

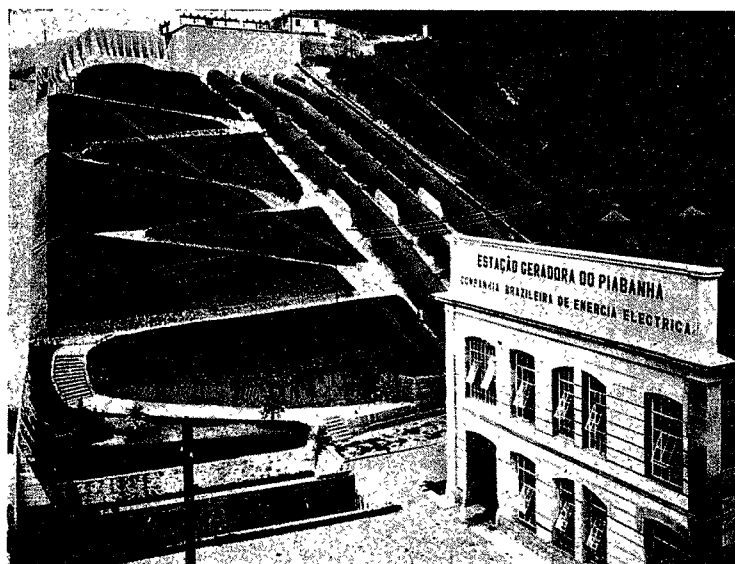
LA HOUILLE BLANCHE AU BRÉSIL

Le développement des grandes entreprises et, comme conséquence, le besoin de quantités croissantes de force motrice s'ajoutant à l'augmentation de prix du combustible, a conduit les ingénieurs et les électriciens de tous les pays à donner plus d'attention à la mise en œuvre de l'énergie électrique au moyen d'installations hydrauliques. Les bas prix auxquels on peut, par ce moyen, produire la force motrice, la facilité et l'économie avec lesquelles on la transmet à des distances relativement grandes, font que les pays où la force hydraulique se rencontre en quantité suffisante prennent peu à peu et sûrement une place prépondérante dans le monde industriel.

Notre rôle, dans ce Journal, a toujours été d'aider ce mouvement en France dans la plus large mesure. Tous les ingénieurs connaissent les réserves considérables d'énergie non encore utilisées dans les régions des Alpes, des Pyrénées et du Massif Central. Le grand problème de la transformation du Rhône en voie navigable avec récupération de sa puissance dynamique est sérieusement étudié et sera bientôt, nous l'espérons, transporté du domaine spéculatif dans celui de la pratique.

Comme exemple de ce que peut produire un tel mouvement, nous voulons aujourd'hui dire quelques mots des efforts énormes qui ont été réalisés pour mettre en valeur au Brésil une source d'énergie en rapport avec le magnifique développement de ce pays. Etant donné l'essor considérable de l'Agriculture, il devenait indispensable de créer la force motrice nécessaire pour la manutention des marchandises et le service de grands ports tels que Santos, Bahia ou Rio-de-Janeiro. Les installations d'éclairage électrique étaient encore rudimentaires, et les nombreuses industries de ces grandes villes demandaient une quantité toujours plus grande de force électrique.

MM. GUINLE and C^o, de Rio, Londres et New-York, ont compris toute l'importance de ce mouvement et ont créé la « Companhia Brasileira de Energia Electrica » pour répondre à tous ces besoins. Le programme qu'ils ont commencé à réaliser est très vaste et comprend l'aménagement de diverses chutes d'eau produisant une quantité totale de 150 000 chevaux. Une bonne partie des travaux est déjà terminée et



CHUTE DE PIABANHA. — CONDUITES ET USINE GÉNÉRATRICE



CHUTE D'ITATINGA. — CONDUITES FORCÉES

nous allons rapidement décrire quelques-uns des principaux ouvrages entrepris dans les Etats de Rio-de-Janeiro, Bahia et Sao-Paulo.

