

Malgré la rigidité des joints, la conduite subit, au moment du remplissage et de la vidange, des oscillations verticales assez importantes, atteignant en certains points 0^m600. Les oscillations horizontales, même sous l'action des plus grands vents, sont presque insensibles, grâce à la présence des triangulations des câbles suspenseurs et des fermettes de suspension. Quoique exposée aux grands froids de l'hiver 1910-1911 et aux grandes chaleurs de l'été 1911, la conduite de Feurs n'a donné aucun mécompte.

La dépense de construction a été réglée à forfait, à la somme de 26 000 francs.

Cette solution, satisfaisante au point de vue esthétique, ne l'est pas moins au point de vue technique et économique, et elle nous paraît, en conséquence, susceptible d'applications nouvelles.

P. BETBEDER-MATIBET,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Extrait du *Bulletin de l'Association des Anciens Elèves de l'Ecole Centrale Lyonnaise*.

ÉTABLISSEMENTS HYDROÉLECTRIQUES DES RAPIDES DE CEDARS

La *Revue Industrielle*, dans son numéro du 20 décembre 1913, publie un article donnant des renseignements détaillés sur la construction et l'installation de l'usine hydroélectrique de Cedars sur le Saint-Laurent.

Nous avons précédemment ⁽¹⁾ donné, dans *La Houille Blanche*, des détails de même ordre se rapportant à la mise en chantier de l'usine de Keokuk (Iowa). La publication de la *Revue Industrielle* est un intéressant complément de notre article. Nous la résumons ci-dessous :

La Cedars Rapids Manufacturing and Power Company, de Montréal, vient de faire commencer des travaux pour l'aménagement d'une usine électrique aux rapides de Cédars, à environ 8 milles de Québec, sur le Saint-Laurent. Cette installation, qui sera une des plus considérables du Canada, devait être faite de façon à ne gêner en rien la navigation, ce qui excluait « a priori » l'idée d'une digue à travers le courant. On a donc adopté les dispositions que nous verrons plus loin.

L'installation ne comprend actuellement que 10 moteurs de 10 800 HP et 3 excitatrices de 1 500 HP, sur les 18 moteurs et les 6 excitatrices prévues ; quand l'usine sera complète, elle sera d'une puissance totale de 160 000 HP, dont la plus grande partie sera probablement employée à des usages d'électrochimie, ainsi qu'il ressort des traités déjà passés par la Compagnie créatrice de cet établissement.

À Cédars le Saint-Laurent a une centaine de mètres de large avec une pente moyenne d'environ 0,3 pour 100. Des recherches hydrographiques très complètes ont été faites dans le bassin du Saint-Laurent par le gouvernement canadien et le gouvernement des Etats-Unis, pour déterminer le débit total de la rivière et son bassin hydrographique, qui n'a pas moins de 550 000 kilomètres carrés.

Il y a trois rapides dans le Saint-Laurent, sur une distance de 25 kilomètres : les rapides du Coteau, les rapides de Cédars, les rapides des Cascades. Ces rapides sont fran-

chissables au moyen du canal Soulanges, qui commence au lac de Saint-Francis, et se termine au-dessous du rapide des Cascades, au confluent de l'Ottawa et du Saint-Laurent. Le canal Soulanges fournit une puissance de 10 000 HP environ à la Provincial Light and Power Company.

En face de la ville de Cédars la rivière forme une baie, fermée en partie par l'île aux Vaches ; ce point a été choisi comme point de départ du canal d'aménée, lequel a une longueur de 3 kilomètres. Au-dessus de cette île on a prévu un dispositif pour empêcher les glaces flottantes venues du lac Saint-Francis d'entrer dans le canal.

De l'île aux Vaches on doit construire une digue en terre de 3 kilomètres environ, allant jusqu'à la chambre des turbines, parallèlement à la rive Nord de la rivière ; on y ménagera deux déversoirs, d'une centaine de mètres de longueur chacun, le premier à 1 kilomètre environ de l'île aux Vaches, le deuxième juste avant la chambre des turbines ; des grilles seront chargées d'arrêter les corps flottants, glaces, etc.

La largeur du canal varie de 200 m. à l'entrée à 400 m. environ à la chambre des turbines, et sa profondeur, suivant les époques, sera de 8^m50 à 10 mètres. La vitesse du courant pendant la période des basses eaux sera d'environ 1^m20 par seconde.

