

chaque conduite de sept pieds se trouva divisée en tubes soudés de 4 pieds 9 pouces d'épaisseur variant de  $7/8$  à 1 pouce  $1/16$  sur une longueur de 732 pieds ; le diamètre est ensuite réduit, pour les 364 derniers pieds, à 4 pieds  $1/2$  avec des épaisseurs de 1 p.  $1/16$  à 1 p.  $1/8$ .

Les joints sur les tubes soudés sont du type à recouvrement avec double clouure. L'une des extrémités des viroles est façonnée en bourrelet, dans lequel pénètre l'extrémité de la virole suivante, et rabattue sur cette dernière. Les joints employés sur les tubes frellés sont faits avec de robustes brides à double rivure. Des collerettes spéciales réunissent les pièces d'acier fondu aux conduites avec interposition d'une garniture de caoutchouc qui assure une parfaite étanchéité.

Immédiatement après la bifurcation sont installées les vannes à aiguille, système Pelton, commandées hydrauliquement de la Station centrale par des servo-moteurs, maintenues sous la pression de la conduite. Le vannage à aiguille est commandé sous une pression maxima de 678 pieds.

Trois reniflards permettent l'accès de l'air en cas de vidange des conduites. Le premier est placé à côté des vannes à papillon, un autre au sommet de la déclivité et le dernier juste au-dessous des vannes à aiguilles où se trouve également une valve à chasse d'air.

Les joints de dilatation sur les conduites de 7 pieds qui sont entièrement à l'air libre, sont placés en trois points au dessous de gros blocs d'ancrage en béton suffisant pour résister à la poussée produite par une variation de température de  $110^{\circ}$  F. Cette variation ne pourra être atteinte que pendant la période de construction quand les conduites sont vides. Les joints, du type à glissement, permettent un mouvement total de 1 pied  $1/2$ .

Des selles en fonte dressées à l'angle convenable pour supporter la conduite sont scellées dans des blocs de béton tous les 20 pieds.

Au-dessous des valves à aiguilles, les conduites étant enterrées, on a admis que les tensions dues aux changements de températures ne déforment pas sur les conduites.

**MISE EN PLACE DES CONDUITES.** — Les conduites et les machines dont certaines pièces pèsent 15 tonnes furent transportées de Saugus, à 17 miles de là, par des attelages de 10 mules et plus, en utilisant des voitures et des haquets dont les bandages avaient 8 pouces de large. Les conduites furent roulées sur des madriers, descendues dans les tranchées et alignées avec des vérins.

Une voie normale fut établie le long des conduites. La force motrice d'une machine d'extraction de 75 HP, installée sur le plateau des vannes à aiguille, fournit la force motrice ; un treuil de 100 HP fut établi au sommet des conduites.

Les tuyaux et les autres matériaux furent traînés le long de la pente sur un petit chariot plat mû par un câble d'acier « Pacific » de 1 pouce. Les voies sont placées le long de chaque conduite en sorte qu'un chariot chargé d'une virole peut être aiguillé au sommet et conduit à la place voulue.

**USINE GÉNÉRATRICE.** — Une Centrale en béton armé dont les dimensions en plan sont de 99 pieds  $1/2$  par 200 pieds, est en construction au bas de la colline à un coude brusque de la « Clearwater Creek », qui recevra l'eau de l'aqueduc en attendant l'achèvement de ce dernier.

Les génératrices Westinghouse sont construites pour développer 7500 kw. avec un facteur de puissance de 0,8. Elles sont calées sur un arbre horizontal accouplé à chacune de ses extrémités à une turbine Pelton avec ajutages à in-

jection compensée. Les deux turbines qui ont ensemble une puissance nominale de 14000 HP, sont contrôlées par des régulateurs Lombard. En cas de chute brusque du couple résistant, la buse compensatrice d'injection, placée sous la roue, s'ouvre et l'eau frappe un brise jet absorbant la force vive. La protection des conduites est assurée par la chambre de dilatation, les régulateurs manœuvrés synchroniquement ouvrant la seconde buse ; en cas de nécessité, une dérivation est prévue en arrière de la centrale où des vannes automatiques peuvent être installées pour la relier avec les conduites.

Le courant est produit à 6600 volts, et son voltage peut être élevé à 106000 volts pour le transport à distance.

Un pont roulant électrique Swan de 50 tonnes dessert le hall des alternateurs, et une voie de service le long des transformateurs permet le transport des pièces lourdes sur les wagons.

Les bâtiments sont fondés sur le rocher, et entièrement faits en béton. Les toitures terrasses, de 2  $1/2$  et 3 pouces d'épaisseur, sont renforcées avec des poutrelles et les larges fenêtres sont munies de châssis métalliques.