CHUTE DE PIABANHA. — Les chutes actuellement utilisées sont situées sur la Piabanha, juste avant son confluent avec la Fagundes et au-dessus de la gare d'Alberto Torrès de la « Leopoldina Railway Company ». Une digue barrant la Piabanha a été construite sur un banc de rochers émergeant au-dessus de la surface de la rivière en basses eaux. Cette digue a 110 mètres de long et 4 mètres de haut ; elle traverse obliquement la rivière, rejoignant le réservoir de prise sur la gauche. Ce réservoir mesure 15 mètres de large sur 25 mètres de long, avec des parois de 9 mètres de haut ; son sol est légèrement en pente, de sorte qu'aux vannes de distribution, il se trouve à un mètre au-dessous du niveau. Cette disposition permet de se débarrasser facilement des apports sableux de la rivière.

Trois lignes de tuyaux relie le réservoir de prise au réservoir principal ; elles sont divisées en sections. Ces conduites, en acier, ont une longueur totale de 2 200 mètres et reposent sur le roc ou sur des fondations en béton. Deux de ces lignes ont 1^m80 de diamètre et la troisième 2^m50.

Des routes et des tramways passent au-dessus des conduites sur des ponts en béton armé ou en acier, la ligne de tuyaux étant posée entièrement sur le sol.

Le réservoir principal est bâti d'une façon très massive en béton armé et mesure 50 mètres de long sur 7 mètres de large et 5 mètres de haut.

A cinquante mètres de la paroi, à l'endroit où les lignes de tuyaux pénètrent dans le réservoir, celui-ci s'élargit depuis les vannes jusqu'aux conduites d'utilisation. Sur l'une de ses faces un déversoir ramène l'eau en excès dans un canal de décharge ouvert qui aboutit à la rivière.

Il y a quatre conduites allant du réservoir aux turbines. Elles ont une longueur commune de 105 mètres. Trois ont 2^m80 de diamètre et conduisent l'eau aux grandes turbines. La quatrième, de 70 centimètres de diamètre, alimente les turbines actionnant les excitatrices. Chaque conduite repose sur un pilier séparé ; elles sont construites en acier et munies de soupapes à air et de valves de dégagement. Le collecteur mesure 57 mètres.

L'usine génératrice contient trois turbines doubles Francis du type à axe horizontal, sortant des ateliers J. M. VORTH, de Heidenheim ; elles développent chacune 5 150 HP, pour

une vitesse de 514 tours et sont munies de régulateurs. Elles sont accouplées directement à trois générateurs triphasés de 3 000 Kw. sous 2 300 volts et 60 périodes, construits par la GENERAL ELECTRIC COMPANY, Shenectady (Etats-Unis). Les excitatrices, de 75 Kw. sous 220 volts sont actionnées par deux turbines de 130 HP reliées directement avec eux ; chacune suffit à l'excitation des 3 alternateurs. On utilise 2 régulateurs Tirrill pour régler le voltage de ces excitatrices.

Le voltage est porté de 2 300 à 44 000 volts au moyen de transformateurs à huile, avec réfrigération d'eau; chaque unité ayant une puissance de 1 000 kilowatts.

Tous les commutateurs et rhéostats, générateurs et excitateurs sont mus électriquement à l'aide d'une batterie de réserve de 55 éléments d'accumulateurs au chlorure.

L'usine, que représente la première des photographies ci-jointes, est une belle et solide construction en briques et béton. On a établi à côté d'elle des villas pour les ingénieurs et le personnel.

La ligne de transmission, longue d'environ 50 milles, court à peu près en ligne droite, bien que dans une région très montagneuse depuis la station génératrice jusqu'à la station de distribution.

Pendant environ quatre mois de l'année, la pluie et les orages sont fréquents et souvent violents dans cette région, et comme la ligne suit, sur une grande partie de son parcours, le bord de la baie de Rio de Janeiro, et traverse quelques marais très étendus, on n'a pas tenté d'adopter un voltage de plus de 44 000 volts en raison de l'humidité.

La ligne de transmission se compose de deux canalisations triphasées en fils de cuivre, établies chacune pour transmettre 5 250 kilowatts.