Près du premier déversoir un mur de béton, fortement relié au roc, est construit sur la digue, formant éperon pour empêcher l'érosion.

La rive Nord du canal est formée par la rive naturelle de la rivière, qui sera rectifiée en conséquence.

Les travaux nécessitent un mouvement de terres considérable (plus de 2 500 000 m³) ; il sera nécessaire de faire sauter deux presqu'îles, situées, l'une près de l'entrée du canal, l'autre près de la chambre des turbines.

La chambre des turbines aura une longueur de 360 mètres dont 200 sont construits à l'heure actuelle. Sa largeur est de 40 mètres.

Les turbines, à arbre vertical, du type Francis, à simple rotor, peuvent donner une puissance de 10 800 HP. Les turbines construites par la Compagnie I. P. Morris sont faites pour tourner à 55,6 tours par minute et celles construites par la Compagnie Wellman-Seaver-Morgan à 54,3 tours. Le modèle de I. P. Morris qui a été essayé a donné un rendement de 90,05 pour 100.

Le rotor en fonte porte seize augets ; il est formé de quatre parties, portant chacune quatre augets, parties qui sont fondues séparément et assemblées ensuite au moyen de boulons ; ces quatre parties sont ensuite réunies à un disque plat en acier, fondu d'une seule pièce. Ce disque est à son tour boulonné sur le collet d'un arbre de 60 centimètres. Les quatre pièces de fonte sont encore maintenues par une couronne extérieure en acier fondu qui vient en augmenter la rigidité.

L'arbre est maintenu en place par deux paliers-guides, le palier de butée étant placé au-dessus de la génératrice. Le palier-guide le plus bas, placé à la partie supérieure de la turbine, juste au-dessus du rotor, a environ 2^m50 de longueur ; il est revêtu de gaïac et muni d'une lubrification à eau (Voir *La Houille Blanche*, n^{os} précités).

Le palier-guide supérieur, situé immédiatement en dessous du palier de butée, est garni de métal antifriction et lubrifié par l'huile sous pression.

Le palier de butée porte toute la partie tournante de la machine, dont le poids est d'environ 250 000 kilogs. Au-dessus de ce palier est un bloc de butée en acier fondu de 1 mètre de haut dans lequel l'arbre est maintenu par une

(1) *La Houille Blanche* de janvier 1913 et suivants.

clavette circulaire et une clavette longitudinale. La partie supérieure de ces clavettes et l'arbre sont maintenus en place par un anneau circulaire vissé dans une entaille à la partie supérieure du bloc de butée. Comme il est absolument nécessaire que toute la partie portante baigne dans l'huile, la butée est enfermée dans un carter étanche dans lequel un tuyau d'adduction maintient le niveau de l'huile à 75 millimètres au-dessus de la surface portante ; une lampe électrique éclaire le palier au-dessus de la surface de l'huile et permet de surveiller ce point.

Le support du palier de butée, formé par un tampon central en acier fondu, à douze faces, est placé au-dessus de la génératrice ; sur ses faces sont boulonnées douze consoles s'appuyant sur le cadre du générateur.

L'enveloppe de la partie tournante est en fonte ; elle est formée de cinq secteurs dont chacun porte deux fortes vanes en forme de croissant pour la distribution de l'eau. Elle est disposée de façon à transmettre le poids de la génératrice, des substructures en béton, des paliers et des parties tournantes de la turbine aux solides fondations en béton établies sous la turbine.

Pour le montage, les cinq secteurs sont d'abord assemblés, puis mis en place, et ajustés au moyen de dix crics placés sur des supports d'acier, puis noyés dans le béton.

La hauteur totale de l'appareil depuis le plan inférieur de l'enveloppe jusqu'en haut de l'arbre au-dessus de la génératrice, est d'environ 13 mètres. La profondeur des substructures, depuis le plancher des génératrices jusqu'au même plan est de 7^m75.

Les excitatrices sont construites sur le même principe que les génératrices. Chacune de ces machines doit donner 1500 HP à 150 tours par minute et sera connectée à une génératrice de courant alternatif.

Le système régulateur sera du type ouvert et on emploiera un double levier flottant. Ces régulateurs seront actionnés par de l'eau sous pression reçue d'une station centrale de pompes. Dans cette station, il y aura quatre pompes centrifuges, actionnées par des moteurs, ayant chacune un débit de 500 litres par minute. Deux de ces pompes pourront alimenter la première installation de dix turbines et de trois excitatrices. L'eau, à une pression de 14 kilos, sera amenée par des conduites principales à des citernes accumulatives, à raison d'une par turbine. L'air nécessaire à ces citernes sera fourni par des compresseurs actionnés par des moteurs et placés dans la chambre des pompes.

