

LA HOUILLE BLANCHE

Revue Mensuelle des Forces Hydro-Electriques
et de leurs Applications

11^e Année. — Juillet 1912. — N^o 7.

La houille noire a fait l'industrie moderne ;
la houille blanche la transformera.

INSTALLATIONS HYDRO-ÉLECTRIQUES

L'USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE D'EYMOUTIERS ET LES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES DE LA HAUTE-VIENNE

Le réseau des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne a un développement total de 345 kilomètres, et comprend quatre lignes principales rayonnant autour de Limoges, sur lesquelles la déclivité atteint souvent jusqu'à 6 pour 100. L'adoption de déclivités moindres eût certainement facilité l'exploitation, mais elle eût obligé à recourir à des tracés plus longs, et partant plus dispendieux. A la suite d'une étude attentive, il fut décidé que l'on emploierait la traction électrique par courant alternatif monophasé à 10 000 volts, et que l'énergie serait fournie par deux usines, l'une hydraulique, de 2 400 chevaux, utilisant une chute de la Vienne à Eymoutiers ; l'autre à vapeur, de 1 500 chevaux, située à Limoges.

La concession du réseau des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne fut accordée au mois de septembre 1907 à MM. GIROS et LOUCHEUR, entrepreneurs à Paris, qui ont exécuté tous les travaux que nous allons décrire. Le décret d'utilité publique fut signé le 3 avril 1909, et le 17 avril 1911, la première ligne était mise en exploitation.

La durée de la concession a été fixée à 65 ans. Toute la construction, y compris les usines centrales, est entièrement payée par le Département sur une série de prix préalablement établie. On a fixé pour les dépenses d'exploitation un maximum kilométrique forfaitaire dépendant des recettes. Sous réserve que les dépenses ne dépassent pas ce maximum, les concessionnaires reçoivent une participation aux bénéfices réels d'exploitation. De cette manière, les concessionnaires sont intéressés à toute augmentation du bénéfice de l'exploitation, ce qui ne se produit pas toujours avec les formules d'exploitation en usage.

Les concessionnaires sont autorisés à vendre de l'énergie électrique pour l'éclairage et la force motrice, en utilisant les usines génératrices et les lignes de transport d'énergie.

1. — Installations hydro-électriques d'Eymoutiers

L'ensemble de ces installations comprend l'établissement : d'un barrage de dérivation, d'un canal d'aménée, d'une conduite forcée et d'une usine hydro-électrique.

BARRAGE. — Le barrage de prise d'eau est établi près du viaduc d'Eymoutiers, de la ligne Clermont-Ussel-Limoges, en un point où la Vienne coule dans une gorge assez étroite.

Ce barrage est établi en plan suivant une ligne droite, et a un profil trapézoïdal avec parement amont vertical. Comme

il forme déversoir sur une partie de sa longueur, son parement aval se raccorde avec le lit de la rivière par un arc de cercle de 10 m. de rayon. Sa hauteur est de 11^m33 au-dessus du lit de la rivière, et ses fondations sont descendues de 2 m. environ dans le granit qui constitue le sous-sol. Sa largeur est de 2^m50 à la crête, et de 10^m60 au niveau du lit de la rivière (comptée depuis le parement amont jusqu'au prolongement de la partie rectiligne du parement aval). Sa longueur est de 18 m. à la base et de 45 m. à la crête. Celle-ci est arasée à la cote 392,33.

Une petite échancrure, de 3 m. de large, sur 0^m50 de hauteur, normalement fermée par une vanne, a été ménagée à la crête sur la rive droite pour assurer le passage des bois flottants.

Le barrage est construit en maçonnerie de moellons granitiques avec mortier au dosage de 350 kgs de chaux hy-

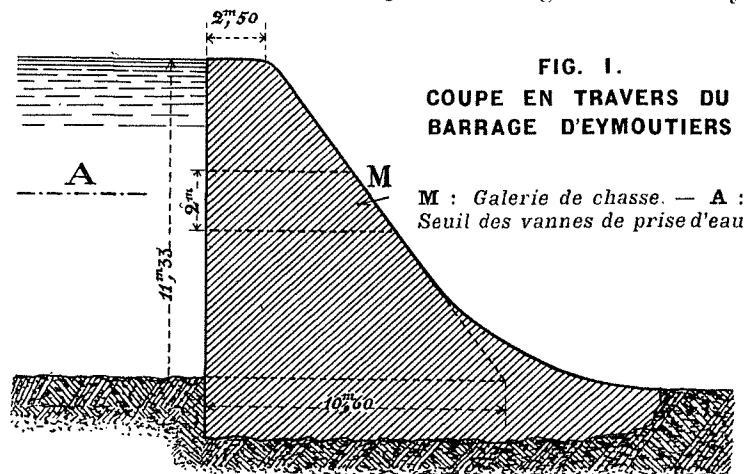


FIG. 1.
COUPE EN TRAVERS DU
BARRAGE D'EYMOUTIERS

M : Galerie de chasse. — A :
Seuil des vannes de prise d'eau

draulique de St-Astier par mètre cube de sable. Pour les calculs de stabilité, on a adopté pour la densité le chiffre 2,24 qui est un peu inférieur à la réalité, ceci afin de satisfaire aux circulaires ministérielles. Les parements amont et aval ont été rejointoyés au mortier de ciment.