**BASSIN DE DÉCHARGE.** — Le bassin de décharge, de forme trapézoïdale et profond de 20 pieds, précède l'entrée du tunnel amenant l'eau à la Centrale de San Francisquito n° 2. Il est construit dans le lit de la rivière, approfondie jusqu'au rocher résistant, et garni d'un revêtement en béton. Un mur en béton armé fortement arcbuté sépare le canal de fuite de la route et du canal bétonné qui détourne l'eau du torrent. A la partie inférieure est un canal d'écoulement calculé pour le passage de 1000 pieds par seconde, et muni de vannes de  $6 \times 7$  pieds et d'un déversoir calibré de 15 pieds. Une grille de sûreté placée à l'entrée du tunnel est formée de barres de  $3/16$  de pouce distantes de 2 pouces. Des rainures ménagées à l'entrée du tunnel peuvent recevoir des madriers obturant ce dernier rejetant l'eau dans le lit de la rivière, et permettant l'accès du tunnel pour sa construction ou les réparations.

**CONSTRUCTION DES BATIMENTS.** — Les mélangeurs de béton sont placés dans le bassin de décharge vers le milieu du mur Sud de la station. Une tour de 110 pieds de haut fut construite. Un mélangeur Ransome de 1 yard cube décharge le béton dans une benne élévatrice qui se déverse à son tour dans une trémie placée à la partie supérieure de la tour. Les tuyaux de coulée et de répartition du béton furent faits primitivement avec des tubes d'aération de 10 à 12 pouces, utilisés pour ventiler les tunnels, mais il se produisit des engorgements pour les longues distances et on les remplaça par des rigoles ouvertes.

Le grès broyé fut extrait d'une carrière ouverte sur le flanc de la colline à 600 pieds de là. Le sable, pris dans le lit de la rivière au-dessous de la carrière, est monté à une trémie placée au-dessus de la voie ferrée. Le sable et la pierre sont versés dans des wagonnets à bascule, traînés par une locomotive électrique Westinghouse de 4 tonnes utilisée auparavant pour la construction des tunnels. La voie conduit les matériaux aux mélangeurs à béton d'où le béton est repris, comme il a été indiqué plus haut.

## DISTRIBUTION MÉCANIQUE DU BÉTON SUR LES GRANDS CHANTIERS

On vient de voir, dans l'article précédent, l'ingénieur moyen qu'emploient les constructeurs pour répartir écono-

miquement et avec rapidité, de grandes masses de béton sur les divers points très éloignés les uns des autres du vaste chantier d'édification de l'usine de San Francisquito. Cette tour du haut de laquelle on fait couler le béton par de longues rigoles rayonnant vers les divers points du chantier où il doit être distribué, constitue une machine originale, puissante et pratique dont s'enrichit l'outillage moderne des grandes entreprises de travaux publics.

C'est un exemple des combinaisons ingénieuses que suggèrent aux grands constructeurs la nécessité où les placent souvent les difficultés de l'ouvrage à exécuter, de mettre en œuvre des engins spéciaux, répondant aux circonstances de lieux, de durée d'exécution et d'économie qui leur sont imposées. Aujourd'hui, l'appareillage mécanique et électrique à la disposition des entrepreneurs sur les grands chantiers, rend possibles les solutions hardies qui ont pour but l'économie et la rapidité dans la besogne, c'est-à-dire son exécution avec le minimum de main-d'œuvre. C'est ce dernier élément surtout que l'on cherche à réduire pour bien des motifs sur lesquels il est inutile d'insister ici. Mais il en est un qui s'impose d'une façon inéluctable, quand les travaux doivent être exécutés dans des régions peu peuplées, loin d'agglomérations industrielles où le problème du recrutement et de l'entretien de la main-d'œuvre est particulièrement difficile à résoudre. On ne doit pas être surpris de voir ces moyens étudiés plus spécialement dans les pays neufs, comme aux États-Unis par exemple. Il va de soi que les mêmes moyens peuvent trouver en certains de nos pays de montagne la même avantageuse application, en particulier dans la construction des grands barrages. Ces solutions, souvent improvisées sur le chantier même, peuvent en certain cas paraître hasardées : elles seraient peut-être sans avantages dans l'entreprise de constructions courantes, comme par exemple dans les travaux du bâtiment ; mais quand il s'agit d'opérer sur des chantiers considérables, l'importance des travaux à exécuter justifie des essais bien qu'ils doivent être coûteux. Aussi, le développement de ces grandes entreprises amène-t-il un progrès rapide dans l'emploi des engins mécaniques dont l'ingéniosité souvent n'a d'égale que la puissance de production.

