France depuis de nombreuses années dans tous

Prise d'eau, passe à graviers et vanne Stoney — Vue de l'aval

les grands barrages. Sa partie mobile pèse environ 50 tonnes et elle peut se lever en quarante minutes environ par le moyen de deux treuils électriques commandés par un moteur de 50 HP.

Les vannes Tintor, qui ferment les autres pertuis, n'ont

l'aide d'un mécanisme très simple, peut à la rigueur effectuer tout seul cette opération.

Toutes les vannes et ouvrages métalliques du barrage et de l'usine ont été construits par les Etablissements Bouchayer et Viallet.

Fig. 3. — Plan d'ensemble du barrage et de la prise.

que trois mètres de hauteur au lieu de cinq ; ce sont des vannes équilibrées qui ont la forme d'un secteur de cylindre tournant autour de son axe (fig. 4). Les tourillons reposent en arrière et sur le sommet des piles. Les mem-

La construction des piles et des radiers de ces vannes a demandé des travaux considérables en dessous du lit de la rivière. Ce lit est, en effet, constitué par des graviers jusqu'à une profondeur dont on n'a pas idée, mais qui doit

Fig. 4. — Coupe longitudinale d'une vanne à secteur.

brures qui réunissent le secteur à l'axe se prolongent vers l'arrière pour soutenir un contrepoids articulé qui équilibre le poids de la vanne. Dans ce système, les efforts de l'eau sont reportés sur l'axe, et les poids sont équilibrés par rapport à l'axe, de telle sorte, que la levée de la vanne peut se faire avec le minimum d'effort. Un homme, à

atteindre, d'après les géologues, au moins 50 et peut-être plus de 100 mètres. Il ne fallait donc pas songer à appuyer les maçonneries sur le rocher, mais accepter de construire les fondations dans le gravier de la rivière ; on les a descendues à une profondeur de 8 à 10 mètres au-dessous du lit, de manière que leurs assises ne puissent pas être atteintes

par les plus grands affouillements de la rivière, lesquels, d'après les observations antérieures, ne dépassent pas 5 à 6 mètres.

On a pris, en outre, toutes les précautions indiquées par l'expérience et par l'art de l'ingénieur, en vue d'écarter les affouillements des endroits délicats des ouvrages et d'éviter aussi les infiltrations qui tendraient à se produire entre l'amont et l'aval du barrage.

En raison des difficultés résultant de la période de guerre, on a dû renoncer, pour descendre ces fondations, à l'emploi de caissons à air comprimé, parce que l'on ne pouvait se procurer ni les tôles, ni les ouvriers spécialistes nécessaires, et l'on a adopté des caissons en béton armé descendus par havages effectués à l'air libre grâce à l'emploi de pompes puissantes. Ce système avait déjà été employé avec succès en France, en 1909, dans la construction du port de Dieppe.

On n'hésita pas, sur les travaux du Drac, à construire des caissons ayant jusqu'à 20 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur intérieurs. Ces caissons avaient huit mètres de hauteur et pesaient plus de 100 tonnes. Pour assécher leur chambre de travail il a fallu souvent extraire de certains d'entre eux 700 ou 800 litres d'eau à la seconde. La force motrice nécessaire, qui atteignait plusieurs centaines de HP pour l'ensemble des travaux, était fournie par l'usine de Séchilienne, sur la Romanche.

Dans le système de barrage employé au Saut-du-Moine, la passe à graviers a été reportée à l'aval de l'ensemble des ouvrages de toute la longueur des orifices de prise, c'est-à-dire, en l'espèce, d'une centaine de mètres. Cela a permis de créer le long de cette prise un chenal assez étroit qui servira d'avant chambre de décantation pour les gros graviers. Des levées de la vanne Stoney effectuées en temps opportun permettront de produire des chasses qui évacueront ces graviers vers l'aval et éviteront ainsi leur entrée dans la dérivation.