Le barrage et les ouvrages de prise d'eau ont été prévus pour une surélévation de 1 m. au-dessus de la crête correspondant à un débit de 50 mètres cubes par seconde, débit bien supérieur à celui des plus fortes crues connues. En tenant compte de cette surélévation, la pression à l'amont du joint situé au niveau du lit de la rivière est encore de 13,03 tonnes par mètre carré, c'est-à-dire que la compression dans la maçonnerie est supérieure à la pression de l'eau (12³33). La pression maxima à l'aval, calculée par la méthode Maurice Lévy, est de 26,30 tonnes par mètre carré, soit seulement 2,63 kgs par centimètre carré.

Pour pouvoir exécuter les fouilles et édifier les parties basses du barrage, on commença par établir, à une certaine distance en amont, un batardeau qui déviait l'eau de la Vienne dans un canal de dérivation provisoire, aménagé sur la rive droite et traversant l'appui de rive droite du barrage. Une fois les maçonneries de ce barrage terminées, on

boucha l'ouverture qui y avait été ménagée pour cette dérivation provisoire.

PRISE D'EAU. — La prise d'eau se fait en souterrain sur la rive gauche, au moyen de deux galeries de 5 m. de longueur, faisant avec l'axe du barrage un angle d'environ 25°. Ces galeries aboutissent à une chambre d'eau souterraine de 20 m. de longueur sur 8^m50 de largeur et 3^m50 de hauteur. Cette chambre d'eau se continue par une galerie, dite de régulation, de 37 m. de longueur, de 5 m. de largeur et de 3 m. de hauteur, qui est divisée en deux compartiments par un mur, de 1^m80 de hauteur seulement, arrasé à 3 m. en

barrage. Cette galerie aurait gagné à être placée un peu plus bas, car son radier n'est qu'à 1^m30 en dessous du seuil des vannes de prise d'eau, seuil qui est représenté par la ligne horizontale A de la figure 1.

CANAL D'AMENÉE. — Le canal d'aménée a une longueur totale de 1.539 m. et se divise en 5 sections, dont 3 en souterrain et 2 à ciel ouvert. Il se termine par une chambre de mise en charge de grande capacité. Le plan général et le profil en long de ce canal sont donnés par les figures 2 et 3.