L'eau de retour provenant des accumulateurs est déversée dans des égouts cimentés, courant tout le long du bâtiment des turbines et du côté où arrive l'eau du canal. Ces égouts, de dimensions importantes, serviront aussi de réservoirs où les pompes viendront puiser leur eau. Ces conduites de retour communiquant avec l'atmosphère il n'y aura pas de contre-pression gênant le retour de l'eau des régulateurs aux pompes.

L'installation des pompes comprendra aussi des pompes à huile envoyant de l'huile dans des réservoirs placés à la partie supérieure du bâtiment. Cette huile sera distribuée de là par son propre poids aux paliers de butée et aux paliers-guides des turbo-moteurs.

Des chambres en forme de spirale seront moulées dans le béton pour distribuer l'eau aux rotors des turbines. Comme le toit de ces chambres distributrices ne sera qu'à 1^m20 au-dessous du niveau des basses eaux du canal et qu'il faut empêcher tout accès d'air dans la chambre des rotors, la vitesse d'entrée de l'eau a été fixée à 1 mètre par seconde. Elles seront fermées par trois portes en acier partagées en

deux sections : une haute et une basse. A la jonction de ces deux sections il y aura une poutre en béton armé servant de support. Chacune de ces sections pourra être manœuvrée séparément.

Les massifs en béton entre les turbines ont environ 2 m. d'épaisseur et les piles entre les portes ont 1 mètre. Ces massifs et ces piles sont renforcés et entretoisés par des poutres en ciment armé. La poutre supérieure sert en même temps de brise-glace et de support pour le mur du bâtiment des turbines du côté de l'arrivée du courant.

La vitesse de l'eau y tombe de 4^m50 à 1 mètre par seconde, mais en évitant des changements de vitesse brusques.

Les superstructures sont en ciment armé avec des volets en acier et des portes métalliques. Le bâtiment est partagé en trois, longitudinalement : un compartiment pour la commande des vannes, un compartiment des génératrices, un compartiment pour les appareils auxiliaires. Le dernier compartiment a trois étages. Les transformateurs seront dans un bâtiment séparé.

Les organisateurs ont fait un effort considérable pour la rapidité de l'avancement des travaux. Les études destinées à faire connaître la nouvelle répartition des eaux furent activement poussées et la Compagnie put bientôt entreprendre la construction de ces digues et barrages dont environ 4500 mètres étaient prêts en juin dernier. Des contrats furent passés en temps utile avec les différents constructeurs de bâtiments et de machines, et on espère finalement pouvoir livrer l'énergie électrique aux consommateurs vers la fin de l'année 1914.

LES PRINCIPALES INSTALLATIONS DE TRACTION ÉLECTRIQUE EN EUROPE

—(SUITE)—

FRANCE (suite)

Les Chemins de fer de l'Etat ont commandé pour les lignes de la banlieue de Paris 130 voitures motrices dont 20 seront équipées avec 2 moteurs de 220 chevaux et 110 avec 4 moteurs de 150 chevaux.

Les voitures pèsent les unes 65 tonnes et les autres 70 tonnes. La vitesse maxima sera de 80 kilomètres à l'heure. On a également commandé le matériel nécessaire pour 2 sous-stations à courant continu devant contenir chacune 4 convertisseurs de 500 kilowatts, 650 volts, à la fréquence 25, et pour 3 autres sous-stations devant contenir chacune 3 convertisseurs de 2000 kilowatts.

Des câbles triphasés ont également été commandés pour un capital de 5 millions de francs environ.

Deux stations génératrices, d'une puissance l'une de 25000 Kw., l'autre de 50000 Kw., doivent être construites par un concessionnaire qui assurera l'exploitation et vendra l'énergie à l'administration du chemin de fer dans certaines conditions.

Le contrat relatif aux usines comporte une clause de rachat éventuel des usines, à toute époque, suivant un barème déterminé.

Actuellement l'administration des Chemins de fer de l'Etat envisage l'acquisition de 8 locomotives de 1000 à 1200 chevaux pour le service des marchandises sur la ligne de Versailles, locomotives capables de remorquer des trains de 300 tonnes avec une vitesse maxima de 50 kilomètres à