Les orifices de prise ont leurs seuils élevés de 1 m. 50 à 2 mètres au-dessus du fond de la passe. Ils sont au nombre de douze ayant chacun 6 mètres de longueur et 2 mètres de hauteur mouillée en moyenne. En avant de ces orifices de prise, du côté de la passe est placée, sur 100 mètres de longueur, une grille à barreaux espacés de 0 m. 075, en vue d'arrêter les corps flottants dont le passage pourrait être nuisible aux turbines.

Après avoir franchi le seuil de prise et traversé la chambre de prise, les eaux entrent dans une vaste chambre de décantation ayant 100 mètres de longueur sur 34 mètres de largeur et 6 mètres de profondeur, dans laquelle elles déposeront la plus grande partie des sables qu'elles tiennent en suspens aux époques de pluie et de fonte des

neiges. Au-dessus de cette chambre sera placée une sorte de portique roulant électrique muni d'une benne preneuse qui permettra d'enlever les sables déposés pour les rejeter dans la rivière.

DÉRIVATION

Le canal de dérivation part d'abord à ciel couvert sur une longueur d'environ 800 mètres ; il peut être fermé en quelques instants par une vanne d'arrêt du même type que les vannes à secteur du barrage. Il a, dans cette partie, 8 mètres de largeur sur 4 mètres de profondeur, et l'eau y atteindra une vitesse de 2 m. 50.

Il se prolonge ensuite jusqu'à l'usine par une conduite en ciment armé qui a près de 1.500 mètres de long.

Cette conduite (fig. 5), construite par la Société des Conduites et Poteaux en Ciment Armé, a 6 mètres de dia-

mètre intérieur et pourra débiter 80 et même 90 m³ d'eau à la seconde. C'est la plus grande qui ait été faite à ce jour dans le monde entier.

Sa construction a nécessité des travaux préparatoires considérables. D'énormes pelles à vapeur ont été employées pour ouvrir la tranchée profonde de plus de 4 mètres et large de 10 mètres, dans laquelle elle a dû être encastrée. Une quadruple ligne de drains placée dans le fond de cette tranchée a permis d'évacuer, pendant la construction, les eaux d'infiltration dont le

Arrivée à l'usine de la conduite en ciment armé.
(Cliché pris en cours de construction).

débit a atteint près de 1.000 litres à la seconde. Enfin, on a dû établir, tant en vue de la construction du berceau en maçonnerie, que de la conduite elle-même, deux importants portiques roulants en charpente métallique, longs de 12 mètres, portant des bétonnières puissantes avec leurs mécanismes, ainsi que les wagonnets nécessaires au transport du béton. Ces portiques étaient agencés également, tant en vue de leur translation autonome après le moulage de chaque élément, que pour le déplacement des parois métalliques intérieures et extérieures du moule.

La construction de cette conduite a demandé plus d'une année ; l'avancement a atteint en période normale 12 m. 50 par jour.

La conduite est raccordée, d'une part, avec le canal à ciel ouvert, d'autre part avec la bache de l'usine par deux importants ouvrages en ciment armé. L'ouvrage aval est particulièrement intéressant ; son objet est de permettre à l'eau de passer progressivement de la conduite circulaire à la bache rectangulaire de l'usine en s'élevant d'une hauteur de 8 mètres, pendant que la vitesse de l'eau diminue dans la proportion de 3 à 1. Cet ouvrage est, en somme, un aqueduc incliné dont la forme et les dimensions varient progressivement d'une extrémité à

tures fermées par 12 vannes qui permettent de rendre directement 80 m³ au canal de fuite en cas d'arrêt complet de l'usine pour réparations.

La seconde paroi entoure la première à l'extérieur de manière à éviter toute projection d'eau, et entre les deux parois tout le long de la façade de l'usine du côté du canal de fuite, on a aménagé une série de 12 gaines pour l'écoulement de l'eau qui passera par dessus le déversoir ou sera évacuée par les vannes. Cette eau est obligée de passer à travers une série de grilles disposées de manière à amortir la vitesse qu'elle prendrait en tombant d'une hauteur de 18 mètres, de telle sorte qu'elle arrive dans le canal de fuite avec une vitesse très réduite ne présentant aucun danger pour les maçonneries.