A environ 30 kilomètres de l'usine génératrice de Castanheira, se trouve la station de distribution pourvue de tous les tableaux et parafoudres nécessaires au contrôle et à la commande de deux lignes d'arrivée et de six lignes de sortie.

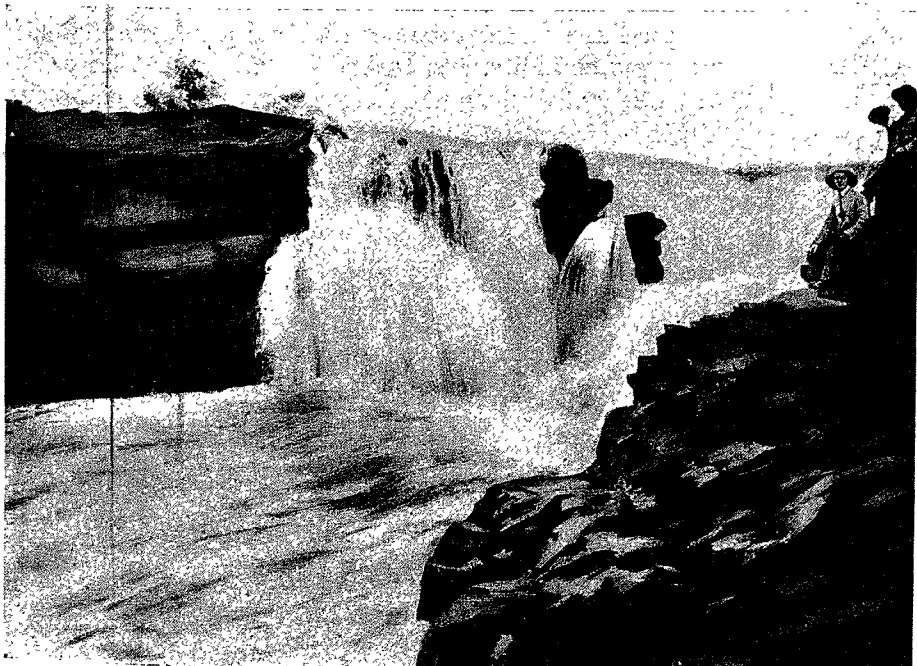


CHUTE D'ITAPANHAU

Cette station est le point de départ de deux lignes pour Rio de Janeiro, chacune d'environ 60 kilomètres de longueur, de deux lignes d'à peu près même longueur pour Nietheroy et deux autres d'environ 6 kilomètres pour Petropolis. Les quatre premières lignes fonctionnent à 44 000 volts et les deux plus courtes à 6 600 volts.

A la station distributrice se trouvent les transformateurs à huile nécessaires pour Petropolis et les environs. A Nietheroy, il y a 7 transformateurs de 750 Kw. abaissant le voltage à la tension convenable pour l'éclairage et les besoins industriels de cette ville.

La Compagnie Brasileira de Energia Electrica a terminé la construction de la sous-station de la ville de Rio de Janeiro, et l'établissement d'un réseau complet de distribution. Pendant l'exécution des travaux, on avait établi une station centrale à vapeur qui fournissait l'énergie nécessaire et servira plus tard de station auxiliaire assurant le service sans interruption en cas d'accident.



CHUTE DE BANANEIRAS

CHUTE DE BANANEIRAS. — La Companhia Brasileira de Energia Electrica, pour être en mesure de satisfaire dans l'avenir à la demande croissante d'énergie électrique dans l'Etat de Bahia, s'est assuré la possession de trois des plus grandes chutes du Paraguassu, à Bananeiras, Gamelleira et Timbora. Le programme comporte l'installation d'une puissance totale de 50 000 HP, bien que les chutes citées plus haut puissent fournir 100 000 chevaux.

Jusqu'à présent les travaux ont été effectués sur la seule chute de Bananeiras.

Le barrage, qui mesure 53 mètres de long sur 30 mètres de haut est construit en forme d'arc en travers de la rivière et est pourvu d'un trop-plein pour le libre écoulement des crues qui sont dangereuses dans la région.