Les figures 4 à 7 montrent des coupes en travers du canal

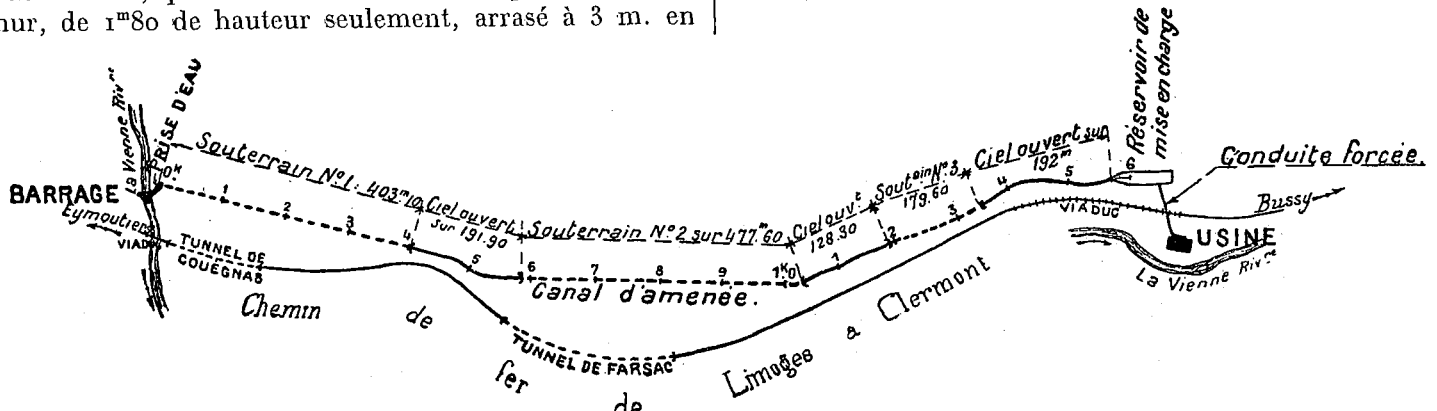


FIG. 2. — PLAN GÉNÉRAL DE L'AMÉNAGEMENT HYDRAULIQUE DE LA CHUTE D'EYMOUTIERS

dessous de la crête du barrage. L'un de ces compartiments, qui a 3 m. de largeur, forme le prolongement du canal d'aménée. L'autre compartiment se continue en sens inverse par une galerie débouchant dans la rivière à l'aval du barrage. Ce mur de séparation, qui pénètre dans la grande chambre d'eau, forme un déversoir, d'une longueur de 45 m., qui règle le niveau de l'eau dans le canal d'aménée.

d'aménée, suivant qu'il est en souterrain ou à ciel ouvert. La section normale du profil mouillé est celle d'un rectangle de 2^m80 de base sur 1^m80 de hauteur, ce qui correspond à une section de 5,04 mètres carrés, et à un rayon moyen de 0^m79. Avec un débit de 8 mètres cubes par seconde, la vitesse est de 1^m59, et la perte de charge inférieure à 1 millimètre par mètre.

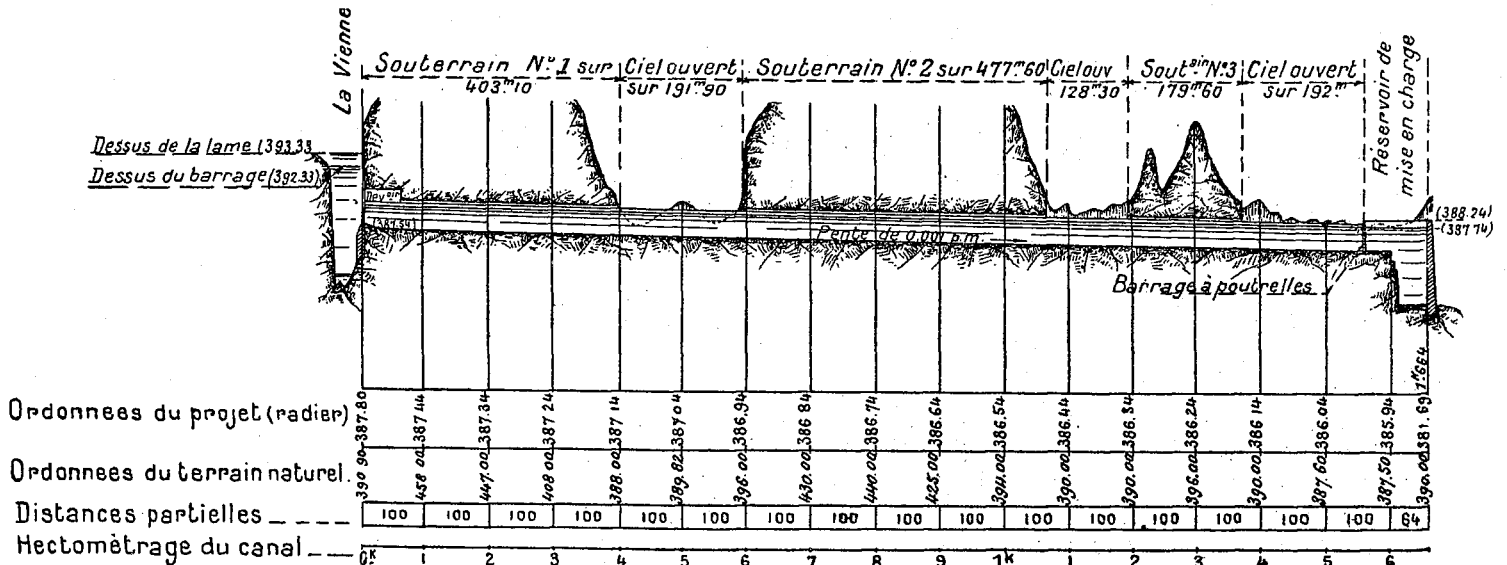


FIG. 3. — PROFIL EN LONG DE LA DÉRIVATION ENTRE LE BARRAGE ET LA CHAMBRE DE MISE EN CHARGE

À l'entrée des deux galeries de prise d'eau se trouvent deux vannes permettant de régler l'introduction de l'eau. En avant de chacune de ces vannes, se trouve une grille verticale destinée à arrêter les corps flottants, qu'on peut lever pour son nettoyage au moyen d'un moteur électrique de 15 kilowatts.

