

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS J. REY - B. ARTHAUD, Éditeur, GRENOBLE

Abonnement pour une Année { France... . . . 40 francs }
 { Étranger... . . . 50 francs } Le Numéro : 7 francs

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

LES FORCES HYDRAULIQUES. — L'Aménagement de la Haute-Isère et l'installation Hydro-Électrique de Viclaire.

LÉGISLATION. — Les Sociétés Coopératives et les Groupements Coopératifs en présence des Lois fiscales de toutes catégories

(résumé), par Paul BOUGAULT, avocat à la Cour d'Appel de Lyon. — Circulaire déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique.

DOCUMENTATION. — **BIBLIOGRAPHIE.**

LES FORCES HYDRAULIQUES

L'aménagement de la Haute-Isère et l'installation hydro-électrique de Viclaire

ORIGINE

L'aménagement de l'ensemble du bassin de la Haute-Isère à l'amont du confluent du Reclus, près de Bourg-Saint-Maurice (Savoie) est l'objet d'une Société créée il y a quelques années à Lyon sous le nom de « Société de la Haute-Isère », filiale de la Société Lyonnaise des Forces Motrices du Rhône et de la Compagnie Electrique de la Loire et du Centre. Elle se propose d'amener l'énergie ainsi produite dans les régions lyonnaise et stéphanoise afin de renforcer les réseaux qui les alimentent et leur permettre de substituer le plus possible l'énergie d'origine hydraulique à celle qu'ils produisent à la vapeur.

L'aménagement d'ensemble d'un tel bassin présente des avantages importants et rentre bien dans les tendances actuelles. Ces avantages sont surtout :

- Intérêt plus grand des travaux de régularisation ;
- Interdépendance des usines entre elles ;
- Réduction des frais d'exploitation ;

Concentration en un même point d'une puissance mieux adaptée à l'importance des besoins à desservir et réduction des lignes de transport, etc...

Les études d'ensemble, entreprises dès avant la guerre, ont conduit à prévoir la possibilité d'équiper huit chutes et de construire cinq usines différentes.

En outre, cinq réservoirs de grande altitude peuvent contribuer à régulariser les débits.

L'emplacement de tous ces ouvrages est indiqué sur la carte ci-contre.

Les huit chutes comprendraient :

- Quatre chutes sur l'Isère ;
- Une chute sur l'Émissaire du lac de Tignes ;
- Une chute sur l'Émissaire du lac de la Sassièrè ;
- Une chute sur le torrent de La Raie avec lac artificiel d'environ 4.000.000 de mètres cubes à l'origine ;
- Une chute sur le torrent du Saint-Claude.

Les cinq usines seraient situées :

- Une à Seez ;
- Une à Viclaire ;
- Une au Champet (Sainte-Foy-Tarentaise) ;
- Une au confluent de l'Isère et de La Raie ;
- Une sur Tignes.

Deux chutes seraient groupées dans l'usine du confluent de La Raie et trois chutes seraient réunies dans l'usine de Tignes.

Les cinq réservoirs seraient :

- Un à Val d'Isère ;
- Un à Tignes ;
- Un au lac de Tignes ;
- Un au lac de La Sassièrè ;
- Un au lac artificiel des Clous.

Cet ensemble conduirait à l'équipement de 100.000 Kw. et permettrait de produire annuellement 400.000.000 de Kw-h. Ces chiffres permettent de juger de l'intérêt de ces travaux pour l'alimentation de Lyon et de Saint-Etienne.

La chute de Viclaire, située près de la limite aval de ce bassin, a été la première aménagée parce qu'elle était la plus puissante et la moins coûteuse par cheval installé.

CHUTE DE VICLAIRE. — CARACTÉRISTIQUES.

Hauteur. — Cette chute utilise les eaux de l'Isère entre le confluent de la Raie (altitude 1287 m.) et le confluent du torrent des Moulins (altitude 887 m.). La chute brute est donc de 400 mètres.

La chute réelle est seulement de 396 mètres, une revanche de 0 m. 50 ayant été laissée au barrage et le sol de l'usine ayant d'autre part été remonté à la cote 890,50 pour le mettre à l'abri des inondations.

Débit. — Le débit naturel d'étiage au confluent de la Raie est de 3.300 litres-seconde, ce qui, pour un bassin versant de

257 kilomètres carrés, correspond à un débit spécifique de 13 litres par kilomètre carré.

Ce dernier chiffre particulièrement élevé est dû à la régularisation naturelle que procurent les belles sources du val de Tignes.

Le régime étant uniquement glaciaire, un seul étiage existe pendant l'hiver avec son minimum au cours des mois de janvier et février.

Ces chiffres correspondent à 9.500 kw., 11.500 kw., 35.000 kw. respectivement.

L'énergie totale annuelle susceptible d'être produite par cette usine est de 140.000.000 de kwh.

AMÉNAGEMENT

Le grand danger auquel est exposée la chute de Vielaire

consiste dans les avalanches, aussi tous les travaux ont-ils été, le plus possible, disposés en souterrain. L'eau rentre dans celui-ci dès les ouvrages de prise et n'en ressort qu'aux conduites forcées : tous les bassins de décantation sont fermés, les réservoirs d'accumulation et d'expansion, la cheminée d'équilibre, etc... sont entièrement creusés dans la montagne. Même les artifices qui commandent le départ des conduites forcées sont disposés dans un bâtiment excessivement solide et en grande partie taillé dans le rocher.

I. — OUVRAGES DE PRISE D'EAU

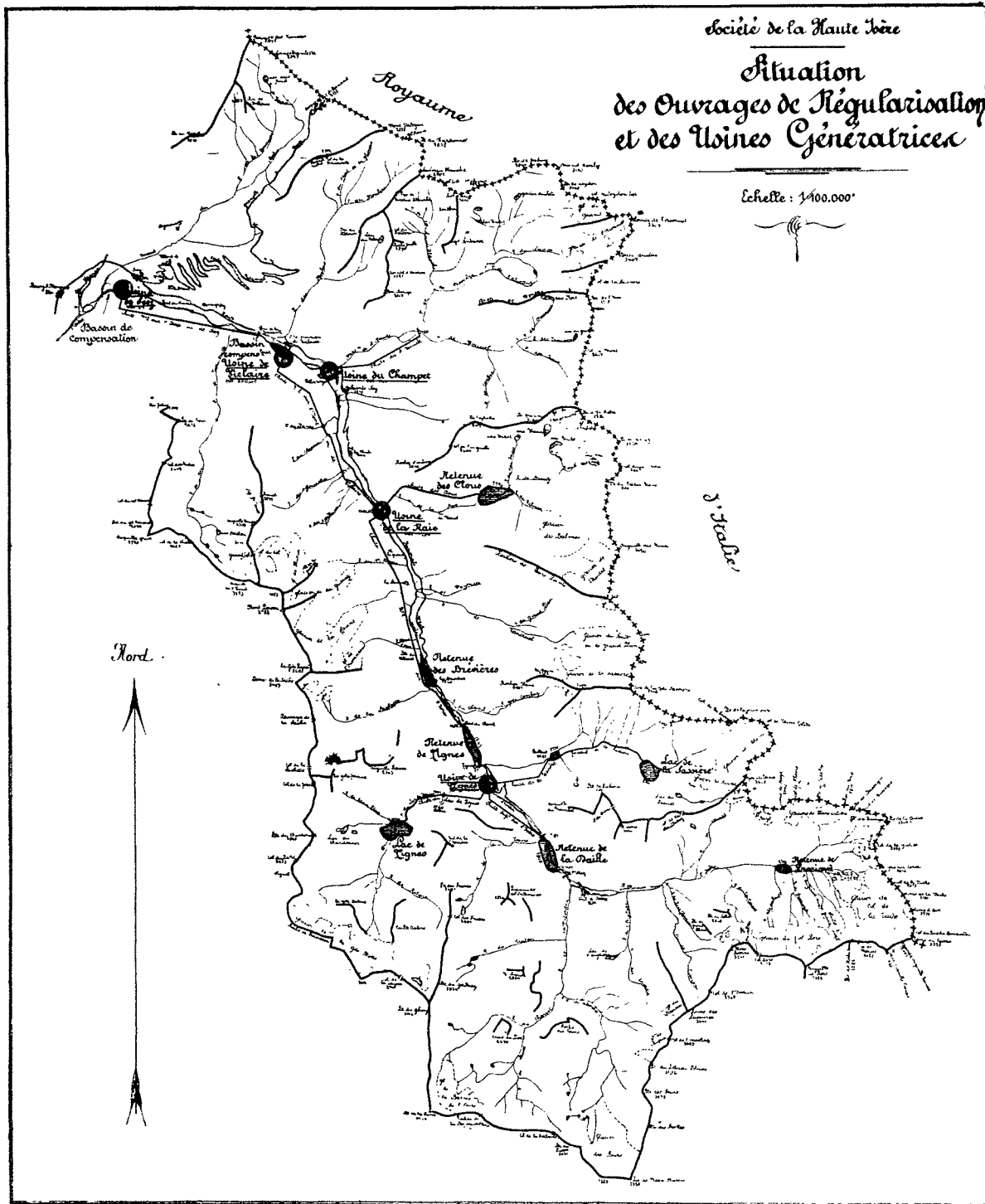
Barrage. — Le barrage est situé à environ 50 mètres à l'aval du confluent du torrent de la Raie. La vallée, en ce point, est constituée par des gorges profondes; la pente de la rivière y est forte et il est impossible de trouver un emplacement pour y constituer une retenue importante.

Le barrage, appliqué normalement à la rivière, est entièrement mobile pour permettre l'évacuation des graviers que l'Isère charrie d'une manière anormale chaque année pendant quelques jours lors de la débâcle des neiges. Le reste du temps, les eaux sont, au

contraire, d'une remarquable limpidité.

Ce barrage est constitué par un seuil en béton de 9 m. 60 de largeur, avec parafouilles à l'amont et à l'aval. Ce seuil est arasé à la cote 1.283,50, et complètement revêtu de granit de Sallanches.

Deux piles en rivière divisent ce barrage en trois pertuis ayant respectivement 6 m. 50, 6 m. 50 et 2 mètres de largeur. Les deux pertuis de 6 m. 50 sont fermés par des vannes Stoney, et le pertuis de chasse de 2 mètres ne comporte qu'une vanne ordinaire dont le but est de dégager facilement les accumulations de graviers qui pourraient se produire devant le seuil de prise.



