

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<sup>m</sup>75.

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<sup>m</sup>20 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<sup>m</sup>50 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 200 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

l'heure. A l'heure actuelle cependant, l'électrification de la ligne St-Lazare-Auteuil-Champ-de-Mars n'est pas terminée.

### ALLEMAGNE

Les chemins de fer de l'Etat prussien procèdent actuellement à trois grandes entreprises d'électrification. La première est la ligne de Dessau Bitterfeld, qui sera complétée à la fin de 1914, entre Magdebourg, Leipzig et Halle ; la deuxième est la ligne de Laubau-Konigszelt ; la troisième est le chemin de fer de Berlin dont l'électrification est encore en suspens.

Les lignes du Laubau Konigszelt se trouvent dans une région montagnueuse où la rampe dominante atteint 2 1/2 pour cent. Le réseau comprend les divisions suivantes : Laubau Konigszelt, 128 km. de ligne principale à double voie ; Niedersalzbrunn Halbstadt, 35 km. de ligne principale à simple voie ; Ruhebauk Liebau, 4 km. 5 de ligne principale à double voie et 11 km. de ligne principale à simple voie ; Herschberg Grienthal, 33 km. de ligne d'embranchement à voie simple ; Herschberg Laudeshut, 40 km. de ligne d'embranchement à simple voie. Ce réseau est du genre minier et industriel et la plus grande partie du trafic se compose de marchandises. Il y a cependant, pendant l'été, une grande circulation de voyageurs sur la section de Niedersalzbrunn-Halbstadt qui dessert un certain nombre de stations de tourisme en montagne.

Cette dernière ligne est destinée à être munie de cinq trains à trois voitures, comprenant une voiture motrice et deux autres voitures à moteur également, par commande à unités multiples.

La puissance unihoraire de l'ensemble des moteurs atteint 500 chevaux, et 300 chevaux en régime continu. La vitesse maxima est de 39 kilomètres à l'heure.

72 locomotives seront employées sur l'ensemble du réseau dont les lignes viennent d'être énumérées ; sur ce nombre, 44 ont déjà été commandées. L'énergie sera empruntée aux barres à haute tension d'une compagnie privée au tarif de 0.36 le kilowatt-heure.

L'électrification du chemin de fer de Berlin, comprenant environ 307 kilomètres de voie double, a été décidée par les chemins de fer de l'Etat prussien, mais actuellement les fonds pour cette opération n'ont pas encore été accordés par la Chambre des Députés de Prusse.

Les chemins de fer de l'Etat prussien ont commandé à la C<sup>o</sup> Siemens-Schuckert, 13 nouvelles voitures à accumulateurs. Le dispositif le plus intéressant des nouvelles voitures est que les équipements de la batterie sont assez importants pour permettre un rayon d'action de 179 kilomètres.

De plus, les chemins de fer de l'Etat Bavarois électrifient à 1.500 volts, 16 2/3 cycles, une section de 40 km. qui s'étend entre Salzburg, Freilassung et Berchtesgaden, et une section de 29 km. s'étendant entre Landesgreuze, Griesen et Partenkirchen. Les chemins de fer de l'Etat Badois ont déjà commencé des circulations de trains d'essai sur la ligne d'une longueur de 48 kilomètres de Wiesental, pour laquelle la Compagnie Siemens-Schuckert a fourni dix et la Compagnie Brown-Boveri deux locomotives.

Neuf des locomotives Siemens-Schuckert sont munies chacune de deux moteurs de 625 chevaux.

### ITALIE

Postérieurement aux travaux d'électrification en courant triphasé de la ligne, d'une longueur de 107 km., de la Val-teline. le même mode de distribution a été appliqué notamment à la Section Busalla-Pontedecimo de la ligne de Gènes

à Milan, sur une longueur équivalant à 21 km. de simple voie, et à la Section Savone-San Giuseppe de la ligne de Turin à Savone.

La compagnie italienne Westinghouse a fourni le matériel électrique de traction pour les deux lignes. Un autre travail très important d'électrification, en courant triphasé, actuellement en cours est celui du tunnel du Mont Genis.

Les chemins de fer de l'Etat Italien envisagent également l'électrification de la ligne Turin-Pinerolo sur une distance de 30 km., en courant monophasé.

### SUEDE

Depuis ses expériences de 1905-1907 sur la ligne de Tomteboda Värtan et de Stockholm-Jarfva, l'administration des chemins de fer de l'Etat Suédois a adopté la distribution à haute tension en courant monophasé sous la fréquence 15.

Sa première installation importante porte sur la section Kiruna-Riksgränsen, ligne de transport de minerai qui est la plus septentrionale du globe.