Immédiatement à l'aval de ces galeries de prise d'eau, et perpendiculairement à leur direction, se trouve une galerie de chasse M ménagée dans le corps du barrage, de 2 m. de hauteur sur 1^m50 de largeur, qui permettra en hautes eaux d'évacuer les alluvions qui viendront se déposer devant le

Le premier des souterrains comprend la chambre de prise d'eau et la chambre de régulation dont nous avons parlé précédemment. À l'extrémité de la galerie de régulation commence le type normal du souterrain, qui est constitué par une galerie rectangulaire de 3 m. de largeur et de 2^m25 de hauteur maxima, le plafond étant très légèrement arqué en forme de voûte. Etant donné que les souterrains sont percés dans le granit, roche très résistante par elle-même, le plafond n'a pas été maçonné. Seuls, le radier et les parois verticales ont reçu un revêtement en béton de chaux hydraulique, de 0^m10 d'épaisseur, destiné surtout à diminuer

la perte de charge, mais qui, en même temps, contribuera à éviter les infiltrations à travers les fissures qui pourraient se rencontrer.

Dans une partie de la première section à ciel ouvert, le canal d'aménée se trouve entièrement au-dessus du sol naturel. Dans ce cas, représenté par la figure 7, les parois du canal sont constitués par deux murs à section trapézoïdale, de 2 m. de hauteur au-dessus du radier, de 0^m40 d'épaisseur au sommet et de 1^m20 à la base.

Pour le percement des souterrains, on a d'abord employé la perforation à la main, mais comme cette manière de faire conduisait à un prix de revient élevé, on a eu recours par la suite à la perforation mécanique par l'air comprimé. La consommation d'explosifs (cheddite et dynamite) a été de 1,5 à 2 kgs par mètre cube de déblais. L'avancement moyen à chaque front de taille a été de 0^m50 à 0^m60 par jour.

À l'extrémité du canal d'aménée se trouve une chambre de mise en charge qui peut être isolée du canal par un barrage à poutrelles, au cas où l'on voudrait la mettre momen-

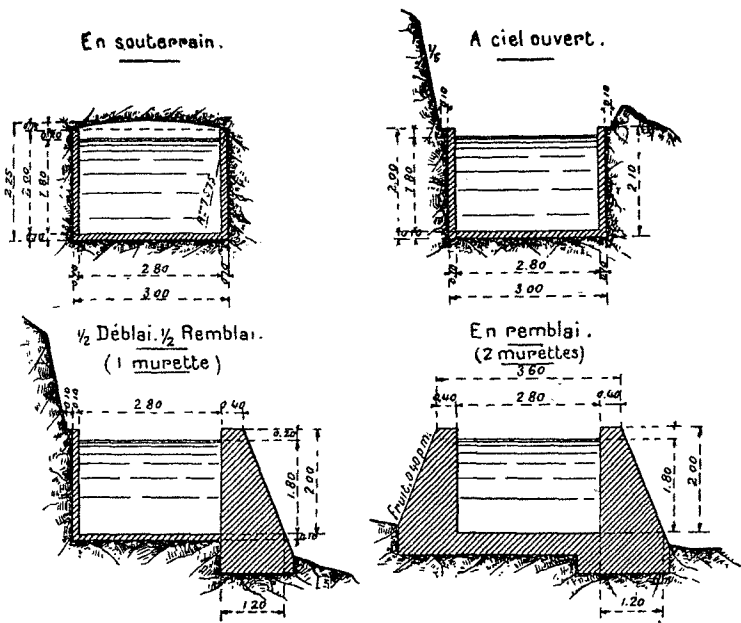


FIG. 4 A 7. — COUPES EN TRAVERS DU CANAL D'AMÉNÉE SUIVANT QU'IL EST EN SOUTERRAIN OU A CIEL OUVERT

tanément à sec sans vider le canal. D'une longueur de 50 m. et d'une largeur de 9^m25, cette chambre a une hauteur moyenne de 6 m. obtenue par approfondissements successifs du canal d'aménée. Comme elle est située à flanc de coteau, son radier et l'une de ses parois sont constitués par un simple revêtement bétonné du rocher, de 0^m20 d'épaisseur, la paroi extérieure étant constituée par un mur qui a été calculé de la même manière que celui du barrage.

Sur ce mur extérieur, on a ménagé, à la partie supérieure, un petit déversoir de 15 m. de longueur, qui est arrasé à la cote 387,74, soit à 0^m50 en contrebas de la crête de ce mur. De plus, une vanne de fond, qui débouche dans la partie la plus basse de la chambre de mise en charge, permet la mise à sec éventuelle de cette chambre.