Les fondations de l'usine ont été descendues jusqu'à 9 mètres en dessous du terrain naturel. Le béton de ces

fondations a été coulé à sec, bien que l'on ait dû s'enfoncer pour cela à près de 8 mètres en dessous du niveau normal de la nappe d'eau du sous-sol. Pour faire ce travail, on a d'abord abaissé le niveau de la nappe d'eau en creusant le canal de fuite et en évacuant directement dans ce canal les eaux drainées par la cuvette creusée à l'amont pour la conduite forcée. Puis, on a enlevé avec un puissant excavateur tout le terrain jusqu'au niveau que devaient atteindre les fondations, formant ainsi un vaste entonnoir de 60 mètres de long sur 40 mètres de large, dans lequel il restait encore une hauteur d'eau de près de 4 mètres; puis on a édifié une véritable petite usine électrique de pompage dans laquelle furent installées 8 pompes électriques capables de débiter ensemble jusqu'à 1400 litres d'eau à la seconde. Quelques jours après la mise en marche de ces pompes, l'entonnoir était complètement à sec et l'on pouvait couler le béton des fondations. Pendant ce travail, tant par le canal de fuite que par les pompes, on eut à évacuer à certains jours plus de 2.000 litres d'eau à la seconde, c'est-à-dire un véritable torrent issu de la nappe souterraine.

Le massif monolythe en béton qui sert de soubassement à la bache de l'usine est évidé dans sa partie centrale par les six chambres des turbines continuées par les tuyaux d'aspiration qui débouchent dans le canal de fuite au-dessous des grilles du déversoir.

Deux vastes galeries longitudinales permettent une facile surveillance des paliers, des organes de distribution et des régulateurs des turbines.

La salle des alternateurs est accolée au massif de la bache et des turbines, elle en occupe toute la longueur. La salle du tableau ainsi que les locaux environnants forment une troisième ligne de bâtiments (figure 7).

CANAL DE FUITE

L'eau sortant de l'usine est ramenée dans le Drac par un canal tracé dans le gravier de l'ancien lit. Il a fallu creuser ce canal dans l'eau de la nappe qui, dans cette région, s'étend à une faible profondeur en dessous du niveau naturel du terrain. Ce travail spécial, fait avec un excavateur à vapeur, a été confié à l'Entreprise Truchetet et Tansini.

Le canal de fuite a une section mouillée de 45 m²; il a 13 mètres de largeur au plafond et 3 mètres de profondeur d'eau, il n'est pas revêtu, pour le moment, ses parois, constituées par de gros galets, étant peu affouillables. L'expérience indiquera s'il y a lieu de protéger ces parois par un revêtement, tout au moins sur la hauteur battue par les lames.

Il aboutit dans le Drac à 500 mètres environ à l'amont du vieux pont de Claix.

Moulage de la conduite en ciment armé.

TURBINES HYDRAULIQUES

L'usine comprend cinq turbines et l'emplacement pour une sixième.

Ces turbines, construites par les Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, peuvent développer chacune une puissance de 3.000 HP, sous la chute nette de 17 mètres à 300 tours par minute.

Ces machines sont du type Francis double à axe horizontal du genre le plus moderne, c'est-à-dire à caractéristique élevée pour une chute de cet ordre. Le nombre

de tours caractéristique de chaque turbine est, en effet de 475, soit 237 par roue pour une chute de 17 mètres. Ce genre de turbines est, comme on le sait, caractérisé par le fait que l'entrée de la roue mobile est séparée de la sortie du distributeur par un espace libre dans lequel l'eau continue librement le mouvement en spirale qui lui est imprimé par les directrices.