Les travaux de régularisation qui résulteront de l'aménagement des réservoirs déjà indiqués, auront pour résultat de porter le débit d'étiage à la chute de Vielaire à environ 4 mètres cubes et il a été prévu que la chute serait aménagée pour utiliser un débit pouvant aller jusqu'à 12 mètres cubes, c'est-à-dire triple de l'étiage régularisé.

Puissance. — D'après ce qui précède, et en prévoyant un rendement global de 75% de l'installation, cette chute pourrait donner :

A l'étiage naturel	13.000 CV
A l'étiage régularisé.....	16.000 CV
En hautes eaux.....	48.000 CV

Ces trois vannes ont une hauteur de 3 mètres. Leur arête supérieure est donc à la cote 1.286,50 et forme déversoir pendant les hautes-eaux.

A l'aval des vannes, un revêtement de verdillons de sapin de 15 mètres de longueur s'oppose aux affouillements.

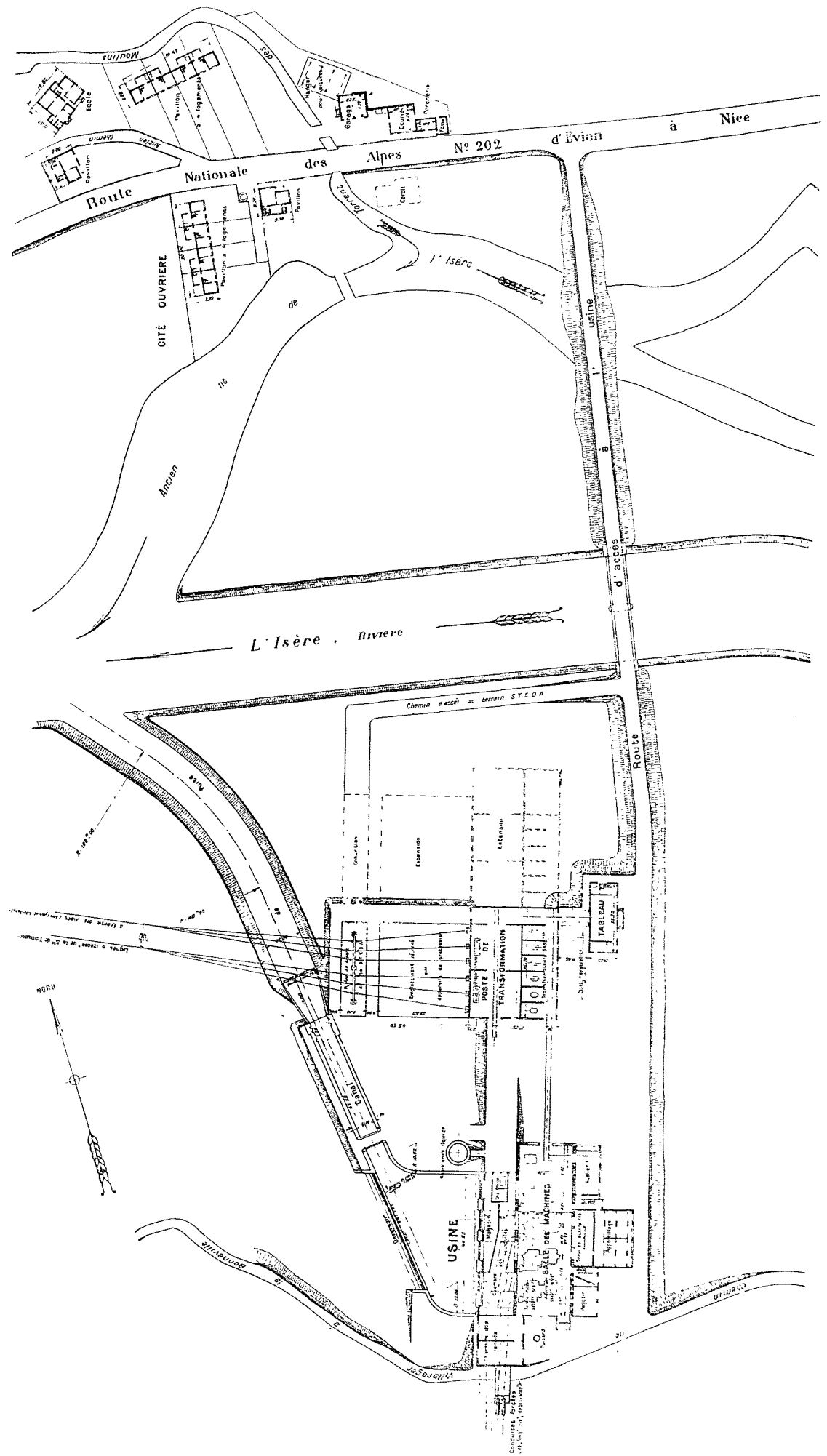
Prise d'eau.— Les eaux rentrent dans la dérivation par un orifice de prise placé immédiatement à l'amont de la vanne de 2 mètres dont il vient d'être question. Cet orifice a une longueur de 16 m. 50; il est appliqué perpendiculairement au barrage. Son seuil est arasé à une cote variant de 1.285,20 à 1.284,70, de manière à être toujours à plus de 1 mètre au-dessus du fond de la rivière. L'arête supérieure de cet orifice est horizontale et à la cote 1.286,20, c'est-à-dire 0 m. 30 au-dessous de la retenue normale, de manière à former écran contre les corps flottants.

Cet orifice de prise est muni d'une grosse grille constituée par des broches de fer rond de 25 mm. espacées de 0 m. 20 d'axe en axe.

Chambres de décantation.— La prise d'eau donne accès dans une série de deux chambres de décantation dont la largeur est de 9 mètres et la longueur totale de 63 mètres. Ces deux chambres présentent une pente de 0,04 par mètre.

Chacune d'elles est terminée à sa partie aval par un seuil formant déversoir noyé, muni de rainures à poutrelles. A l'amont et contre chacun de ces seuils, se trouve une vanne de purge de 0 m. 80 × 0 m. 80 à serrage extérieur.

Le seuil le plus en amont est arasé à la cote 1.285,15 et celui d'aval à 1.285,05. Ces niveaux ont été fixés de manière à permettre le nettoyage des bassins



Plan général — Usine et Poste

tout en assurant encore, pendant un certain temps, une marche ralentie de l'usine.

Chambre de mise en charge. — La chambre de mise en charge est située entre le deuxième seuil dont nous venons de parler et l'entrée du souterrain. Elle comporte essentiellement les grilles fines dont la surface totale est de 48 m².

A l'amont de ces grilles, se trouve également une vanne de purge de 0,80 × 0,80 identique aux précédentes. Le seuil de cette chambre est en pente de 0,04 par mètre, dans le sens de cette vanne de purge.

Encore immédiatement à l'amont de ces grilles fines, mais à leur partie supérieure, se trouve une vanne de 0,80 × 0,80 formant passe à glaçons.

A l'arrière de ces grilles se trouve installé le flotteur qui commande le limnigraphe de l'usine et, pour abriter pendant la mauvaise saison le personnel surveillant les grilles, cette partie est recouverte par un petit bâtiment-abri qui peut être chauffé.

A l'extrémité aval de la chambre de mise en charge, se trouve une vanne de 3 m. 50 × 3 m. 50 qui commande l'entrée du tunnel.

Tous ces ouvrages de prise d'eau, à l'exception du barrage, sont recouverts par un plancher en ciment armé comportant en outre 40 centimètres de remblai terreux, de manière à protéger les bassins un peu contre le froid, mais surtout contre les éboulements provoqués par les avalanches.

II. — CANAL D'AMENÉE

Le canal d'amenée, entièrement en souterrain, a une longueur totale de 5.624 mètres. Il a, en outre, nécessité le percement de 828 mètres de galeries d'accès. Il est entièrement creusé dans les grès et schistes du terrain houiller. Les terrains traversés étaient d'une bonne tenue dans la partie amont, mais devenaient moins bons dans la partie aval où les schistes étaient de plus en plus feuilletés. Quelques zones ont donné des difficultés par suite de la rencontre soit de bancs de sables aquifères, soit de venues d'eau sous pression.

Quoiqu'il eût paru possible de laisser en quelques points du tracé la roche brute de forage, on a préféré le revêtement général en béton qui était indispensable sur la plus grande partie de la longueur.

Ce revêtement est recouvert d'un enduit en ciment lissé.

La section utile du souterrain, en forme de fer à cheval, s'écarte peu de la section circulaire.

Cette dernière a été adoptée en certains points où, par suite de la nature du terrain encaissant, le revêtement a dû être doublé d'un tubage en ciment armé constituant un cercle complet de 2 m. 50 de diamètre.

La section utile est de 5 m² 18 dans les parties en fer à cheval et de 5 m² dans les parties gainées en béton armé. Ces dernières forment une longueur totale de 480 mètres.

La vitesse de l'eau, pour un débit maximum de 12 m³, est de 2 m. 30 à 2 m. 50 suivant la section.

La perte de charge correspondant à ce débit, calculée par la formule de Bazin, serait de 0,0015 par mètre. Il a été donné au canal une pente uniforme de 0,002 par mètre, de sorte qu'il se trouve en charge sur la totalité de sa longueur, cette charge pouvant atteindre, à l'état statique, 14 mètres d'eau à l'extrémité aval.

En raison de cette pression intérieure, le revêtement maçonné a été complété par des injections de ciment qui ont été effectuées d'une manière générale, sauf sur le premier kilomètre d'amont.

Dans la traversée des zones aquifères, il a été nécessaire, en raison de la pression extérieure qui faisait céder les enduits, de ménager des drains assez importants, complétés même en certains points par des clapets à sphère de caoutchouc permettant éventuellement aux eaux extérieures de rentrer dans le tunnel.