En outre, à l'extrémité aval du canal d'aménée, et immédiatement avant les rainures ménagées pour le barrage à poutrelles dont il a été parlé ci-dessus, on a disposé, sur le mur extérieur, un déversoir de 25 m. de longueur, qui est arrasé à 0^m20 en contrebas de la crête de ce mur, soit à la cote 387,74.

À l'extrémité de la chambre de mise en charge, et en dehors d'elle, on établit une chambre plus petite, d'où part

la conduite forcée. À l'entrée de cette chambrette se trouve une rangée de grilles fines. Tout à fait au fond, se trouve une vanne de purge.

CONDUITE FORCÉE. — La conduite forcée a une longueur totale de 117 m., un diamètre intérieur de 1^m70, et est en tôle d'acier rivée de 8 mm. d'épaisseur. Elle est supportée par des piliers en maçonnerie, et deux massifs d'ancrage la maintiennent en place en empêchant tout déplacement longitudinal.

À son extrémité amont, où elle présente une ouverture en tronc de cône, de 1 m. de longueur et de 2 m. de plus grand diamètre, elle est commandée par une vanne d'arrêt. À l'aval du mur, un reniflard empêche la formation du vide à l'intérieur de la conduite lors de la fermeture de la vanne d'arrêt.

Sur son parcours, la conduite forcée rencontre le chemin de fer, sous la voie duquel elle passe en profitant d'un viaduc établi en cet endroit.

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE. — La conduite forcée précitée amène l'eau à deux turbines centrifètes parallèles à aspiration, du type Francis, à axe horizontal, de 1 200 chevaux chacune, qui tournent normalement à la vitesse de 500 tours par minute, et fonctionnent sous une chute qui varie de 50 à 51 m. suivant l'état de la rivière.

Chaque turbine est directement accouplée à un alternateur Alioth, de 1 000 KVA, produisant du courant monophasé à 850 volts et 25 périodes par seconde. Chaque alternateur porte son excitatrice en bout d'arbre.

Le réglage de la vitesse est obtenu au moyen d'un régulateur Escher Wyss, avec pendule à ressort et servomoteur à circulation d'huile, qui peut être commandé directement du tableau de distribution. Ce réglage est d'ailleurs facilité par l'interposition d'un volant de 4 500 kgs, et par l'inertie du rotor des alternateurs dont la valeur du PD^2 est de 6 500 kilogrammètres carrés.

Le courant à 850 volts produit par les alternateurs est transformé en courant à 32 000 volts au moyen de deux transformateurs de 1 000 KVA chacun, à bain d'huile et refroidissement par circulation d'eau, disposés dans des cellules en briques. Chaque transformateur peut être branché indifféremment sur le circuit de l'un ou de l'autre alternateur.

Les circuits à haute tension sont protégés par un limiteur hydraulique à jet d'eau, ainsi que par un parafoudre à rouleaux et deux parafoudres à corne, dont l'un est directement à la terre, tandis que l'autre y est mis par l'intermédiaire d'une résistance liquide.

L'usine ne contient actuellement que 2 groupes électrogènes, mais elle a été prévue pour pouvoir en contenir jusqu'à 5. Elle possède aussi un groupe moteur-générateur, formé par un moteur asynchrone de 45 kw. accouplé à une dynamo de 40 kw. Celle-ci fournit du courant à 170 volts pour les services de l'usine qui nécessitent l'emploi de ce courant, notamment pour la commande de certains appareils du tableau de distribution, ainsi que pour l'excitation d'un alternateur en cas d'avarie à son excitatrice.

II. — Chemins de fer électriques

Ainsi que nous l'avons déjà dit, le réseau des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne comprend quatre lignes principales rayonnant autour de Limoges. Ce sont :

- 1° La ligne Limoges — Saint-Mathieu — Rochechouart.
- 2° La ligne Limoges — Saint-Sulpice-les-Feuilles, avec

deux embranchements : l'un sur Razès, l'autre sur Bussière-Poitevine.

3° La ligne Limoges — Bussière-Poitevine, avec embranchement sur Saint-Junien.

4° La ligne Limoges — Eymoutiers — Peyrat-le-Château.

Toutes ces lignes aboutissant à Limoges, on établit une ligne de transport d'énergie à 30 000 volts entre Eymoutiers et Limoges. Cette ligne aboutit à la station à vapeur de Limoges, qui est établie dans la banlieue de cette ville sur le parcours de la ligne n° 3. Là, deux transformateurs, de 1 000 KVA chacun, abaissent la tension à 10 000 volts qui est celle du fil de contact en pleine campagne.

Cette station contient deux machines à vapeur horizontales Dujardin, du type compound, avec distribution par piston-valve, qui peuvent développer chacune normalement 775 chevaux à la vitesse de 125 tours par minute. Ces machines actionnent des alternateurs Alioth analogues à ceux de la station d'Eymoutiers.