Chaque turbine se trouve placée au fond d'une cuve en ciment armé qui reçoit l'eau par sa partie supérieure à l'aide de conduites incurvées dont les courbures ont fait l'objet d'études et d'essais approfondis. Ces conduites prennent l'eau dans la bache supérieure et la dévient progressivement dans le puits vertical d'alimentation de la turbine. Ils peuvent être obturés à la partie supérieure par des vannes d'un type spécial, dites vannes-wagons, constituées par des tabliers métalliques roulant sur des trains de roues montées à la manière de celles d'un véhicule ordinaire.

Chaque turbine comporte deux roues calées sur le même arbre. L'admission est réglée par deux distributeurs à directrices mobiles; l'évacuation à la sortie des roues mobiles se fait dans une culotte en fonte prolongée par un puits d'aspiration en maçonnerie débouchant dans le canal de fuite de l'usine.

Des dispositions spéciales de galeries permettent d'accéder aisément aux diverses parties des turbines et d'effectuer les montages et démontages dans les meilleures conditions.

Le rotor est calculé pour pouvoir supporter pendant cinq minutes une vitesse d'emballlement de 585 tours, soit 1.95 fois la vitesse normale.

Tous ces appareils ont été prévus à commande à distance depuis les pupitres et les tableaux situés au premier étage, de sorte que l'accès de la salle haute tension du rez-de-chaussée n'est pas nécessaire en temps normal ;

2° Au premier étage, dominant le hall des machines sont groupés les pupitres et les tableaux permettant le contrôle et la marche générale de l'installation.

Au même étage se trouve la salle de protection des départs.

Les Etablissements Merlin et Gerin, de Grenoble, ont établi l'équipement du tableau et construit l'appareillage suivant les méthodes les plus modernes.

La conception d'ensemble est la suivante : les cinq alternateurs triphasés de 2.800 KVA, chacun, 5.500 volts débitent en parallèle sur un jeu de barres omnibus formant boucle. Une jonction intermédiaire permet, à l'aide d'interrupteurs, de sectionner la boucle en trois parties distinctes et complètement indépendantes, si pour une raison quelconque, la marche de tous les alternateurs ne peut plus se faire en parallèle.

Des barres omnibus partent 8 départs souterrains de 1.500 KVA chacun, destinés à alimenter :

Les Papeteries de Pont-de-Claix, utilisant environ 2.000 HP à l'aide de deux départs souterrains 5.500 volts, aboutissant à un poste de transformation situé dans les Papeteries et muni de transformateurs triphasés de 500 KVA 5.000/550 volts fournis par la Compagnie Electro-Mécanique ;

La Société du Chlore Liquide, utilisant environ 6.000 HP à l'aide de trois départs souterrains aboutissant à un poste situé dans l'usine du Chlore Liquide. Dans ce poste le courant alternatif est transformé par des groupes convertisseurs en courant continu pour l'électrolyse ;

Les Etablissements Bouchayer et Viallet, pouvant utiliser également 6.000 HP à l'aide de trois départs souterrains.

Provisoirement les départs 5.500 volts destinés aux Etablissements Bouchayer et Viallet aboutissent à un poste de transformation situé à une cinquantaine de mètres de l'extrémité du hall de la Centrale. Ce poste, équipé par les Etablissements Merlin et Gerin, est muni de deux transformateurs triphasés dans l'huile à refroidissement par circulation d'eau de 2.000 KVA chacun, rapport de transformation en pleine charge et $\cos \varphi = 0,75$ de 5.500/26.000 volts. Ces deux transformateurs ont été construits par la Compagnie Electro-Mécanique dans ses ateliers de Lyon,

Ces transformateurs sont munis de galets de roulement, d'un niveau d'huile et robinet de vidange.

La quantité d'eau de refroidissement est de 36 litres par minute à la température de 15° centigrade.

Tout est prévu pour l'installation ultérieure de deux autres transformateurs de 2.000 Kva en vue de l'utilisation des excédents non consommés par les trois Sociétés ci-dessus nommées.