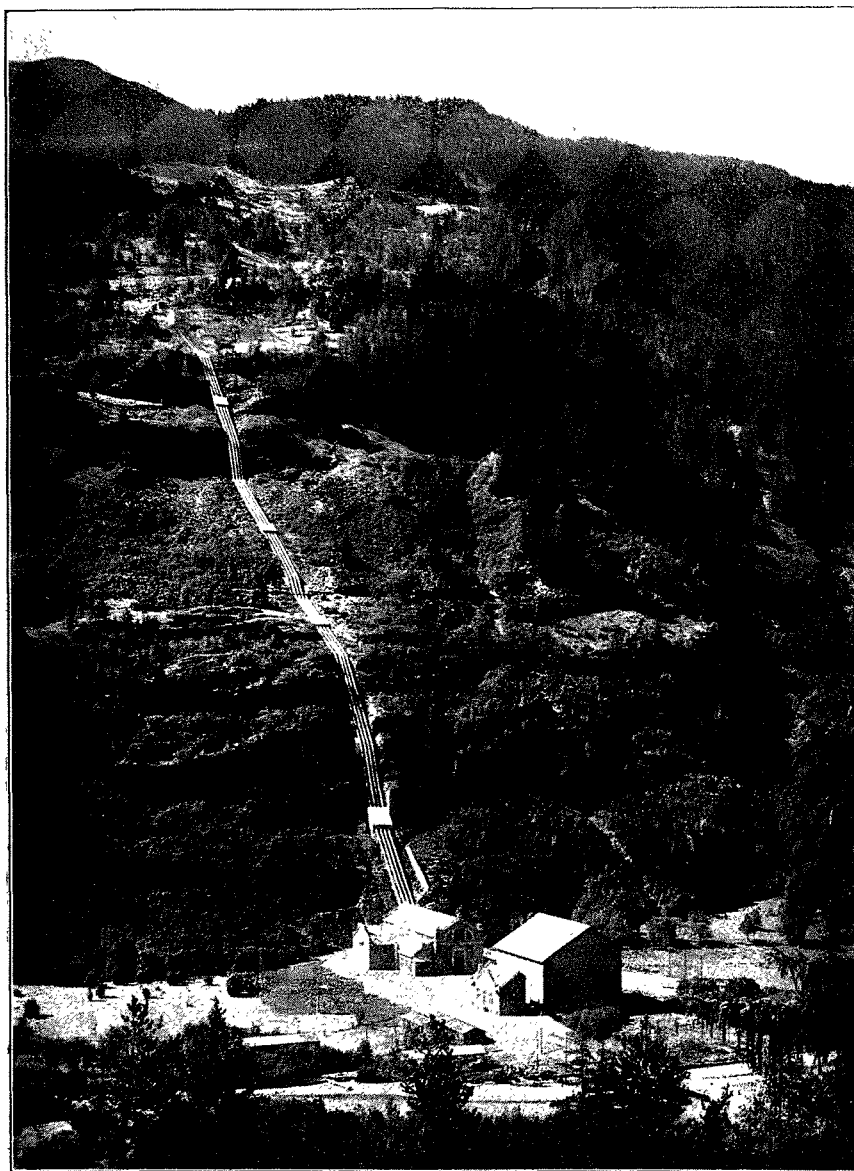
Ces travaux ont donné des résultats satisfaisants, car il a été constaté aux essais que la totalité des pertes d'eau par infiltration n'atteignait pas 16 litres-secondes pour toute la dérivation soit moins

de 3 litres-seconde par kilomètre.

Prises d'eau secondaires. — Le tracé du souterrain rencontre deux ruisseaux assez importants : le torrent des Gourettes et le torrent du Planay, dont le débit peut donner un petit complément intéressant pendant l'hiver.

Leurs eaux sont donc captées et amenées dans le tunnel par deux petites prises d'eau secondaires capables de recueillir chacune un débit maximum de 200 litres-seconde.

Les lits de ces torrents se trouvant battus pendant l'hiver par les avalanches, ces prises d'eau ont été étudiées spécialement pour satisfaire à ces conditions de sécurité et de fonctionnement.



Usine de Viclaire — Vue générale

Réservoirs souterrains et cheminée d'équilibre. — L'extrémité aval du tunnel comporte une chambre d'accumulation inférieure, une chambre d'expansion supérieure, ces deux réservoirs étant reliés par une cheminée d'équilibre. Tous ces ouvrages sont également souterrains.

La chambre d'accumulation inférieure, dont l'objet est de permettre l'appel brusque de débit en cas de mise en charge rapide de l'usine, est constituée par un épanouissement du tunnel de dérivation sur une longueur de 100 mètres à l'amont de la cheminée d'équilibre.

La section de cette chambre est constituée par deux demi-circonférences de 4 mètres de diamètre, se raccordant par des éléments droits. Elle est complètement revêtue de béton avec chemisage en béton armé de 25 centimètres d'épaisseur, ce dernier étant calculé pour résister seul à la pression.

Cette chambre se prolonge à l'aval de la cheminée d'équilibre,

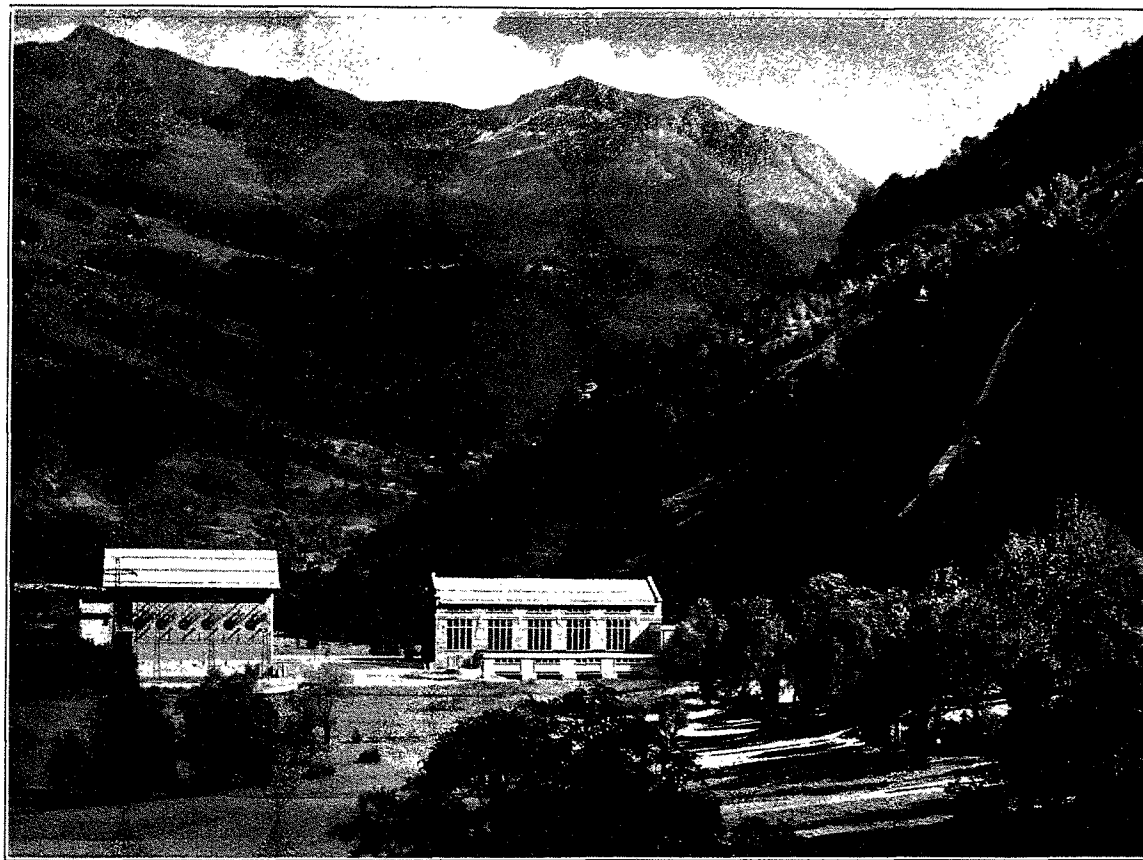
complète de l'eau résultant d'un coup de bélier consécutif à l'arrêt total et instantané de l'usine.

Cheminée d'équilibre. — Les deux chambres dont nous venons de parler sont réunies par une cheminée d'équilibre constituée par un puits de 4 mètres de diamètre et de 15 mètres de hauteur, complètement maçonné et même revêtu d'un gainage de ciment armé sur une hauteur de 5 mètres à sa partie inférieure.

Ce puits comporte un flotteur transmettant à l'usine toutes les variations de niveau de l'eau.

La chambre d'accumulation inférieure se termine à son extrémité aval par un masque de 1 mètre d'épaisseur en béton armé le reliant à tout le gainage de la chambre qui le précède et épaulé lui-même extérieurement par un mur de soulèvement en béton de 6 mètres d'épaisseur.

Dans ce masque, sont noyées les tubulures des conduites forcées



Usine de Viclaire — Vue d'aval

par un raccord conique la reliant avec l'extrémité de la galerie souterraine laquelle a, en ce point, une section circulaire de 2 m. 50 de diamètre et une pente de 0,020 par mètre.

Cette chambre constitue ainsi une réserve de 1.100 m³ environ.

La chambre d'expansion supérieure a pour objet, en cas d'arrêt brusque, ou même simplement de diminution du débit, de réduire considérablement le coup de bélier, tout en évitant le déversement des eaux que la situation des lieux ne permet pas d'effectuer à l'extérieur.

Son radier est à 0,50 au-dessus de la cote de retenue du barrage, soit 1.287. Elle est donc complètement vide à l'état statique et, *a fortiori*, en marche.

Cette chambre supérieure a une longueur totale de 70 mètres et une section ovoïde de 4 m. 50 de largeur et 5 mètres de hauteur. Sa capacité totale est de 1.200 m³ dont 1.000 mètres utiles. Cette dernière a été établie pour permettre l'accumulation

III. — CONDUITES FORCÉES

Les conduites forcées descendent vers l'usine dans un plan vertical orienté suivant la plus grande pente du terrain. Cette disposition a été adoptée pour leur permettre d'offrir le moins de prise possible aux avalanches.

Ces conduites sont au nombre de quatre — une par turbine — complètement indépendantes, sauf une petite liaison commune inférieure dont nous expliquerons le but plus loin.

La longueur de chacune d'elles est de 702 mètres. Leur diamètre intérieur est de 1 mètre sur la moitié de leur longueur et de 850 mm. sur le complément placé à la partie inférieure.

Chaque conduite doit débiter en pleine marche 3 m³ seconde, ce qui correspond à une vitesse linéaire de l'eau de 3 m. 80 dans la partie amont et de 5 m. 25 dans la partie aval. La perte de

charge, dans ces conditions, calculée par la formule de Maurice Lévy, est de 25 mètres.

Les quatre conduites partent du bouchon de la galerie par des ajutages coniques dont le diamètre d'entrée est de 1 m. 38, ces quatre ajutages étant tangents les uns aux autres et inscrits dans le cercle de 4 m. 35 de diamètre qui constitue ce bouchon.

A la sortie de ce bouchon, ces ajutages comportent chacun une vanne d'arrêt, commandée à la main, de 1 mètre de diamètre.