Les chutes de Bananeiras sont situées en aval du plus grand affluent du Paraguassu, le Jacytype dont le régime est nettement torrentiel. Toutes les dispositions ont donc été prises pour que le niveau de l'eau ne dépasse pas la

limite prévue. Le barrage accumulera un maximum de 200 000 000 de mètres cubes d'eau, et bien que l'appareillage au début ne doive être que de 50 000 Kw., le barrage pourra être surélevé pour obtenir l'accumulation des eaux jusqu'à 100 000 kilowatts.

Le réservoir de prise se trouve sur le côté gauche du barrage, il est construit en granit et sert de départ pour 3 lignes de conduites en acier.

Ces conduites sont à sections. Elles ont 3^m70 de diamètre et 7 millimètres d'épaisseur. Mesurant 2 Kms 1/2 de longueur, elles reposent sur des supports en acier espacés de 2 mètres.

La chute totale est de 26 mètres.

Le réservoir principal a 1 920 m² de superficie. Construit en béton armé, il est muni d'un trop-plein de 8^m50 de large permettant de maintenir le niveau de l'eau constant et au-dessous du sommet du réservoir.

De là partiront 8 conduites d'acier de 2^m45 de diamètre et de 8 mm. d'épaisseur, reliant le réservoir à l'usine génératrice. On a également prévu une conduite de 0^m96 et de 7 mm. d'épaisseur pour alimenter les turbines commandant 2 excitatrices de 200 chevaux.

L'usine génératrice, construite en granit et béton armé, comporte une grande salle de 55 mètres sur 15 mètres de large pour les turbines et les alternateurs triphasés. Les turbines seront placées juste au-dessus du canal de décharge, et les câbles des alternateurs seront conduits au tableau de distribution par des caniveaux souterrains indépendants. Sur un des côtés seront situés les chambres des transformateurs, le tableau de distribution, les parafoudres, etc.

Pour faciliter le transport des matériaux nécessaires à la construction, un chemin de fer de 10 milles de long pour voie de 0^m76 a été établi entre Saint-Félix, le dernier port de la rivière Paraguassu et l'usine génératrice.

Un petit embranchement conduit l'énergie de l'usine génératrice à Cachoeria de St-Félix, à une distance de 7 milles et demi. La ligne principale de transmission a 63 milles de long et aboutit à la sous-station de Bahia. Une autre sous-station se trouve à Santo-Amaro, à 25 milles de l'usine.

Toutes ces stations sont munies de tous les appareils nécessaires pour le contrôle des lignes.

Les installations hydrauliques sont presque terminées et la moitié de la ligne de transmission est posée.

CHUTES D'ITATINGA. — Ces chutes, qui peuvent développer 60 000 HP, ne sont encore que partiellement utilisées.

Les eaux de la rivière Itatinga, captées derrière un barrage de faible hauteur, sont conduites au réservoir principal par un canal ouvert de 1^m50 de largeur sur 1 mètre de profondeur, construit en maçonnerie de pierre avec mortier de ciment. Le canal, d'une longueur de 3 300 mètres avec une pente de 3 mm. 1/2 par mètre, longe le flanc de la montagne jusqu'au réservoir couvert. De là partent 5 conduites forcées dont les extrémités coniques sont encastrées dans la maçonnerie. Elles sont exécutées en quatre sections; dans chacune de celles-ci, le diamètre et l'épaisseur des parois sont constants.

Le diamètre intérieur de chaque section est respectivement de 90, 80, 70 et 60 centimètres. L'épaisseur varie de 16 à 32 millimètres. Il y a dans chaque conduite des valves automatiques en deux endroits. Elles se ferment en cas de rupture d'un tuyau, empêchant le réservoir de se vider.

Comme la crête suivie par les conduites n'est pas en ligne droite, il est impossible d'éviter des courbes horizontales et verticales; à ces endroits la pression de l'eau tendant à désas-

sembler les tuyaux est contrebalancée par de solides ouvrages en maçonnerie dans lesquels sont placées des ancrés en fer.

La hauteur totale de chute du niveau du réservoir à l'axe des injecteurs des turbines est de 639 mètres et le volume d'eau débitée par chaque conduite est de 600 litres.