Dès à présent, ce poste permettra de livrer par les lignes de la Société de Fure et Morge du courant de secours au réseau de la Ville de Grenoble qui se trouve gêné par suite de la grande sécheresse que nous traversons, dans la région Nord des Alpes.

SALLE HAUTE TENSION 5.500 VOLTS

Comme nous l'avons vu, les cinq alternateurs de 2.800 KVA 5.500 volts débitent sur un jeu de barres omnibus en boucle. Ces barres omnibus sont prévues pour

une intensité de 2.000 ampères (section de 2.000 m/m²) elles comportent quatre sectionneurs spéciaux à couteaux multiples, manœuvrables par une perche isolante.

Le sectionnement des barres est tel qu'il permet de brancher chaque groupe de départs sur des machines distinctes.

Chaque circuit d'alternateur et chaque départ sont munis d'un disjoncteur automatique à huile à commande électrique à distance du tableau par électro-aimant et à déclenchement automatique à maxima d'intensité à action différée et à retour d'énergie.

Conduite en ciment, armé.

Les contacts des disjoncteurs des alternateurs sont prévus pour une intensité de 500 ampères, ceux des départs pour 250 ampères. Ils sont capables de couper sans danger un courant de court-circuit de 6.000 ampères sous la tension normale de service.

Le sectionnement des circuits d'alternateurs et des départs est réalisé à l'aide de sectionneurs tripolaires à commande mécanique par leviers et câbles montés sur socle fonte, appareils qui réunissent une parfaite sécurité et une grande rapidité de manœuvre.

TABLEAUX ET PUPITRES

Comme nous l'avons dit, toutes les manœuvres et commandes se font de la salle du premier étage où se trouvent :

1° Un pupitre général de commande des alternateurs composés de six panneaux ; un panneau par alternateur, plus un de réserve. Sur chaque panneau pupitre d'alternateur se trouvent groupés les appareils de mesure, de comptage et de protection pour chaque alternateur et

son excitatrice ; les interrupteurs et volants de commande des rhéostats des circuits d'excitation ; les boutons poussoir de commande d'enclenchement et de déclenchement des interrupteurs à huile et leurs lampes de position, enfin les commutateurs de commande des régulateurs des turbines ;

2° Un tableau destiné à la commande des départs souterrains 5.500 volts. Ce tableau est composé de 9 panneaux marbre montés sur charpente métallique.

A chaque départ correspond un panneau portant :

Les appareils de mesure de comptage et de protection ainsi que les boutons poussoir de commande des interrupteurs à huile et leurs lampes de position.

3° Un tableau destiné à la commande des services auxiliaires de la Centrale. Ce tableau comprend 5 panneaux qui contrôlent et commandent :

Deux groupes convertisseurs rotatifs ;

Une batterie d'accumulateurs, ferro-nickel de la Société des Accumulateurs fixes et de traction ;

Un pont roulant de 20 tonnes fourni par la Société Electro-Mécanique Appliquée ;

Les circuits d'éclairage et divers.

Enfin, en dehors des tableaux principaux ci-dessus, se trouve, auprès de chaque alternateur, un petit tableau auxiliaire portant un ampèremètre et un bouton poussoir permettant, en cas de besoin, de déclencher le disjoncteur de l'alternateur correspondant sans passer par le tableau général.

L'installation électrique est complétée par une salle de protection des départs souterrains. Cette protection est extrêmement simple puisqu'il suffit d'amortir les surtensions d'origine interne. Sur chaque départ est installé un limiteur à rouleaux prévu pour 5.000 volts avec résistances graphitiques en série limitant l'écoulement à la terre lors des amorçages.

MISE EN SERVICE DES INSTALLATIONS

Les études de la chute ont été faites en 1916 et 1917 et l'entreprise générale en a été confiée à la Société Générale d'Entreprises, Société spécialisée dans ce genre de travaux et qui a déjà aménagé un grand nombre de chutes importantes.