Aussitôt après cette vanne, chaque conduite est munie d'un papillon à fermeture automatique fonctionnant en cas de dépression excessive à l'aval et pouvant également être commandé de l'usine grâce à un électro-aimant de déclenchement à distance.

Enfin, à l'aval de ce papillon, chaque conduite est munie d'une ventouse automatique avec frein à air.

Pour éviter les accidents dus à la gelée sur tous ces appareils de sécuri'é, les mettre à l'abri des neiges abondantes de la région

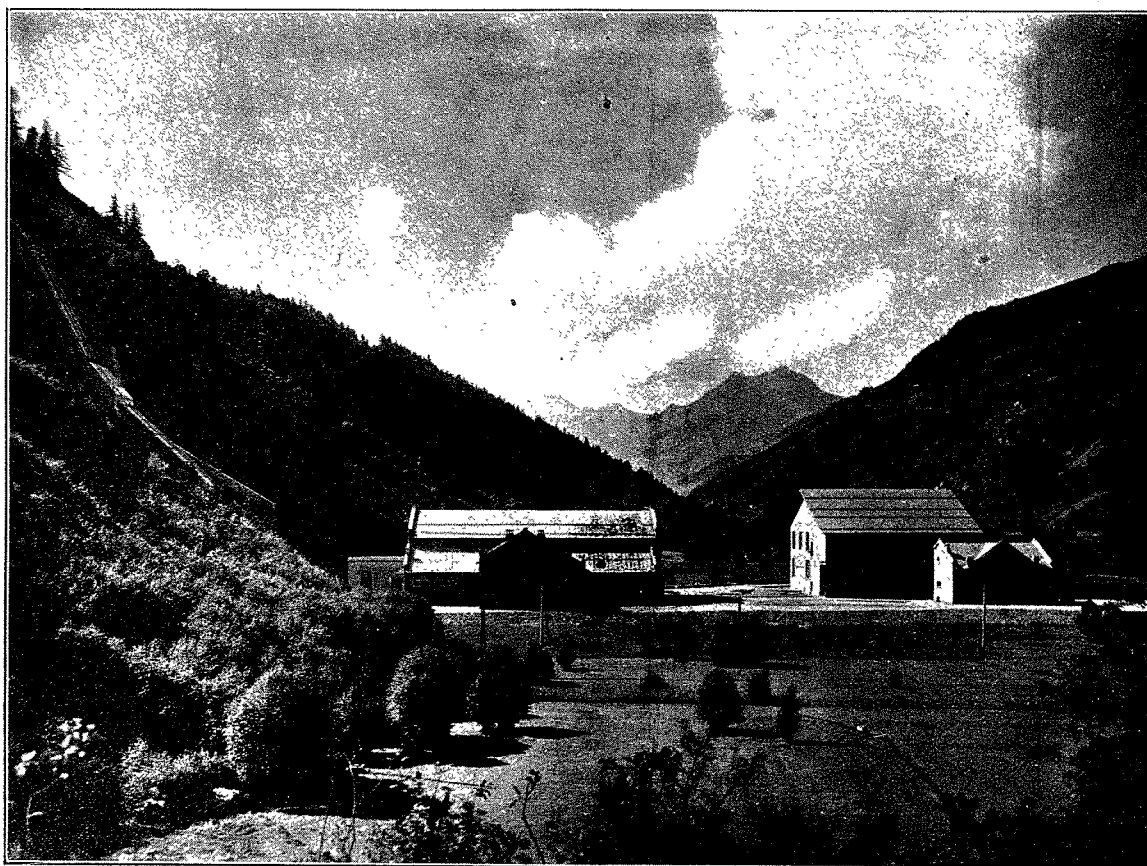
Elles ont été établies, dans les usines du fournisseur, en tronçons ayant généralement 6 m. 50 de longueur qui ont été réunis sur place par emboîtements rivés. Mais dans certaines parties dont le tracé était particulièrement abrupt et où le rivetage présentait, en raison de cela, de réelles difficultés, la longueur des tronçons a été portée à 10 mètres et ceux-ci ont été assemblés par brides tournantes avec joints en caoutchouc.

Ce matériel a été établi suivant le cahier des charges-type de la Société Hydro-Technique de France et en admettant une surpression pour coup de bélier de 25% à l'entrée des turbines.

Le poids de chaque conduite est d'environ 340 tonnes. Elles sont supportées par des piliers en maçonnerie de 1 mètre d'épaisseur, disposés tous les 6 m. 50.

Les réactions dues au poids et aux variations de température sont absorbées par six massifs d'ancrage en béton. Le volume total de maçonnerie ainsi mis en œuvre a été de près de 6.000 m³.

Indicateur de débit. -- Aussitôt rentrées dans le bâtiment



Usine de Viclaire — Vue d'amont

et permettre en tout temps leur accès et leur fonctionnement, ces organes sont abrités dans un bâtiment couvert en ciment armé et dont les murs extrêmes sont l'un le bouchon du tunnel et l'autre le premier massif d'ancrage des conduites. Ce bâtiment est muni d'un pont roulant à bras de 6 tonnes, permettant les réparations éventuelles. Il est éclairé et chauffé et en relation téléphonique directe avec l'usine.

Pour maintenir les conduites suivant la ligne de plus grande pente avec le tracé le moins sinueux possible, une plate-forme de 6 m. 50 de largeur a été établie presque partout en déblai dans le rocher. La route de Villaroger, rencontrée sensiblement à mi-chemin, est franchie par-dessous, ce qui a nécessité l'établissement d'un pont métallique de 8 m. 30 de portée.

La pente moyenne des conduites est de 0,83 par mètre.

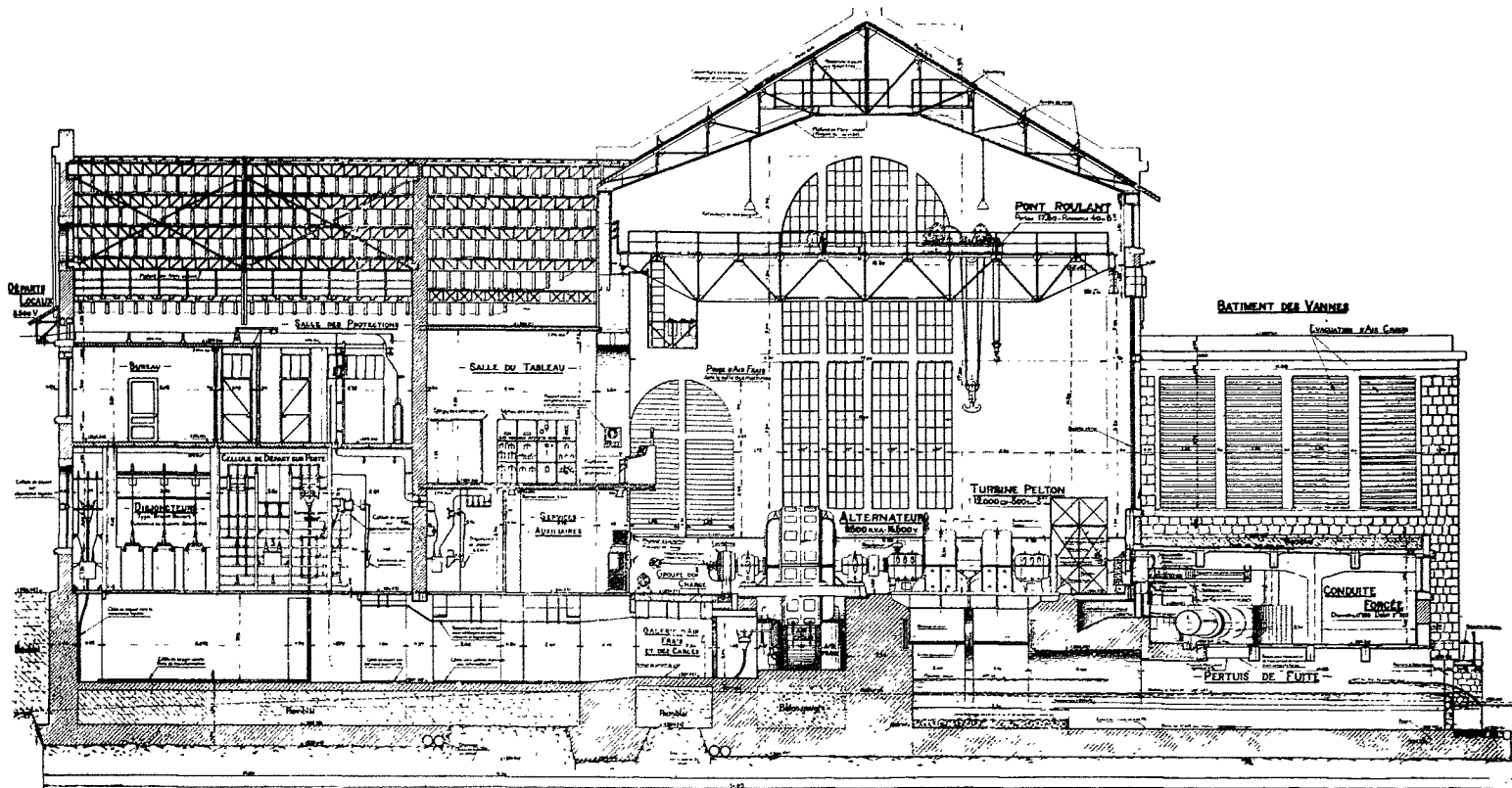
Les tronçons de 1 mètre de diamètre sont tous en tôle rivée, d'épaisseur variant de 5 à 16 mm. Le complément est en tôle soudée d'épaisseur variant de 14 à 27 mm.

de l'usine, il a été prévu un Venturi à chacune des conduites forcées. Toutefois, la *Société de la Haute-Isère* n'ayant pu trouver à faire construire ces appareils, les a remplacés, tout au moins à titre provisoire, par des indicateurs du système Gehre, dont les indications sont transmises à des manomètres différentiels placés dans la salle des machines au voisinage des turbines.

Collecteur transversal. — La disposition des quatre conduites indépendantes, alimentant chacune une turbine, présente l'inconvénient suivant :

La période de basses eaux coïncide sur les torrents des Alpes avec celle des grands froids. Pendant ces basses eaux, deux des turbines seulement de l'usine de Viclaire pourront fonctionner. Les deux autres turbines seront arrêtées et leurs conduites exposées aux accidents que peuvent provoquer les grands froids sévissant à ces altitudes.