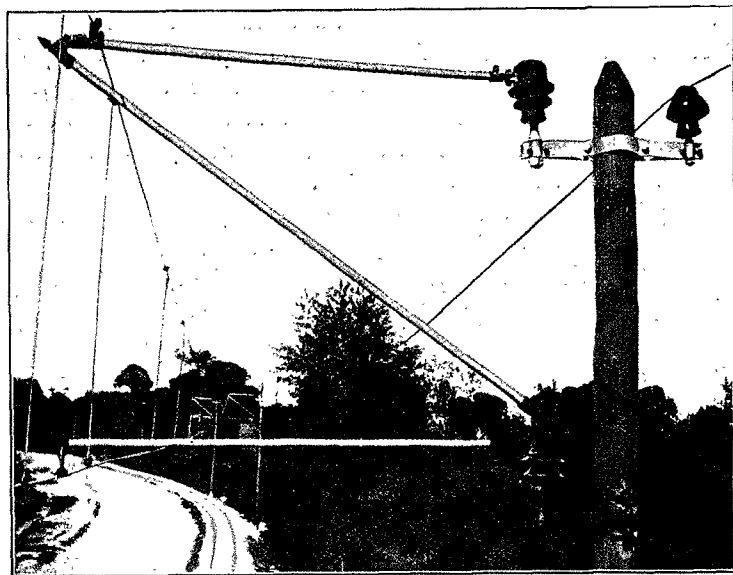


FIG. 8. — VUE DU SYSTÈME EN Z FORMÉ DE LA CONSOLE SUPPORTANT LE FIL DE CONTACT ET DE L'ANTIBALANÇANT

L'alimentation des lignes se fait au moyen de 4 feeders aériens contournant la Ville. Comme la traversée de la ville de Limoges doit se faire à la tension de 600 volts, on a installé à l'entrée de la ville, au point de raccordement des lignes de chemins de fer et des feeders, des postes de transformateurs qui abaissent la tension de 10 000 à 600 volts. Trois postes abaisseurs semblables ont été également installés à l'intérieur de la ville, et ils sont alimentés par un câble souterrain à 10 000 volts.

LIGNES DE CONTACT. — Les lignes d'aménage du courant aux voitures sont constituées par un fil en fer galvanisé, en forme de 8, de 80 millimètres carrés de section. Ce fil de contact est suspendu à un câble d'acier de 34 millimètres carrés de section, suivant le système bien connu dit à suspension caténaire. La tension du fil de contact est maintenue constante et égale à 4 kilogs par millimètre carré, au moyen d'un dispositif spécial de sectionnement et de contrepoids, installé tous les 3 ou 4 kilomètres sur des pylônes spéciaux.

Le fil de contact et le câble porteur sont supportés par des poteaux en bois par l'intermédiaire d'un système nouveau de console et d'antibalançant qui a fait l'objet d'un brevet de la part de MM. Giros et Loucheur. Il se compose d'un assemblage, en forme de Z, de 3 tubes à gaz. La branche

horizontale supérieure est fixée par son extrémité libre à un isolateur spécial porté par le poteau, tandis que, à l'autre extrémité qui est reliée avec la branche inclinée, elle supporte le câble de suspension. La branche inclinée, à son point d'intersection avec la branche horizontale inférieure, aboutit à un second isolateur spécial porté par le poteau. Ces deux branches constituent la console de suspension, tandis que la branche horizontale inférieure, qui est reliée à son extrémité libre avec le fil de contact, constitue l'antibalançant. Ces tubes sont reliés entre eux et aux isolateurs par des articulations, de manière à donner une grande souplesse à la suspension.

Chaque poteau porte en outre un feeder en cuivre, à 10 000 volts, pour parer aux pertes de charges du fil de contact. Il porte en outre 2 fils téléphoniques, dont l'isolement a été prévu pour 10 000 volts, et qui aboutissent à des postes téléphoniques d'une construction toute spéciale, afin de protéger les opérateurs en cas de contact avec le circuit à haute tension.

VOIES. — Les voies de roulement sont à l'écartement de 1 mètre, avec rails Vignole pesant 20 kilogs au mètre courant. Dans Limoges, et à la traversée de quelques bourgs, la voie est en rail Broca, du poids de 37 kilogs. L'éclissage électrique est assuré à l'aide d'un raccord en cuivre qui est fixé sous le patin pour les rails Vignole, et sous l'éclisse proprement dite pour les rails Broca.

MATÉRIEL ROULANT. — Les trains circulant sur le réseau des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne se composent de voitures automotrices avec remorques. Sur les tronçons de ligne où le trafic est encore assez faible, le service est assuré seulement par des automotrices seules.