La machine à distribuer mécaniquement le béton sur les divers points d'un chantier paraît avoir été employée pour la première fois à Englewood-Chicago. Il s'agissait de construire une rotonde du dépôt de locomotives à cette station, sur les terrains de la Compagnie des chemins de fer « Lake Shore and Michigan Southern Railway ». La construction devant avoir un diamètre de 135 mètres, et comporter de nombreux massifs de fondation en puits descendus à grande profondeur au-dessous du sol naturel, pour supporter le poids de toutes les machines à remiser, il y avait à confectonner et à couler en divers points du vaste emplacement d'énormes quantités de béton.

Après examen de différents moyens possibles pour opérer rapidement avec le minimum de main-d'œuvre, les entrepreneurs : Ford Philipps and Co, acceptèrent la solution proposée par la « Chain Belt Company ».

Un grand pylône, de 24 mètres de hauteur au-dessus du sol, formé de quatre faces en treillis métallique, a été monté sur une plateforme en bois avec châssis en fer et muni de roues en acier. Le système est donc mobile et permet à la tour de se déplacer sur 30 mètres de longueur en divers sens au moyen d'une voie spéciale. Sur ce charriot plateforme se trouve un moteur qui actionne d'une part un monte-charge dans la tour et d'autre part le mécanisme de

déplacement du charriot. Au sommet du pylône une plateforme reçoit le béton monté par l'ascenseur et sert à le déverser dans un tube en tôle d'acier galvanisé de 20 mètres de longueur et comportant sur 10 mètres une partie verticale. Ce couloir, muni de joints flexibles, et mobile dans toutes les directions, est déplacé à volonté dans le sens vertical et dans le sens horizontal au moyen de suspensions à câbles et poulies mouflées dont les mouvements sont commandés par un levier à main. La pente du tuyau-couloir ne descend guère au-dessous de 4 de base pour 1 de hauteur. Par ce système, que les Américains appellent des « chutes » (*concrete chutes*), on peut répartir rapidement de grandes masses de béton en tous les endroits d'un chantier très vaste où le travail en réclame. La photographie ci-jointe représente l'un de ces engins en fonctionnement.



TOUR DE DISTRIBUTION DU BÉTON SUR UN GRAND CHANTIER.

Sur le chantier d'Englewood-Chicago, le béton était confectonné dans des malaxeurs à environ 200 mètres du centre d'action de la tour distributrice, la configuration du sol ne permettant pas d'en rapprocher davantage cet atelier de préparation. Il était relié à l'appareil par une petite voie servant à la circulation des trains de wagonnets qui apportaient le béton à l'ascenseur.

L'emploi de cette méthode s'est rapidement propagé en Amérique. Pour la construction de l'usine hydro-électrique de Brunet Falls l'on a mis en œuvre deux tours métalliques, l'une de 55 mètres de hauteur et l'autre de 62 mètres, placées à 55 mètres l'une de l'autre. Le béton était distribué jusqu'à une distance de 92 mètres de chaque tour. Cette usine, sur la Chippewa River à Cornell (Wisconsin) est équi-

pée pour 20 000 HP et appartient à la « Brunet Falls Manufacturing Co ».

Le système des « chutes » fut également employé à la construction de l'usine de Twin Falls, de la « Peninsular Power Co », d'une puissance de 10 000 HP, sur la Ménoninee River, entre les Etats de Michigan et de Wisconsin (usine avec barrage en ciment armé de 12 m. de hauteur). Deux tours métalliques distribuaient le béton à 75 mètres de distance de leur pied ; les couloirs étaient constitués par des tuyaux fermés ayant une pente de 1 : 3.

Citons encore l'emploi du même système dans la construction du pont en béton armé de l'Atherton Avenue, à Pittsburg. Le béton était distribué au moyen d'une tour métallique de 34 mètres de hauteur placée au milieu du pont ; la pente de la « chute » était 1 : 4.

Dans l'édification des bâtiments de la nouvelle gare centrale des marchandises de la « Soo Line », à Chicago, on a fait également emploi des « chutes ».

Enfin, à l'heure actuelle, le système est pratiqué sur une grande échelle par la « Pacific Gas and Electric Co » pour la construction, en Californie, du barrage de la Yuba River. Cet ouvrage est de proportions gigantesques : achevé, il aura 79 mètres de hauteur. Il a pour but de porter à 100 millions de mètres cubes la capacité du « Spaulding Reservoir » actuellement formé par un barrage de 25 mètres. Le béton est malaxé au sommet de l'une des parois de la gorge, puis distribué sur tout le chantier au moyen de trois lignes de « chutes » qui délivrent ainsi 1 500 mètres cubes de béton par 24-heures.

Nous avons jugé intéressant de mettre ces exemples sous les yeux de nos lecteurs ; peut-être suggéreront-ils aux grands constructeurs qui se trouvent parmi eux quelque idée susceptible de leur être profitable.