Pour y parer, il est nécessaire de pouvoir assurer à chaque



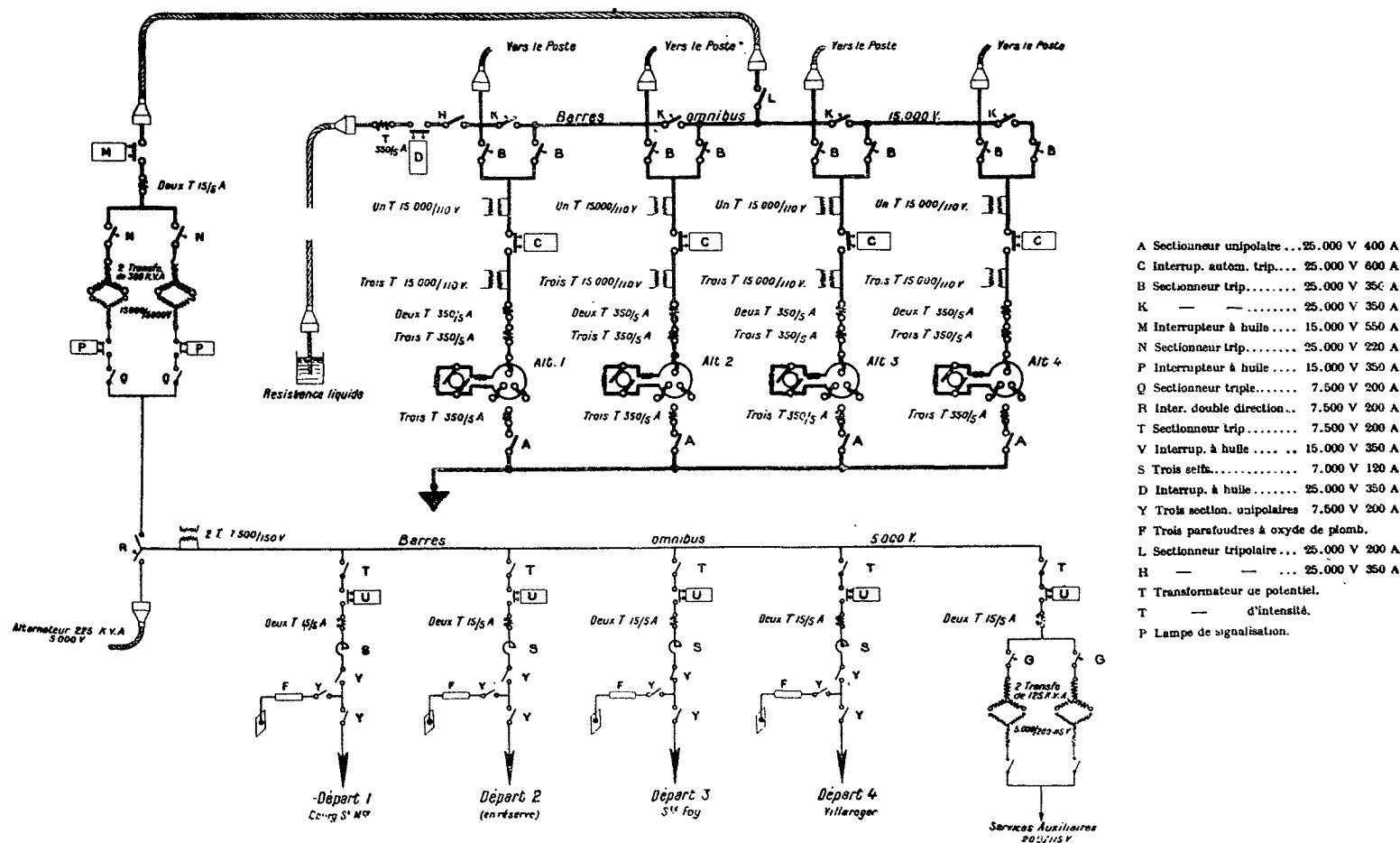
Coupe de l'Usine

conduite un débit minimum, en tout temps, d'au moins 300 litres-seconde.

Ce résultat est obtenu par un petit collecteur transversal de 400 mm. de diamètre, relié à chacune des conduites par une vanne. Pendant l'été, ces quatre petites vannes sont fermées et chaque conduite conserve son indépendance. Pendant l'hiver, au contraire, il suffit d'ouvrir ces petites vannes pour que le débit

réduit se répartisse sur les quatre conduites, tout en n'agissant que sur deux turbines.

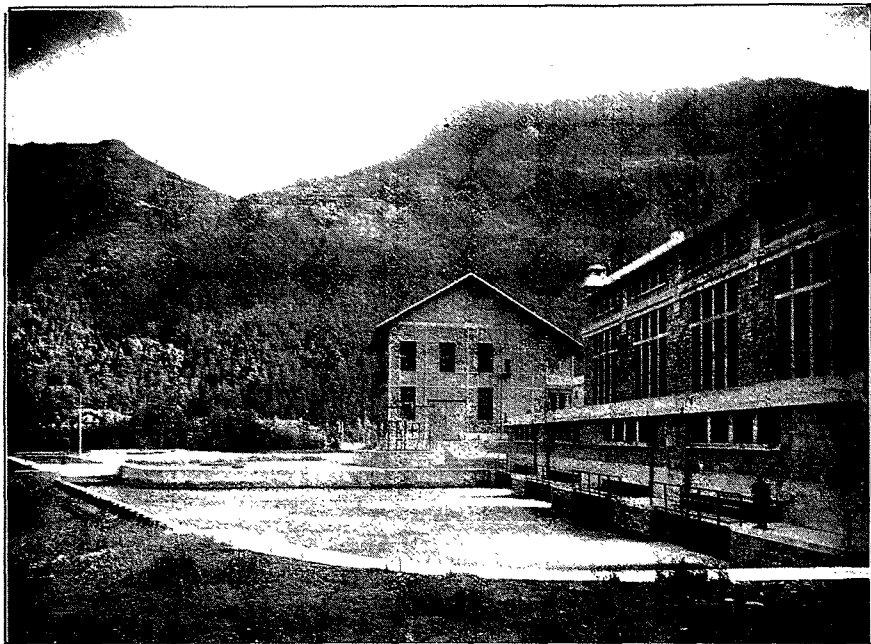
On conçoit aisément que cette répartition n'a aucun intérêt à arriver à l'équilibre complet. On est, du reste, maître de la répartition en créant à volonté, dans les conduites directement utilisées, une perte de charge supplémentaire par la fermeture partielle de sa vanne de tête.



- A Sectionneur unipolaire ... 25.000 V 400 A
- C Interrup. autom. trip... 25.000 V 600 A
- B Sectionneur trip... 25.000 V 350 A
- K ——— 25.000 V 350 A
- M Interrupteur à huile ... 15.000 V 550 A
- N Sectionneur trip... 25.000 V 220 A
- P Interrupteur à huile ... 15.000 V 350 A
- Q Sectionneur triple... 7.500 V 200 A
- R Inter. double direction... 7.500 V 200 A
- T Sectionneur trip... 7.500 V 200 A
- V Interrup. à huile ... 15.000 V 350 A
- S Trois sets... 7.000 V 120 A
- D Interrup. à huile ... 25.000 V 350 A
- Y Trois section. unipolaires 7.500 V 200 A
- F Trois parafoudres à oxyde de plomb.
- L Sectionneur tripolaire ... 25.000 V 200 A
- H ——— ——— 25.000 V 350 A
- T Transformateur de potentiel.
- T ——— d'intensité.
- P Lampe de signalisation.

Schéma des connections de l'Usine

On a profité de l'existence de ce petit collecteur transversal pour le prolonger par une tubulure de 200 mm. de diamètre qui alimente dans l'usine un groupe auxiliaire de 250 CV dont nous parlerons plus loin. Ce groupe peut ainsi être branché sur une quelconque des quatre conduites.



Usine de Viclaire — Canal de fuite

IV. — USINE

L'usine comprend essentiellement :

Le bâtiment d'arrivée des conduites forcées ;

La salle des machines ;

Les salles des tableaux et d'appareillage ;

Un atelier d'entretien ;

Les accessoires habituels : magasin, bureaux, laboratoire, chaufferie, etc.

Bâtiment des conduites forcées. — Les quatre conduites, à l'arrivée dans l'usine, traversent la salle des Venturis dont nous avons déjà parlé.

Puis, une salle est spécialement affectée : aux vannes d'arrêt des turbines, au collecteur transversal, à la robinetterie de Vidange, etc. Cette seconde salle est munie d'un pont roulant à main de 15 tonnes, permettant d'effectuer les manœuvres et réparations éventuelles.

Une troisième salle abrite les tuyauteries raccordant les vannes d'arrêt aux turbines elles-mêmes.

Tout ce bâtiment est construit en maçonnerie avec terrasse en ciment armé. Il a pour but de protéger tous ces organes délicats contre le froid et il est chauffable, d'abord par la circulation d'air chaud des alternateurs, et au besoin, par une tuyauterie de vapeur qui peut être alimentée par une chaufferie de secours.

Le sol de ce bâtiment, également en ciment armé, recouvre les pertuis du canal de fuite de chacune des turbines.

Salle des machines. — Cette salle comporte cinq travées de 10 mètres de largeur : quatre sont destinées aux quatre groupes turbine-alternateur. La cinquième est prévue comme travée de démontage, tant pour les groupes qui précèdent que pour les transformateurs.

En y ajoutant le petit espace ménagé pour quelques services auxiliaires de l'usine, la salle des machines présente, comme dimensions intérieures, 55 m. \times 17 m.

Turbines. — Les turbines sont du type Pelton. Elles comportent

chacune deux roues et un jet sur chaque roue. Elles tournent à 500 tours par minute. Le diamètre des roues est de 2 m. 150. Chaque jet a un diamètre de 160 mm. et peut débiter 1525 litres-seconde. Le débit de chaque turbine est donc à pleine ouverture de 3.050 litres-seconde. Sous une chute nette de 385 mètres, la puissance sur l'arbre est de 13.000 CV.

Chaque jet est muni d'un déflecteur dont la durée de fonctionnement est seulement de une seconde et demie. Par contre, le mouvement de l'aiguille est muni d'un dispositif permettant de régler la vitesse de manière à amortir presque complètement les coups de bélier. La fermeture de l'aiguille est réglée généralement pour s'opérer en une trentaine de secondes.

Le poids de chaque turbine est de 78 tonnes.