Ces automotrices sont les unes sur trucks, les autres à boggies, et elles fonctionnent indifféremment sous 10 000 volts ou sous 600 volts, par le jeu d'un simple commutateur. Les voitures à trucks sont à deux essieux rigides, actionnés chacun par un moteur de 45 kw., et elles pèsent, à vide, 18 tonnes. Les voitures à boggies sont plus importantes ; elles sont actionnées par quatre moteurs de 45 kw., et pèsent à vide 28 tonnes.

Aux essais de réception, chaque automotrice doit pouvoir remorquer, à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure en palier, et de 29 kilomètres en rampe de 6 pour 100, un train de 23 tonnes, lorsqu'elle est à deux moteurs, et de 41 tonnes lorsqu'elle est à quatre moteurs. En outre, elle doit pouvoir démarrer facilement sur la rampe de 6 pour 100.

Les moteurs, qui sortent des ateliers de Creil, sont du type série-compensé à collecteur, et fonctionnent sous 300 volts. Ils tournent normalement à la vitesse de 800 tours par minute et commandent leur essieu par un seul train d'engrenages. Leur puissance normale est de 45 kw., mais ils peuvent supporter facilement une surcharge de 50 pour 100 pendant 3 minutes, et même de 100 pour 100 pendant 5 secondes.

Le courant à 10 000 volts du fil de contact est capté par un archet pantographe actionné par l'air comprimé, puis envoyé à l'une des bornes d'un auto-transformateur, dont l'autre borne est mise à la terre par l'intermédiaire de la masse de la voiture. Une série de prises permettent d'obtenir six voltages différents compris entre 300 et 150 volts, cette dernière tension étant celle du démarrage. Il existe encore une prise donnant 100 volts pour l'éclairage et le moteur du compresseur, et une autre donnant 50 volts pour les relais

des disjoncteurs. Ce transformateur est à isolement à huile et à refroidissement par l'air ; il est disposé sous la voiture.

Entre l'archet de prise de courant et l'auto-transformateur, est intercalé un commutateur qui permet de relier cet archet, soit à la première borne de l'auto-transformateur, lorsqu'on utilise le courant à 10 000 volts, soit directement à une prise spéciale de ce transformateur, correspondant à une tension de 600 volts, lorsqu'on se trouve à l'intérieur de Limoges.

Ce commutateur est enfermé dans une armoire en tôle, située au milieu de chaque automotrice. Cette armoire contient en outre des fusibles à haute et basse tension, un disjoncteur à maxima inséré dans le circuit des moteurs, et un disrupteur à plaque de mica, destiné à mettre à la terre le circuit à basse tension au cas où celui-ci viendrait à être mis fortuitement en contact avec la haute tension. En dehors de cette armoire, un limiteur de tension et un parafoudre à cornes complètent la protection de la voiture.

Les freins sont à air, du système Houplain. Ils fonction-

aussi bien sur les petites lignes de chemins de fer d'intérêt local que sur les grandes lignes de chemins de fer d'intérêt général. Aussi, avons-nous pensé qu'il serait sans doute intéressant pour les lecteurs de *La Houille Blanche* de mettre sous leurs yeux la description des installations nécessaires à la traction électrique des trains des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne.

P. CHAZEAX,
Ingénieur-Electricien.

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE de l'EAST CANADA CREEK

La *East Creek Light & Power Company* vient de terminer l'installation d'une usine hydro-électrique à Inghams Mills, dans l'Etat de New-York, sur l'East Canada Creek, à 10 kilomètres de la ville de Little Falls, et à 8 kilomètres en amont

du point où ce cours d'eau se jette dans la Mohaw River. Cette nouvelle usine, jointe à une ancienne usine hydro-électrique, également située sur l'East Canada Creek, à 6 kilomètres plus bas, et à une usine à vapeur de secours de 400 HP, située à Tribes Hill, à 50 kilomètres de là, doit fournir l'énergie électrique nécessaire à la traction des trains du *Fonda, Johnston & Gloversville Railway*, et à assurer en même temps un service public de distribution électrique dans toute la région avoisinante (1).

La nouvelle installation comprend un barrage, une conduite forcée de 190 mètres de longueur, et une usine génératrice. Elle a été prévue pour pouvoir développer ultérieurement 12 000 HP, mais, à l'heure actuelle, 8 000 HP seulement sont en service. En voici la description sommaire.

Barrage. — Ce barrage est établi en un point où la rivière a 45 mètres environ de largeur, et se trouve encaissée entre deux parois calcaires à pic. Il est en béton, et a une hauteur maxima de 37 mètres avec une longueur à la crête de 120 mètres. Il crée un réservoir de 5 millions de mètres cubes.