Les installations du chantier ont commencé, dès 1917, mais les travaux n'ont pu être poussés activement que depuis le milieu de l'année 1919. Ils ont été terminés en novembre 1921 dans le délai prévu, résultat qui n'a pu être obtenu, malgré les difficultés rencontrées, que grâce à une complète coordination des efforts des entrepreneurs et des constructeurs.

La mise en eau des ouvrages a commencé à la fin de novembre, et à l'heure où paraît cet article, le courant de l'usine Drac-Romanche doit apporter aux industries de la région grenobloise un appoint qui sera particulièrement bienvenu dans la période de crise que la sécheresse persistante a amenée dans la région nord des Alpes.

P. DUCREST,

Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique,
Ingénieur-Conseil,

Directeur de la Société Drac-Romanche.

SUR LA VARIATION DES PLUIES ET DES CONDENSATIONS OCCULTES d'après l'altitude

Continuant ses études sur le Renforcement des Forces hydrauliques par le Reboisement, M. Descombes avait constaté que les vallées abondamment boisées débitent, à surface égale, plus d'eau que les vallées dépourvues d'arbres. Il examine ici l'influence de l'altitude sur les pluies et sur les condensations occultes, présente une échelle provisoire des lames pluviales d'après l'altitude dans le massif du Pic du Midi, puis signale la différence pluviométrique des départements bordant le Rhône, dont la rive gauche, plus boisée que l'autre, reçoit des pluies plus abondantes et mieux réparties.

Le développement de la houille blanche a donné, depuis quelques années, à la mesure des pluies, une importance considérable, qu'augmente maintenant la possibilité d'accroître par le reboisement le débit des eaux courantes (1), et le problème qui se pose actuellement est de déterminer les superficies à reboiser dans les bassins supérieurs pour augmenter leur débit dans une proportion donnée.

Les études et travaux du service des grandes forces hydrauliques, publiés par le Ministère de l'Agriculture, fournissent de précieux renseignements sur le débit d'un grand nombre de torrents, dont les eaux proviennent toutes de l'atmosphère, soit sous forme de pluies et neiges, mesurables par l'emploi du pluviomètre ou du nivomètre, soit sous celle de brouillards et rosées abondamment soutirés à l'air par les arbres (2), sans que les lois régissant ces condensations occultes soient encore suffisamment connues.

Les expériences de l'ingénieur français Conte-Grandchamps avaient montré, dès 1863 (3), que « le débit des sources est deux fois plus considérable dans les terrains boisés que dans les terrains déboisés », et il est fort à regretter qu'elles n'aient pas eu plus de retentissement. On a su, depuis, par le professeur Forel, que le lac Léman débite un volume supérieur à celui déversé par les pluies et neiges dans son bassin hydrologique ; par le Docteur Marloth, que la quantité de brouillard déposée au Cap de Bonne-Espérance sur un petit arbre artificiel de trente centimètres, atteint quinze fois le volume des pluies recueillies dans un pluviomètre voisin ; et ces résultats, obtenus à l'Etranger, ont paru stupéfiants.

On a pu cependant en constater d'analogues en France, car le réservoir de la Mouche, sur le plateau de Langres, présente un excédent d'écoulement semblable à celui du lac Léman, qui s'explique de même par le taux élevé du boisement dans son bassin de réception ; le bassin de la Pique boisé à 40 %, débite annuellement 1.732.000 mètres cubes d'eau par kilomètre carré, tandis que celui de l'Onne,

(1) Le Concours des arbres pour soutirer de l'eau à l'atmosphère. — Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 8 décembre 1919.

(2) Influence du reboisement sur les condensations occultes. — Bulletin de la Société Météorologique de France, 2^e fascicule, 1920.

(3) Rapport de l'Ingénieur en chef des Basses-Alpes sur les canaux d'irrigation, 10 janvier 1863.