Les rendements garantis sont :

A demi-charge.....	82 %
A trois-quarts de charge.....	86 %
A pleine charge	84 %

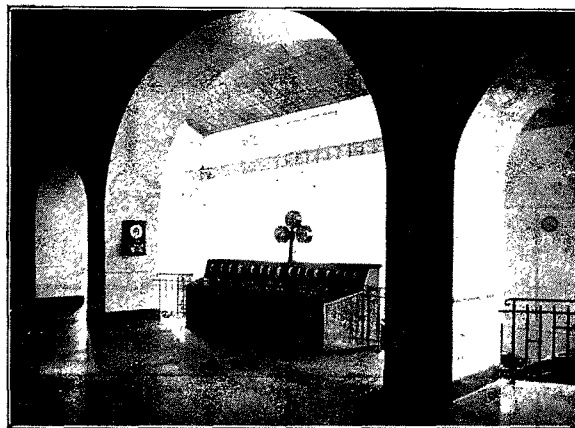
Alternateurs. — Les alternateurs triphasés, 50 périodes, sont accouplés à chaque turbine par un manchon rigide. Chacun d'eux porte son excitation en bout d'arbre.

Le tension normale de fonctionnement a été prévue à 15.000 volts ; mais la nécessité de maintenir la constance de la tension à l'extrémité d'une ligne de 250 kilomètres a conduit à prévoir une marge importante pour le réglage. Cette marge est de 10%.

de sorte qu'il est prévu que la tension aux bornes variera entre 13.500 et 16.500 volts. Les machines ont donc été isolées pour ce dernier voltage et éprouvées, lors des essais, à 34.000 volts dans l'obscurité.

Cette haute tension a été choisie, d'une part, pour réduire la section de toutes les connexions dans l'usine et, d'autre part, pour permettre, lorsque la *Société de la Haute-Isère* aura équipé de nouvelles chutes, de relier plusieurs de ses usines directement par câbles souterrains à un poste unique de transformation éloigné de 2 à 8 kilomètres.

Les alternateurs sont prévus pour une puissance de 9.500 kw. avec un cos. de 0,9, soit 10.500 kva.



Usine de Viclaire — Pupitre

Le poids de chaque alternateur est de 83 tonnes et son rendement de 96% à pleine charge avec cos. 0,9.

Groupe auxiliaire de 250 CV. — Pour éviter, en cas d'arrêt, l'interruption générale des services de l'usine et ne pas avoir à laisser en marche un groupe de 13.000 CV lorsque ces services seront seuls à fonctionner, il a été installé à l'extrémité de la

salle des machines un petit groupe auxiliaire branché dans le prolongement du collecteur transversal de 400 mm. dont nous avons déjà parlé.

Ce petit groupe est constitué par une turbine Pelton à une roue et un jet de 250 CV à 1.000 tours.

Cette turbine est accouplée, par manchon élastique, avec un alternateur de 225 kva. donnant du courant triphasé 50 périodes à la tension de 5.000 volts. Cette tension est celle du sous-réseau local qui se trouve pouvoir être ainsi alimenté directement. Les services généraux de l'usine sont eux-mêmes alimentés en courant 200-115 volts par un transformateur au rapport de 5.000/200-115 dérivé du sous-réseau local.

Pompes. -- La même salle des machines renferme deux groupes de pompes constitués chacun par une pompe centrifuge accouplée avec un moteur triphasé de 30 CV.

Chacune de ces pompes refoule l'eau à 20 mètres de hauteur dans un réservoir souterrain alimentant tous les services de l'usine, notamment le refroidissement des paliers des gros groupes électrogènes.

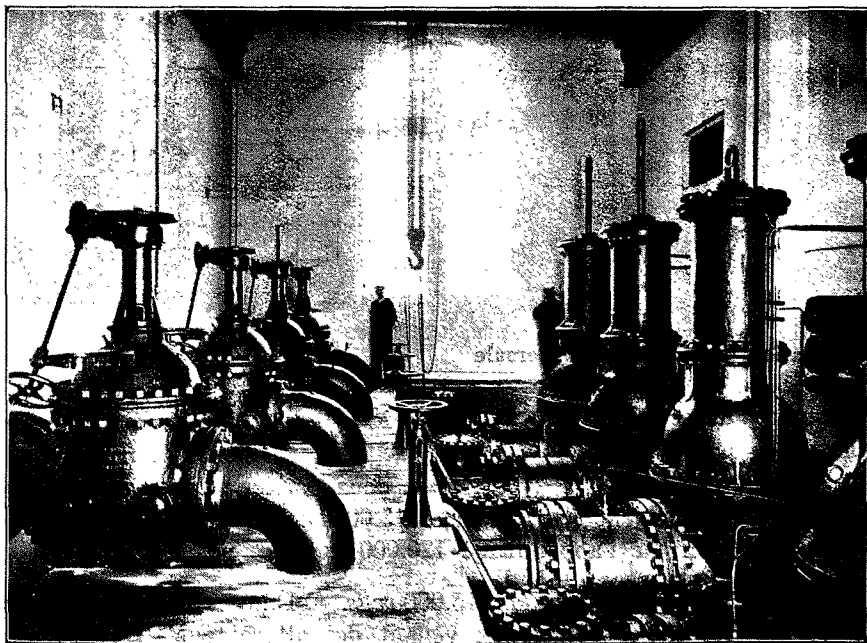
Pont roulant. -- La hauteur sous plafond de la salle des machines est de 16 mètres.

À 11 m. 50 de hauteur au-dessus du sol se trouvent les rails d'un pont roulant électrique de 40 tonnes. Son chariot porte un treuil auxiliaire de cinq tonnes.

Ce pont roulant permet toutes les manœuvres de montage, démontage, réparations, etc..., dans la salle des machines.

En dehors de ce rôle, il est encore utilisé pour le décuage et le démontage des transformateurs élévateurs à 120.000 volts.

Ces transformateurs, dont le poids individuel est de 30 tonnes, peuvent être très facilement amenés de leur poste dans la salle



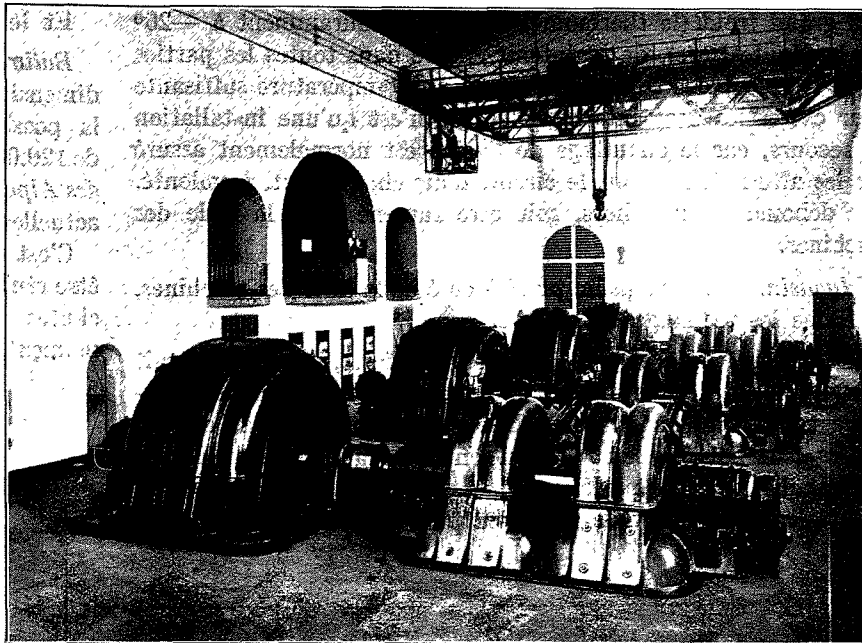
Usine de Viçlaire — Vannes d'arrêt

des machines où la travée de démontage déjà indiquée permet rapidement toutes leurs réparations. Toutefois, le décuage des transformateurs nécessite une hauteur utile de 14 mètres. Comme le pont roulant n'est qu'à 11 m. 50, de hauteur, le complément a été obtenu par une fosse de 4 mètres de profondeur où l'on peut descendre préalablement les transformateurs assemblés.

Salles des tableaux et d'appareillage. -- Les tableaux de l'usine ont été réduits à une extrême simplicité

Un pupitre assure la commande des quatre machines ;

Un tableau, placé à l'arrière du pupitre, porte les appareils enregistreurs et les relais de sécurité ;



Usine de Viçlaire — Salle des Machines

Un troisième tableau assure la distribution locale ;

Un quatrième tableau règle tous les services auxiliaires de l'usine.

Chaque machine a son disjoncteur et son câble spécial allant au poste de transformateurs. Un jeu de barres omnibus permet, en cas d'accident, d'affecter un câble quelconque à une machine quelconque. Eventuellement, ce même jeu de barres permettrait une mise en parallèle générale.

Le réseau de distribution locale est prévu par application de l'art. 10, § 6, de la loi du 16 octobre 1919 : la puissance réservée au département doit être en partie affectée à l'éclairage des communes voisines de l'usine. Pour cela il a été aménagé un jeu de barres omnibus à la tension de 5.000 volts, alimenté soit par deux transformateurs de 300 kva. chacun au rapport 15.000/5.000 volts, soit directement, grâce à un inverseur, par le petit groupe auxiliaire de 225 kva./5.000 volts dont il a déjà été parlé.

Sur ce jeu de barres omnibus 5.000 volts, cinq départs sont prévus :

Trois de ces départs alimentent des communes voisines ;

Le quatrième est en réserve pour desservir les futurs chantiers des autres chutes de la Société ;

Le cinquième alimente un transformateur de 125 kva. au rapport 5.000/200-115 pour les services généraux de l'usine.

Cet appareillage est complété par les parafoudres à bioxyde de plomb des quatre départs aériens du réseau de la distribution locale.

Atelier d'entretien, laboratoire, magasin, etc.— Atelier. -- L'atelier de l'usine de Viçlaire est assez puissamment outillé parce qu'il devra assurer l'entretien de toutes les usines de la Société. Il dispose d'une double forge et de sept machines-outils pour le travail des métaux. Un pont roulant à main de 15 tonnes le dessert.

Laboratoire. — Le laboratoire est surtout organisé pour les essais physiques et électriques des huiles dont le poste de transformateurs voisin possède un important tonnage qui doit être soumis à un contrôle constant et des plus stricts.

Chaufferie. — La chaufferie, constituée par deux petites chaudières « Idéal », permet, en cas d'arrêt général de l'usine par très grand froid (le thermomètre descend couramment à -20° sur la Haute-Isère), de maintenir encore dans toutes les parties où se trouvent des tuyauteries d'eau une température suffisante pour éviter les accidents de gelée. Ce n'est qu'une installation de secours, car le chauffage de l'usine est normalement assuré par les alternateurs dont le circuit d'air chaud peut, à volonté, soit déboucher au dehors, soit être ramené dans la salle des machines.