Il est prolongé par un déversoir de superficie de 60 mètres de longueur, arrasé à 2^m42 en contrebas de la crête. En outre, à 30 mètres au-dessous de cette crête, il est muni de deux vannes de fond commandant deux conduites en tôles d'acier de 1^m83 de diamètre. Entre le déversoir et ces vannes de fond, on peut évacuer ainsi jusqu'à 420 mètres cubes par seconde, alors que les plus fortes crues connues n'ont pas dépassé 310 mètres cubes.

Conduite. — La conduite forcée actuellement installée a 191 mètres de longueur. Elle est en tôle d'acier, de 9,5 à

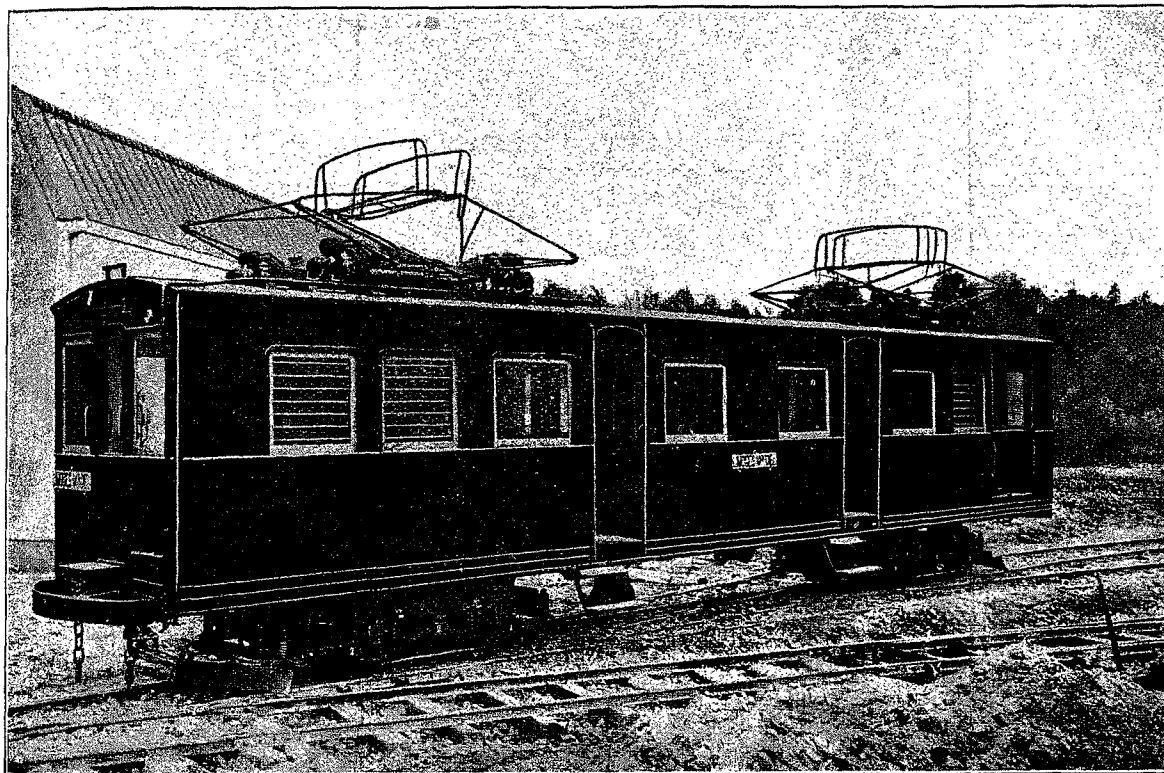


FIG. 9. — VUE D'UNE AUTOMOTRICE A BOGGIE

nent soit par action directe de l'air sur les cylindres des freins, soit par dépression, comme dans le cas général du frein automatique. Il existe en outre un frein de secours à main. Enfin, en cas de danger, on obtiendrait encore un freinage énergique en faisant fonctionner les moteurs sur la marche arrière.

L'air comprimé nécessaire à la manœuvre de l'archet et à la commande des freins est obtenu par un compresseur d'air qui est actionné par un moteur série fonctionnant sous 100 volts. Ce moteur est mis en marche ou à l'arrêt par un régulateur automatique qui maintient la pression entre 5 et 7 kilogs par centimètre carré. Si par suite d'un arrêt prolongé, ou pour toute autre raison, la pression venait à faire défaut, l'archet peut être appliqué contre le fil de contact au moyen d'une pompe à main agissant sur son circuit d'air comprimé.

La traction électrique des trains et des tramways par courant alternatif monophasé se généralise de plus en plus,

(1) D'après l'*Engineering Record* du 8 juin 1912.