CHUTE D'ITATINGA

Les conduites sont, à l'usine génératrice, mises en relation entre elles au moyen d'un collecteur disposé de telle sorte que l'une quelconque des turbines peut être alimentée par chaque conduite. Les turbines commandant les excitatrices, utilisent également l'eau sous pression du collecteur.

L'usine génératrice est construite en forme de T. Elle renferme 5 turbines système « Pelton », actionnant les alternateurs, et 3 petites turbines pour les excitatrices. Ces appareils, fournis par J. M. VORTR, d'Heidenheim, sont pourvus de régulateurs automatiques et ont un rendement de 80 pour 100.

Le matériel électrique sort des ateliers de la « General Electric Company ». Les gros alternateurs ont une puissance effective de 4 025 chevaux; les excitatrices, 210 chevaux.

Les dynamos principales, à 14 pôles, tournent à 514 tours par minute. Elles produisent du courant triphasé, 752 ampères sous 2 300 volts et 60 périodes. Les excitatrices tournent à 750 tours et donnent 68 ampères sous 220 volts.

Le rendement est 90,5 pour cent à pleine charge et 86 pour cent à demi-charge pour les premières et atteint 96 et 92 pour cent pour les secondes.

Au deuxième étage de l'aile, sont installés les tableaux de distribution, les interrupteurs à huile, les parafoudres et la sortie des fils; à l'étage inférieur se trouvent les trans-

formateurs, au nombre de 15, qui élèvent le voltage de 2 300 à 45 000 volts.

L'eau pour la réfrigération des transformateurs est amenée d'une source voisine par une conduite de 1 736 mètres de longueur et pénètre dans le tuyau de distribution à une pression de 1,75 atmosphère.

L'énergie est amenée à la station centrale par deux circuits de 31 kilomètres de long, composés chacun de trois câbles en cuivre de 9 millimètres de diamètre, soutenus par des pylones métalliques.

Dans la centrale se trouvent des abaisseurs de tension donnant du courant continu à 230 volts pour l'éclairage et du courant à 6 600 volts pour la force motrice. Dans les sous-stations, ce voltage est abaissé à 440 qui est celui pour lequel les moteurs électriques ont été construits.

MM. GUINLE et C^o ont en outre acquis les chutes très importantes de l'Itapanhau qui peuvent développer 60 000 chevaux, mais qui ne sont pas encore aménagées.

Ces quelques exemples donnent une idée de l'extrême importance des chutes récemment aménagées au Brésil. Toute l'énergie disponible a été jusqu'ici utilisée pour l'éclairage des villes et la production de la force motrice. Les exigences de l'industrie faisaient une loi aux électriciens de satisfaire d'abord les besoins qui étaient les plus impérieux. Mais il reste aux installations hydroélectriques un débouché peut-être aussi important que le premier : nous voulons parler de l'électrometallurgie.

Un simple coup d'œil sur la carte permet de se rendre compte que toutes les chutes dont nous venons de parler se trouvent dans la région montagneuse qui avoisine immédiatement la côte. On peut donc avoir de l'énergie à bas prix dans les ports, aux points où en raison de l'économie de transport les matières premières arrivent à des conditions avantageuses.

Cette situation géographique privilégiée permet donc d'envisager un développement prochain et intéressant de l'électrometallurgie au Brésil. Et là comme dans tous les pays où le charbon est cher, l'utilisation la plus complète des forces hydrauliques est liée à la progression simultanée de ces deux grandes applications de l'électricité.

II.-L. BERNARDIN,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

LA STÉRILISATION ÉLECTRIQUE DES EAUX POTABLES

Les eaux destinées à l'alimentation, qu'elles viennent de sources jaillissantes, d'eaux souterraines, de lacs ou de rivières, sont presque toujours souillées par un nombre considérable de bactéries. Quelques bactériologistes regardent encore comme pures des eaux contenant jusqu'à 1 000 germes par centimètre cube : nous ne saurions en aucun cas être de cet avis, car sur un nombre de plusieurs centaines de bactéries, il y a bien des chances pour qu'on rencontre plusieurs espèces pathogènes.

Il y a donc presque toujours lieu d'épurer l'eau de boisson ; mais quel procédé employer ?

