

Une fois encore je m'excuse de paraître aussi absolu, et, sincèrement, je ne prétends point que tout ce qui précède soit définitif; mais je crois apporter un nouveau moyen d'étude à une question des plus complexes. Il me paraît de nature à permettre de crier « casse-cou » aux *conclusionnistes* trop pressés; et c'est pourquoi j'ai tenu à en déduire certaines données en partie provisoires sans doute, mais dont l'étude approfondie ne manquera pas de modifier bien des idées fausses, en passe de devenir d'injustifiables dogmes!

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE SAUVIAT et Transport de l'Énergie à Thiers et à Vichy

(Suite et fin)

LIGNES A HAUTE TENSION

De l'usine de Sauviat, partent trois lignes à haute tension.

Une première ligne à 11 000 volts alimente Courpière et Thiers, au moyen de 3 fils de 40 mm². De cette ligne, à l'entrée de Thiers, se dérive celle de St-Rémy qui, en fils de 34/10, dessert les agglomérations de Château-Gaillard, Bellevue, Lombard, Granetias, Le Martinet, La Grande-Roullière, La Monnerie, situées entre Thiers et St-Rémy-sur-Durolle. De La Monnerie, la ligne se continue pour alimenter Chantelauze, Chabreloche, Noirétable et enfin Celle.

Une seconde ligne à 20 000 volts, de 20 mm², alimente St-Dier, Billom, le Moulin-Gardy, Vertaison, etc.

Enfin, une troisième ligne, à 20 000 volts, dessert Lezoux, et se prolonge jusqu'à Vertaison. C'est de cette ligne que part la dérivation de 20 mm², qui alimente Vichy et dessert sur son parcours Pont-de-Dore, Puy-Guillaume, Châteldon, et prochainement St-Yorre. Les deux lignes à 20 000 volts peuvent se boucler entre elles, et, à l'aide d'interrupteurs de sectionnement, on peut les couper en tronçons, de manière à pouvoir exécuter les réparations, sans arrêts pour les clients.

La ligne qui alimente la région de Thiers a 21 kms de longueur jusqu'à Thiers, et 45 jusqu'à Noirétable. Celle qui dessert Vichy est longue de 70 kilomètres.

Toutes ces lignes sont montées presque entièrement sur des poteaux en bois; toutefois, pour certains parcours, sur des pylônes métalliques. Les poteaux, qui proviennent des magnifiques forêts de sapins de l'Auvergne, ont été préalablement injectés au carbonyle dans un chantier établi à Courpières. Cette injection se fait de la façon suivante: les sapins sont d'abord écorcés, puis séchés pendant un an; une fois parfaitement secs, on les trempe en entier dans une cuve, de 15 mètres de longueur sur 4 mètres de largeur, remplie de carbonyle chauffé à 50° par de la vapeur. Les poteaux sont amenés dans la cuve par un pont roulant, et leur immersion se fait au moyen de poids, ce qui permet d'obtenir une certaine pression favorable à l'injection du carbonyle. Après 4 heures d'immersion, les poteaux sont retirés et mis à égoutter; deux jours après, on peut les planter. Chaque poteau absorbe 15 kgs de carbonyle, et l'injection revient sensiblement à 3 fr. 50 par poteau, main d'œuvre comprise.

La portée moyenne des lignes sur poteaux en bois est de 30 m., avec une flèche de 0^m40, pour une température de 15°.

En dessous des lignes à haute tension est montée une ligne téléphonique dont on a eu soin de croiser les fils tous les 200 m. environ, pour diminuer l'induction due aux lignes à haute tension.

Comme cela se fait actuellement sur tous les réseaux, on a supprimé les parafoudres de ligne montés sur poteaux,

dont le mauvais fonctionnement, par suite d'un entretien difficile, rend, en général, leur présence plus dangereuse qu'utile.

Un détail très intéressant à noter, c'est la mise automatique de la ligne en court-circuit et à la terre, lorsque l'on manœuvre les interrupteurs de sectionnement des lignes à haute tension. C'est là, en effet, un excellent moyen de sécurité qu'il serait bon de recommander, mais qui cependant ne doit pas faire abandonner la mise à la terre de la ligne à l'endroit même où l'on travaille. Cette dernière précaution est la seule qui préserve à peu près complètement d'une façon efficace contre les fausses manœuvres.