La distance entre les villes susnommées est d'environ 128 kilomètres, mais on se propose de continuer les travaux d'électrification jusqu'au port maritime de Lullea, ce qui portera la longueur totale à 480 km. L'équipement actuel consiste en 13 locomotives Siemens-Schuckert pour traction des trains de marchandises, équipées chacune avec deux moteurs de 1 220 chevaux pesant 99 tonnes en ordre de marche et susceptibles d'une vitesse maxima de 59,5 km. à l'heure. Il y a, en outre, deux locomotives de mêmes caractéristiques exactement mais construites par l'Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, Vesteras (Suède) et deux locomotives pour voyageurs, de 70 tonnes, de la maison Siemens-Schuckert, équipées chacune avec un moteur de 1 220 chevaux et susceptible d'une vitesse maxima de 100 kilomètres à l'heure.

L'énergie fournie par les Chutes d'eau de Porjus qui sont à une distance de 120 km. du point le plus rapproché de la ligne, mais qui sont capables de fournir encore à beaucoup d'autres lignes des puissances considérables. Une puissance totale de 250 000 kilowatts peut leur être demandée. La tension engendrée est de 4 000 volts avec fréquence 15. Cette tension est relevée à 80 000 volts pour le transport. La tension de la ligne aérienne de prise de courant est ramenée à 15 000 volts.

Les chemins de fer de l'Etat Suédois sont aussi en train de construire une artère entièrement nouvelle de Sellivure, station de la ligne Lulea Riksgränsen, jusqu'à Gothenburg sur une longueur d'environ 1 600 km. La section sur piste d'une longueur de 112 km, entre Ostersund et Sund est maintenant complètement terminée, mais l'exploitation s'y fait actuellement avec locomotives à vapeur.

Cette ligne ouvrira de nouveaux territoires encore à peu près vierges et l'électrification se fera au fur et à mesure que l'utilisation des ressources hydrauliques abondantes du territoire se développera.

### SUISSE

Le nouvel équipement commandé en 1912 pour le tunnel du Loetschberg, comprend 13 locomotives de 2 500 chevaux, les plus puissantes qui soient en Europe. Toutes ont été étudiées par les Etablissements Oerlikon, mais six ont été construites chez Brown-Boveri. Ces locomotives pèsent 105 tonnes chacune et ont une longueur de 16 mètres, elles comportent 5 essieux moteurs et deux essieux porteurs, un à chaque extrémité. L'essieu médian et ceux adjacents aux essieux porteurs sont disposés de façon à n'avoir qu'un faible jeu latéral, tandis que les deux autres sont montés rigides.

Chaque locomotive porte deux moteurs série compensés de 1 250 chevaux avec chacun un transformateur séparé et l'équipement nécessaire, de façon à permettre la marche indépendante d'un seul moteur s'il était nécessaire. Les moteurs sont disposés de façon à pouvoir développer la puissance annoncée pendant un fonctionnement d'une heure et demie sans échauffement dangereux. La vitesse normale est de 49,6 kilomètres à l'heure, et la vitesse maxima de 73 kilomètres. La commande se fait par engrenage d'arbre intermédiaire, puis par bielles et manivelles suivant la disposition adoptée dès l'origine par OERlikon. Cette commande a été choisie principalement par suite de la supériorité qu'elle a au démarrage.

La régulation de la vitesse est obtenue par l'intermédiaire de crans reliés au bobinage secondaire du transformateur et on emploie au lieu de contacteurs un contrôleur commandé par moteur. L'effort de traction normal de 10 tonnes a été fixé d'après les exigences résultant des règlements suisses relatifs aux voies ferrées.

Le prochain grand travail d'électrification sera sans doute celui de la section Chiano-Lucerne du chemin de fer du Gothard sur une distance de 148 kilomètres. La Commission fédérale d'études a estimé que la dépense totale de l'électrification du St-Gothard sera approximativement de 70 millions, divisés de la façon suivante :

Stations hydroélectriques et lignes de transmission. — Matériel roulant et dépôts. — Ligne de prise de courant (aérienne).

Le coût annuel d'entretien est beaucoup plus bas qu'avec la vapeur.

On estime finalement que la dépense d'exploitation tombera avec l'énergie électrique à 0,7 centimes par tonne kilomètre, tandis qu'en 1908, avec la vapeur, on est arrivé à 0,94 centimes.

La Commission estime qu'une puissance de 500 000 chevaux hydroélectriques trouverait son utilisation si tous les chemins de fer suisses étaient électrifiés.

Les deux usines alimentant la ligne du Sothord auront à elles seules une puissance de 95 000 chevaux. Les ressources hydrauliques largement suffisantes existent pour satisfaire aux exigences de cette électrification.