L'ébullition, déjà désagréable et dispendieuse dans les ménages, est impraticable quand il s'agit d'une agglomération. Les produits chimiques antiseptiques peuvent donner mauvais goût à l'eau et sont d'une efficacité douteuse. La

filtration, même avec les systèmes modernes les plus perfectionnés, laisse encore un grand nombre de germes dans les eaux. Restent les procédés électrochimiques, stérilisation par les rayons ultra-violet et surtout stérilisation par l'ozone, qui, à une efficacité absolue, -- puisqu'elle donne des eaux contenant presque toujours zéro germes par centimètre cube, -- joint l'avantage d'un prix de revient excessivement minime.

I. — STÉRILISATION DES EAUX PAR L'OZONE

La stérilisation des eaux par l'ozone est appliquée dans la plupart des grandes villes de l'Europe et c'est à ce procédé qu'on a eu recours à Paris pour épurer les eaux de la Marne à l'usine de Saint-Maur.

Tout le monde connaît les propriétés éminemment oxydantes et bactéricides de l'ozone, et tout le monde sait aussi que ce corps, de symbole chimique O³, n'est que de l'oxygène condensé qui prend naissance lorsqu'une décharge électrique traverse l'air. Son odeur est caractéristique, c'est la fameuse « odeur de soufre », comme on disait autrefois, perceptible après la chute de la foudre. L'ozone est de plus très instable et repasse à l'état d'oxygène ordinaire avec la plus grande facilité, une fois qu'il a réagi, sans laisser ni goût, ni odeur, ce qui est fort précieux quand on l'emploie à la stérilisation des eaux.

Etant données les propriétés de l'ozone, l'idée vint assez vite de le faire servir à l'assainissement des eaux et la proposition en fut faite tout d'abord par Siemens et Halske en 1891. Les premiers essais tentés en 1895 avec des ozoniseurs du genre Berthelot ne donnèrent pas des résultats suffisants et ce n'est qu'en 1899 que Marnier et Abraham résolurent pratiquement le problème en utilisant des courants de fortes tensions. Ces savants reconnurent que pour avoir une stérilisation certaine il est nécessaire qu'un contact très intime ait lieu entre l'eau et l'air ozonisé et que ce dernier contienne au moins 6 milligr. d'ozone par litre. Dès l'année 1891, Otto étudiait le mode d'action de l'ozone sur l'eau pour arriver quelques années plus tard à la construction d'appareils industriels pleinement satisfaisants.

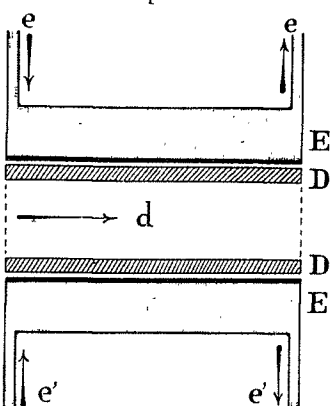


FIG. 1. — EE' électrodes à circulation d'eau par les tubulaires ee, e'e'; DD', glaces de verre; d, aspiration de l'air.

La stérilisation électrochimique des eaux est surtout appliquée aujourd'hui par la « Compagnie générale de l'ozone », dont les procédés perfectionnés résultent des travaux d'Otto, Siemens, De Frize, Marnier et Abraham.

Considérant une usine type de stérilisation de l'eau par l'ozone, nous examinerons successivement : le circuit d'électricité, le circuit d'air ozonisé et le circuit d'eau.

CIRCUIT D'ÉLECTRICITÉ. — L'électricité, produite dans l'usine même ou achetée au dehors, est portée par un transformateur à une tension très élevée (15 000 à 50 000 volts, suivant les systèmes). C'est ce courant à haut voltage et d'une fréquence d'environ 500 périodes qui est envoyé à l'ozoniseur.

L'ozoniseur (type Otto) se compose, en principe, de deux électrodes E et E', recouvertes d'épaisses glaces de verre formant diélectrique, D et D'. Les électrodes sont creuses et refroidies par un courant d'eau, car le rendement en ozone