Magasin. — Le magasin, placé à côté de la salle des machines, renferme les rechanges de ces dernières.

Résistance liquide. — A côté du canal de fuite, il a été construit une résistance liquide qui peut absorber au maximum la puissance totale d'un alternateur. Elle peut être alimentée en eau par les deux pompes de 30 CV qui sont dans la salle des machines et dont il a déjà été parlé.

Cette résistance liquide a surtout pour but, lorsqu'un déclan-

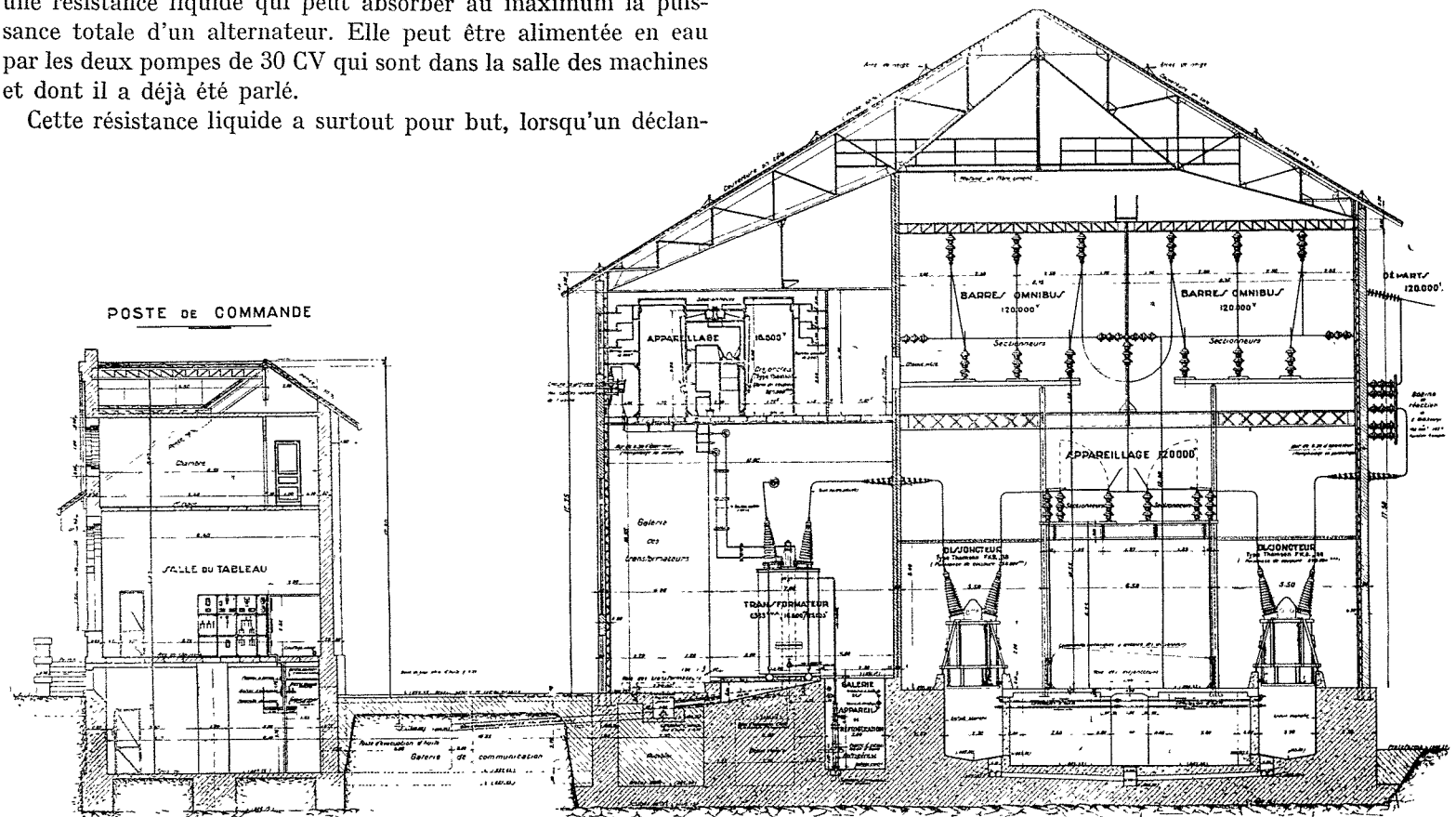
lait y amener la chute du Saint-Claude. C'est un bâtiment couvert et fermé, en raison des énormes quantités de neige tombant parfois sur la région.

Il comprend essentiellement deux bâtiments :

Le bâtiment des transformateurs et de leur appareillage, lequel comporte une salle 15.000 volts et une salle 120.000 volts ;
Et le bâtiment des commandes.

Bâtiment des transformateurs et de leur appareillage. — Les dimensions de ce bâtiment ont été étudiées en tenant compte de la possibilité de porter ultérieurement la tension au départ de 120.000 à 150.000 volts lorsque la *Société de Transport d'Énergie des Alpes* jugera cette dernière nécessaire. Il n'est toutefois équipé actuellement que pour 120.000 volts.

C'est une très grande construction en fer dans laquelle doivent être réunies, plus tard, les énergies produites par toutes les autres chutes de la Haute-Isère, soit 100.000 Kw. Pour le moment, la première moitié seule est construite et la fermeture,



Poste de Transformation — Coupe transversale

chement général se produira, en hiver, de permettre d'assurer encore aux conduites motrices de l'usine un débit d'eau suffisant pour éviter tout accident.

Canal de fuite. — Sous chaque turbine, un puits de 6 mètres de largeur assure le départ de l'eau. Il est partiellement fermé à son débouché dans le canal de fuite par un batardeau assurant une retenue minimum de 1 mètre, nécessaire pour empêcher l'affouillement du radier en cas de fonctionnement des déflecteurs.

Le canal de fuite comporte également une partie rigoureusement rectiligne de 49 mètres de longueur portant à son extrémité aval un déversoir de Bazin pour la mesure des débits.

V. — POSTE DE TRANSFORMATEURS

Le poste de transformateurs est situé à une distance de 40 mètres de l'usine, tant par mesure de sécurité que pour permettre éventuellement l'extension de cette dernière si l'on vou-

du côté opposé à l'usine de Viçlaire, n'est assurée que par une cloison provisoire.

Ce bâtiment est divisé en deux parties : dans l'une se trouve uniquement l'appareillage 15.000 volts ; l'autre, au contraire, renferme l'appareillage 120.000 volts.

Salle d'appareillage 15.000 volts. — Dans cette salle aboutissent les câbles principaux venant des alternateurs. Deux jeux de barres omnibus permettent les groupements désirables. Le tout est complété par des disjoncteurs d'arrivée des câbles et des départs sur les enroulement B. T. des transformateurs-élevateurs. En outre, les transformateurs de potentiel et d'intensité des appareils de mesure, ainsi que les sectionneurs de jonction se trouvent groupés dans cette même salle.

Salle d'appareillage de 120.000 volts. — Cette salle, dans son état actuel, renferme deux groupes de transformateurs :

Chacun d'eux est constitué par trois éléments monophasés de chacun 6.333 kva. Un septième élément est disponible comme rechange.

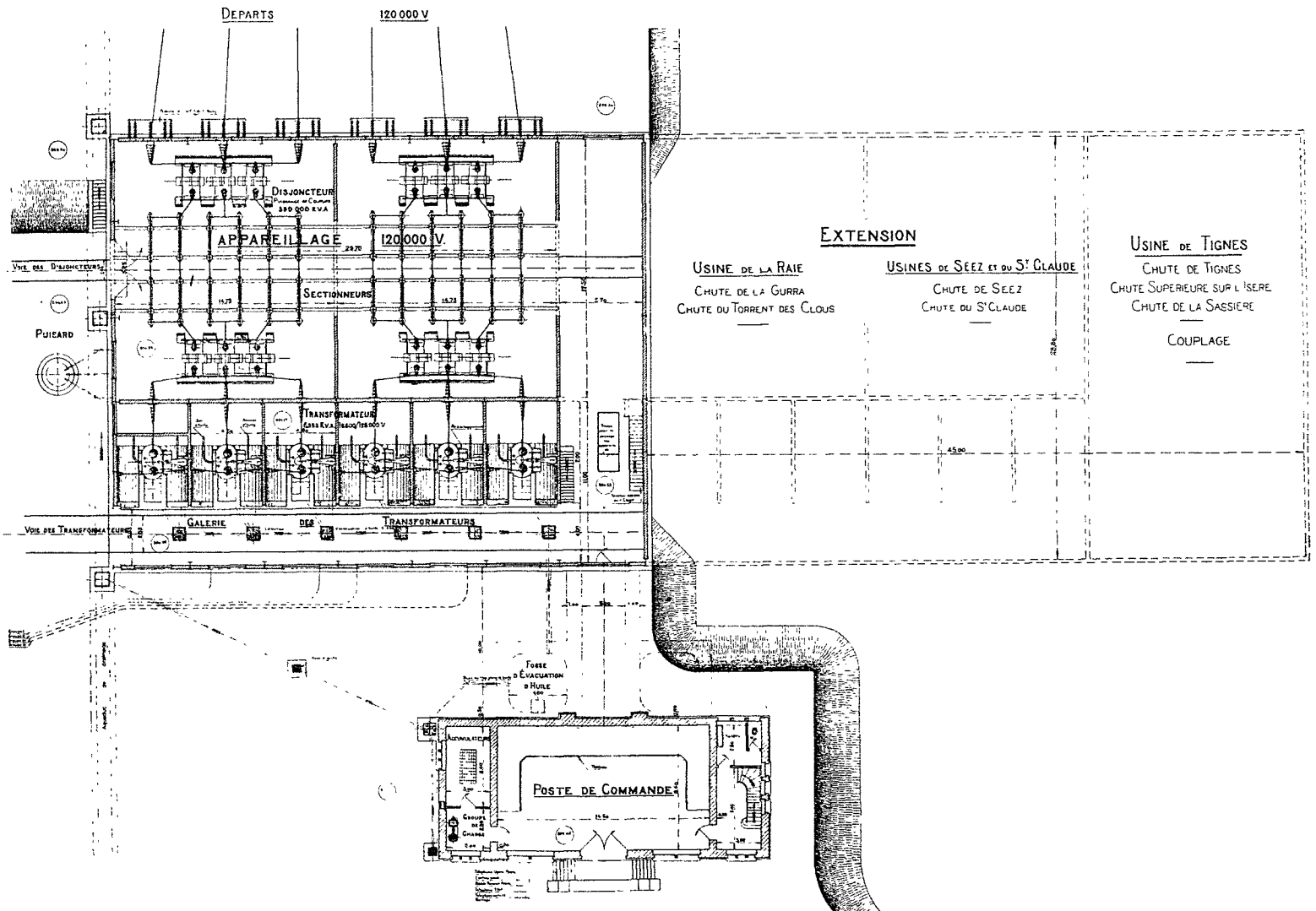
Chaque groupe est connecté en triangle du côté B. T. et en étoile du côté H. T. Le neutre peut être mis à la terre. Ces groupes ont donc chacun une puissance de 19.000 kva. et sont établis pour élever la tension de 16.500 à 125.000 volts. Chaque élément de ces transformateurs pèse 30 tonnes, dont 18 tonnes de métal et 12 tonnes d'huile. Ils sont à refroidissement par circulation d'huile : un groupe moto-pompe placé en sous-sol au pied de chacun des éléments, fait circuler l'huile dans un réfrigérant. Ce dernier comporte, d'autre part, une circulation d'eau assurée par une pompe spéciale qui alimente à la fois trois éléments.

une bobine de self (5 milli-Henrys) et les fils vont se raccorder directement sur le portique de départ de la S. T. E. D. A.