Le chemin de fer Rhétique qui est une ligne à voie étroite équipée à 10 000 volts, 16  $\frac{2}{3}$  périodes, courant monophasé, a récemment commandé aux Ateliers d'OERlikon, en plus de la locomotive de 600 HP de l'AEG, à deux essieux qu'elle possédait déjà, deux locomotives de 52 tonnes portant chacune deux moteurs d'une vitesse angulaire de 620 tours par minute qui sont accouplés par engrenage au même arbre et développent 600 chevaux aux roues (puissance unihoraire) avec une vitesse de 27,6 kilomètres à l'heure ; la vitesse maxima peut atteindre 49,6 kilomètres. Chaque locomotive d'une longueur de 10<sup>m</sup>65 possède 4 essieux moteurs. Ceux voisins des roues porteuses, c'est-à-dire à l'avant et à l'arrière, possèdent un petit jeu latéral. Nous allons décrire plus en détail les particularités des locomotives des chemins de fer Rhétiques. L'équipement de la ligne caténaire a été fourni par la Compagnie Siemens-Schuckert.

Le courant est recueilli par deux pantographes capables de s'adapter à une hauteur de fil de trolley variant entre 4<sup>m</sup>08 et 6<sup>m</sup>21. La présence d'un double pantographe se justifie par la nécessité d'éviter toute interruption de courant qui aurait effectivement les plus fâcheux effets. Tout d'abord en provoquant des surtensions dangereuses dans

les enroulements du transformateur et ensuite en provoquant des remises en route, car un disjoncteur saute chaque fois que la tension n'est plus appliquée aux moteurs. Des darh-spots à huile sont prévus pour éviter des mouvements trop rapides du pantographe. Les isolateurs cannelés supportant les pantographes en les isolant du toit de la locomotive, sont essayés à une tension de 50 000 volts. Le transformateur d'une puissance de 100 KVA est du type à refroidissement à l'air. Il transforme le courant de 10 000 à 390 volts. L'enroulement secondaire est partagé en douze fractions, telles que la tension de chacune d'elles est de 37 volts. L'organe régulateur de la tension est monté directement sur le transformateur, il est commandé à distance depuis la cabine de manœuvre de la locomotive. Il n'y a donc pas de contacteurs. La Compagnie d'OERlikon assure que c'est là une innovation pour des courants de cet ordre. Une bobine de self est employée pour éviter toute interruption de courant en passant d'une touche à la voisine et en même temps toute mise en court circuit momentanée. La commande mécanique s'opère par arbre intermédiaire et bielle.

Les deux moteurs sont du type série-compensé. La partie qui contient le matériel à haute tension est soigneusement isolée lors des fermetures, on n'y peut pénétrer qu'avec une clef qui a pour effet de provoquer la vidange des cylindres du pantographe, de façon que celui-ci s'abaisse et que toute communication est coupée avec la ligne haute tension, et réciproquement il est impossible de relever le pantographe, à moins que la chambre de la haute tension n'ait été refermée.

De fort intéressants essais comparatifs des divers types de locomotives ont été faits entre Saint-Moritz et Schuls, du 1<sup>er</sup> au 10 octobre 1913. La Compagnie OERlikon, sans vouloir anticiper sur les résultats complets de ces essais qui seront rapportés d'une façon officielle ultérieurement, a fait connaître cependant que la locomotive du type « Rhétique » est celle qui a donné lieu à la plus faible consommation d'énergie, toutes choses égales d'ailleurs ; les moteurs ont fonctionné sans étincelles dans les conditions de démarrages les plus difficiles.

Une des caractéristique du système est qu'une chute de tension en ligne même très notable, peut-être rachetée en connectant quelques touches plus haut le moteur ; les variations de fréquence sont aussi sans influence.

P. BOURGUIGNON,

*Ingénieur de l'Union des Tramways de France.*

## L'INFLUENCE DU MONTAGE DES MOTEURS

Répondant à une note de M. Swyngedauw, communiquée à l'Académie des Sciences, M. André BLONDEL reprend une étude du plus haut intérêt, sur l'influence du montage des transformateurs triphasés dans les transports d'énergie à haute tension. — Voici cette étude, extraite des *Comptes Rendus* de l'Académie (séance du 16 février 1914).

\*\*

Il y a actuellement deux procédés pour transformer les courants triphasés : l'emploi de trois transformateurs monophasés et l'emploi d'un seul transformateur à trois noyaux magnétiques et trois enroulements triphasés.

Dans les deux cas, on est généralement obligé de grouper les enroulements à haute tension en étoile pour éviter l'emploi de fils trop fins (qu'exige le montage en triangle) et pour diminuer les difficultés d'isolement ; car avec le