H. B.

## LE PROBLÈME DE LA FIXATION INDUSTRIELLE DE L'AZOTE

Les diverses Solutions proposées (1)

### LES PROCÉDÉS DE FIXATION DE L'AZOTE

#### PROCÉDÉ SERPEK (SUITE)

Le point délicat dans l'opération Serpek, c'était évidemment la création d'un four pratique pour la conduite de la réaction. — A ce sujet nous citons textuellement le mémoire de l'auteur. — C'est à ce problème, dit-il, que s'est attelé la Société générale des Nitrures, de Paris, sous l'intelligente direction de son administrateur M. Badin, à l'usine de Saint-Jean-de-Maurienne, appartenant à la Société des Produits chimiques d'Alais et de la Camargue.

On emploie depuis longtemps dans l'industrie des ciments de grands fours tournants qui permettent de récupérer facilement la chaleur des produits formés. On s'inspira de cette idée pour adapter un four tournant à la fabrication de l'azoture. Mais la réalisation offrit tout d'abord d'assez grandes difficultés, faciles à comprendre en considérant la différence entre la température de formation du clinker de ciment et celle de l'azoture, 1 800°.

Une deuxième difficulté consistait en ce que les matières les plus réfractaires ne résisteraient guère à une température supérieure à 1 600°.

Bien entendu, la fabrication de l'azoture n'étant possible que dans un milieu privé de gaz carbonique, un chauffage électrique s'imposait.

Il fallait donc rechercher pour le revêtement des parties électriques du four tournant une substance, qui non seulement devait rester solide à une température d'au moins 1 900°, mais encore, ce qui augmentait la difficulté, telle que le revêtement du four soit en même temps mauvais conducteur pour l'électricité à ces températures. L'azoture possédant ces deux qualités fondamentales, il n'y avait donc pas autre chose à faire que de revêtir d'azoture le laboratoire tournant.

La section électrique exigeait environ 70 tonnes d'azoture pur. Mais pour produire cette masse d'azoture, un four était nécessaire et, pour construire le four, de l'azoture était indispensable. Voici comment fut résolue cette question essentiellement délicate.

On établit un premier four fixe, sorte de haut fourneau construit en briques réfractaires de la meilleure qualité et bien assemblées entre elles. En bas, une grosse électrode horizontale pénétrait jusqu'au centre du four, tandis que l'autre électrode verticale entraînait dans le four à la partie supérieure suivant son axe. Cette grosse électrode se prolongeait verticalement par la résistance de chauffage jusqu'à l'électrode inférieure. La résistance occupant ainsi l'axe du four, était constituée par une série d'anneaux de charbon superposés. Des tubes de charbon traversant la paroi du four amenaient l'azote dans le voisinage des anneaux de charbon pour réagir sur le mélange d'alumine et de charbon qui remplit le four.

L'azote employé dans ces essais était simplement du gaz de gazogène, sans purification spéciale.

Ce four fixe fonctionne dans les conditions suivantes. On envoie le courant par l'intermédiaire des deux grosses électrodes extérieures : la réaction commence après quelques minutes de chauffage ; les anneaux atteignent une température qui peut s'élever jusqu'à 2 500°. Au fur et à mesure que l'azoture se forme, la matière se contracte et un vide assez considérable se produit autour de la résistance, vide qui peut être comblé de temps à autre par l'introduction du mélange réactionnel qui s'azoture aussitôt. On produit ainsi de l'azoture cristallisé renfermant 30 à 33 pour 100 d'azote.

Malgré les bons résultats obtenus avec ce premier four, on s'attacha à la construction du four tournant qui, en fournissant une marche continue et en récupérant les chaleurs perdues, devait permettre d'obtenir un rendement supérieur.

Le four tournant est constitué essentiellement par deux cylindres tournants analogues à ceux employés dans l'industrie des ciments.

Ces deux cylindres placés l'un au-dessus de l'autre, légèrement inclinés en sens inverse, viennent déboucher par l'une de leurs extrémités dans une chambre fixe. Dans la partie centrale du cylindre inférieur, se trouve intercalé un four électrique à résistance amovible, facilement remplaçable quand cela devient nécessaire.

On verse la bauxite à l'ouverture supérieure du premier cylindre ; elle descend peu à peu le long de ce tube par l'effet de la pente et du mouvement de rotation. Elle arrive dans la chambre fixe où elle se mélange avec du charbon provenant d'une trémie, puis ce mélange passe dans le second cylindre, arrive dans la section électrique et s'y rencon-

(1) Voir *La Houille Blanche*, Septembre 1913, pages 277 à 281. — Communication de M. le Professeur C. MATIGNON à la Société pour l'Encouragement à l'Industrie Nationale.