Il a été installé également près de ces bobines des indicateurs de terre par lampes au néon.

Entre les selfs et le portique, il a été réservé un espace libre de 30 mètres de largeur pour le cas où l'on déciderait ultérieurement d'ajouter des parafoudres mais, pour le moment, aucun de ces appareils n'est établi.

Manutention de l'huile. — Chaque groupe de transformateurs de 19.000 kva. comporte environ 45 tonnes d'huile. Lorsque le poste sera complet, c'est donc un total de 180 tonnes d'huile qui sera continuellement en service. Celle-ci demande à être



Plan d'ensemble du Poste — Rez-de-chaussée

La quantité d'eau de réfrigération nécessaire est de 60 litres par élément monophasé et par minute.

En dehors des transformateurs, la salle comporte un double jeu de barres omnibus, les sectionneurs de jonctions, un disjoncteur côté H. T. des transformateurs, et un disjoncteur identique sur chaque départ de ligne.

Tout l'appareillage de cette salle est du type Standard américain de 135.000 volts. Les isolateurs sont tous du type rigide à trois éléments et ils sont tous disposés de telle sorte qu'il suffira d'y ajouter un quatrième élément identique pour permettre le passage à la tension de 150.000 volts. Mais, par contre, lorsque ce changement de tension s'opérera, il sera nécessaire de changer es transformateurs et les disjoncteurs.

Protection. — En sortant du poste, chaque fil de départ traverse

constamment vérifiée et périodiquement filtrée. De plus, une certaine quantité d'huile de réserve doit être prévue.

Pour cela il a été établi, dans le sous-sol du poste, six réservoirs ayant chacun une capacité de 10 m³ et renfermant, trois de l'huile à filtrer, et les trois autres de l'huile filtrée.

Une installation spéciale de tuyauterie avec pompes, filtres, permet toutes les manutentions nécessaires, et le laboratoire prévu dans l'usine assure le contrôle permanent de la qualité de l'huile.

Bâtiment des commandes. — Par mesure de sécurité, toutes les commandes du poste ont été groupées dans un petit bâtiment en pierre éloigné de 10 mètres du bâtiment précédent et ne communiquant avec lui que par une galerie souterraine munie de portes métalliques. Ce bâtiment comporte une salle principale

avec tous les appareils de commande, de mesure et de contrôle du poste de transformateurs. Il permettra plus tard de diriger de ce point la marche de toutes les usines de la Société. Dans cette même salle aboutissent trois réseaux téléphoniques : l'un est le réseau téléphonique privé de la Société, relié à toutes les usines qu'elle possèdera (téléphone automatique); le second est le téléphone de la S. T. E. D. A., communiquant directement avec Lyon; le troisième relie cette salle au bureau des P. T. T. de Bourg-Saint-Maurice.

A côté de la salle principale dont nous venons de parler, ce poste renferme une batterie d'accumulateurs alcalins Saft

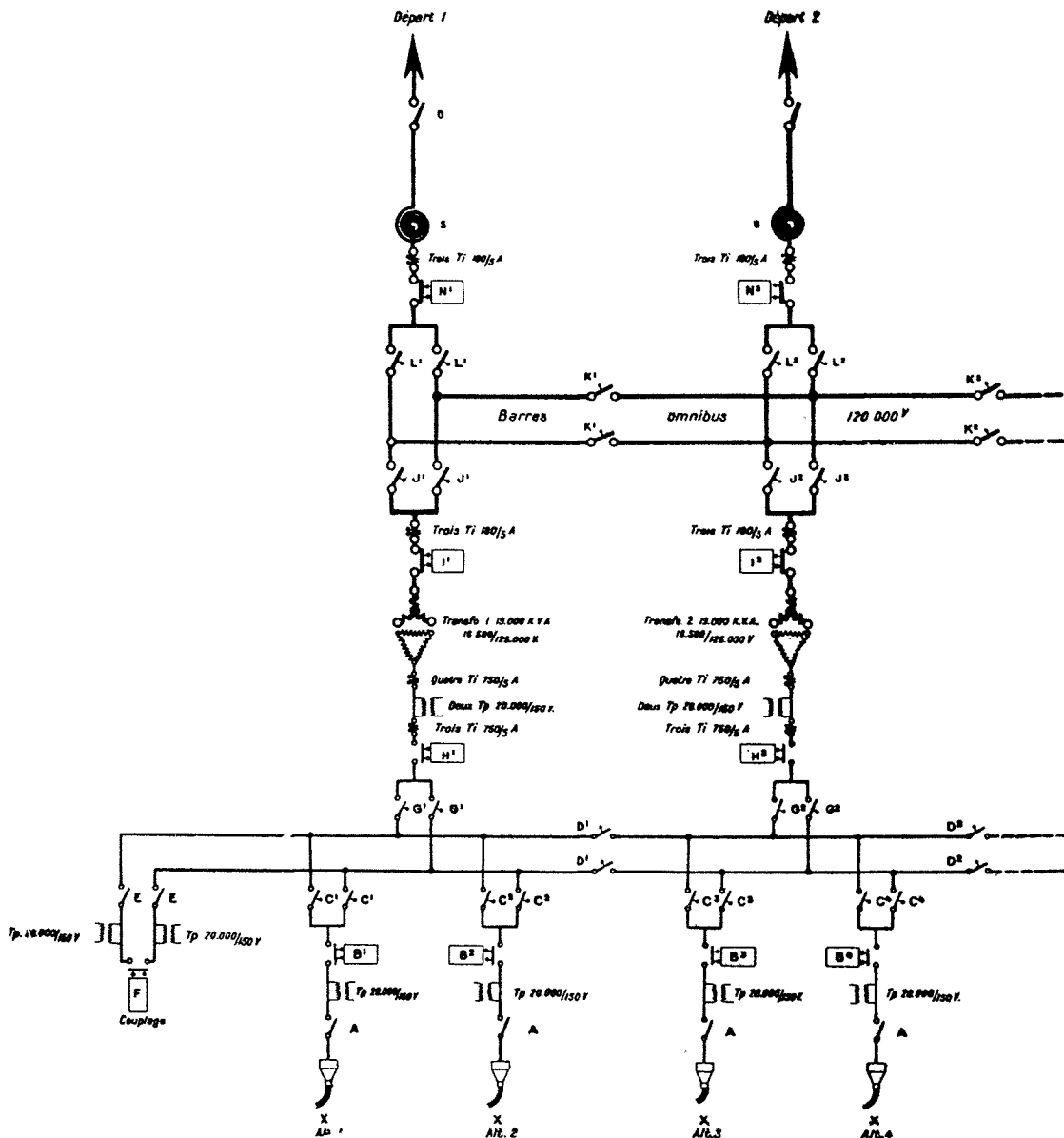
Cette cité comporte cinq pavillons renfermant onze logements dont une maison pour une école enfantine.

Il s'y trouve, en outre, les annexes nécessaires : lavoir, écurie, remise, garage, etc.

VII. — EXÉCUTION DES TRAVAUX

Les travaux ont été exécutés de 1919 à 1927 avec la collaboration des principaux constructeurs suivants :

La Société générale d'entreprises, de Paris, pour les travaux de génie civil ;



A	Sectionneur simple...	15.500 V	550 A
B	Disjoncteur.		
C	Sectionneur triple....	15.000 V	350 A
D	— — — — —	—	1.500 A
E	— — — — —	—	1.500 A
F	Interrup. de couplage	15.000 V	1.500 A
G	Sectionneur trip....	15.000 V	800 A
H	Disjoncteur.....	15.000 V	800 A
I	— — — — —	120.000 V	
J K L	Section. triple....	120.000 V	350 A
N	Disjoncteur.....	120.000 V	550 A
O	Sectionneur S. T. E. D. A.		
S	Bobine de self	120.000 V	165 A S. M. H.
X	Câbles venant de l'usine	15.000 V	
		3 × 225	$\frac{mm^2}{20}$

Ti Transformateur d'intensité.
 Tp Transformateur de potentiel.
 O Lampe de signalisation.

Schéma des connexions du Poste de transformation

de 132 ampères-heures et son groupe de charge, le central de téléphonie automatique de la Société et une petite installation de chauffage central permettant, en cas d'arrêt par très grand froid, de maintenir dans les sous-sols du poste où se trouve tout un réseau de canalisation d'eau, une température suffisante pour éviter les accidents dus à la gelée.

VI. — MAISONS OUVRIÈRES.

La région dans laquelle se trouve établie l'usine de Viclaire étant dépourvue de toute ressource, la Société de la Haute-Isère a dû établir une petite cité ouvrière assurant le logement de ses agents.

Les Etablissements Bouchayer et Viallet, de Grenoble, pour les conduites forcées ;

Les Ateliers Neyret-Beylier et Piccard-Pictet, de Grenoble, pour les turbines ;

La Compagnie Electro-Mécanique, de Paris, pour les alternateurs ;

La Compagnie Française Thomson-Houston, de Paris, pour les transformateurs principaux et les tableaux ;

Les Etablissements Grammont, de Lyon, pour les transformateurs auxiliaires et les câbles principaux.