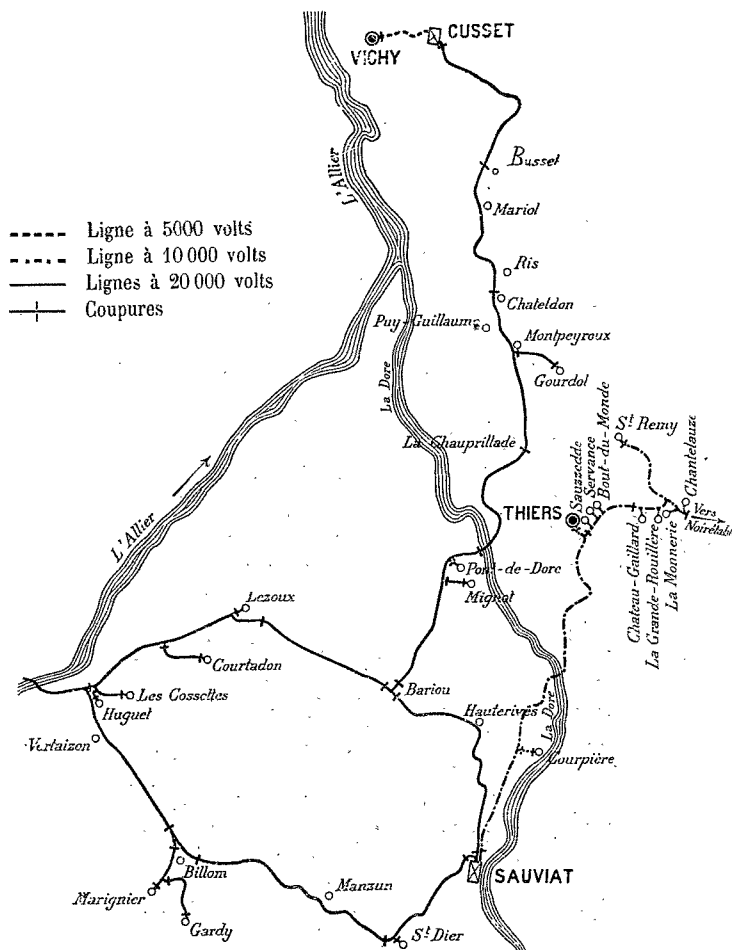


Fig. 13. — Carte du réseau de distribution de la Société des Forces Motrices d'Auvergne.

La ligne de Thiers traverse la Dore avec une portée de 130 m. et une flèche de 6 m. Pour cette traversée, les fils de ligne ont été remplacés par trois câbles de 40 mm², supportés par deux pylônes en fer. Pour la ligne téléphonique on a employé, dans cette traversée, du câble de 12 mm², avec une flèche de 8 mètres.

La ligne à haute tension qui va jusqu'à Noirétable évite l'agglomération de Thiers, en passant sur la rive gauche de la Durolle, à travers les coteaux desséchés de la Margueride. Pour éviter de faire suivre à la ligne les profondes et nombreuses sinuosités de la montagne, on a établi cette partie de ligne sur pylônes en fer avec de très longues portées. Les deux plus grandes atteignent 240 m., avec une flèche de 10 m. Les câbles, en bronze silicieux de 16 mm² de section, sont solidement fixés aux isolateurs au moyen de casques en bronze, en deux pièces, représentés sur la figure 15, coiffant les isolateurs et formant serre-fils. Dans ces grandes portées, la distance entre conducteurs est de 1 mètre.

Réseau de Thiers. — Le réseau à haute tension qui relie les différents postes de transformation répartis dans la

ville de Thiers est entièrement souterrain. Il est raccordé directement au réseau aérien à 10 000 volts à l'intérieur d'un kiosque où sont installés des parafoudres à cornes multiples, des parafoudres à poudre Thury à décharge continue, et de fortes bobines de self. De ce kiosque partent deux lignes souterraines qui peuvent se servir mutuellement de secours.

Le réseau souterrain comprend : 3800 m. de câbles triphasés de $3 \times 20 \text{ mm}^2$, et 2300 m. de câbles de $3 \times 10 \text{ mm}^2$.

Ce réseau souterrain offre un intérêt tout particulier, car, à l'époque où il fut installé, il n'existait en France, du moins le croyons-nous, que deux villes possédant des câbles triphasés établis pour une tension aussi élevée : Paris (réseau des tramways de l'Est Parisien, 150 kms de

construction, à ceux que cette maison a fournis à la Société des Forces Motrices du Rhône pour le réseau de Lyon à 3300 volts, mais les épaisseurs d'isolant sont plus fortes.

Ils sont formés de trois conducteurs tordus, isolés entre eux et par rapport à la terre par une épaisseur de 9 mm. environ de cellulose imprégnée de matière spéciale Berthoud-Borel. Cet isolant est protégé par deux gaines de plomb continues et sans soudures, mises à chaud par la presse hydraulique. Sur la deuxième gaine de plomb sont placés successivement un matelas de filin bien goudronné puis deux rubans de fers feuillards d'un millimètre d'épaisseur chacun, et enfin deux toiles asphaltées.

Tous ces câbles, avant de sortir de l'usine, ont été soumis

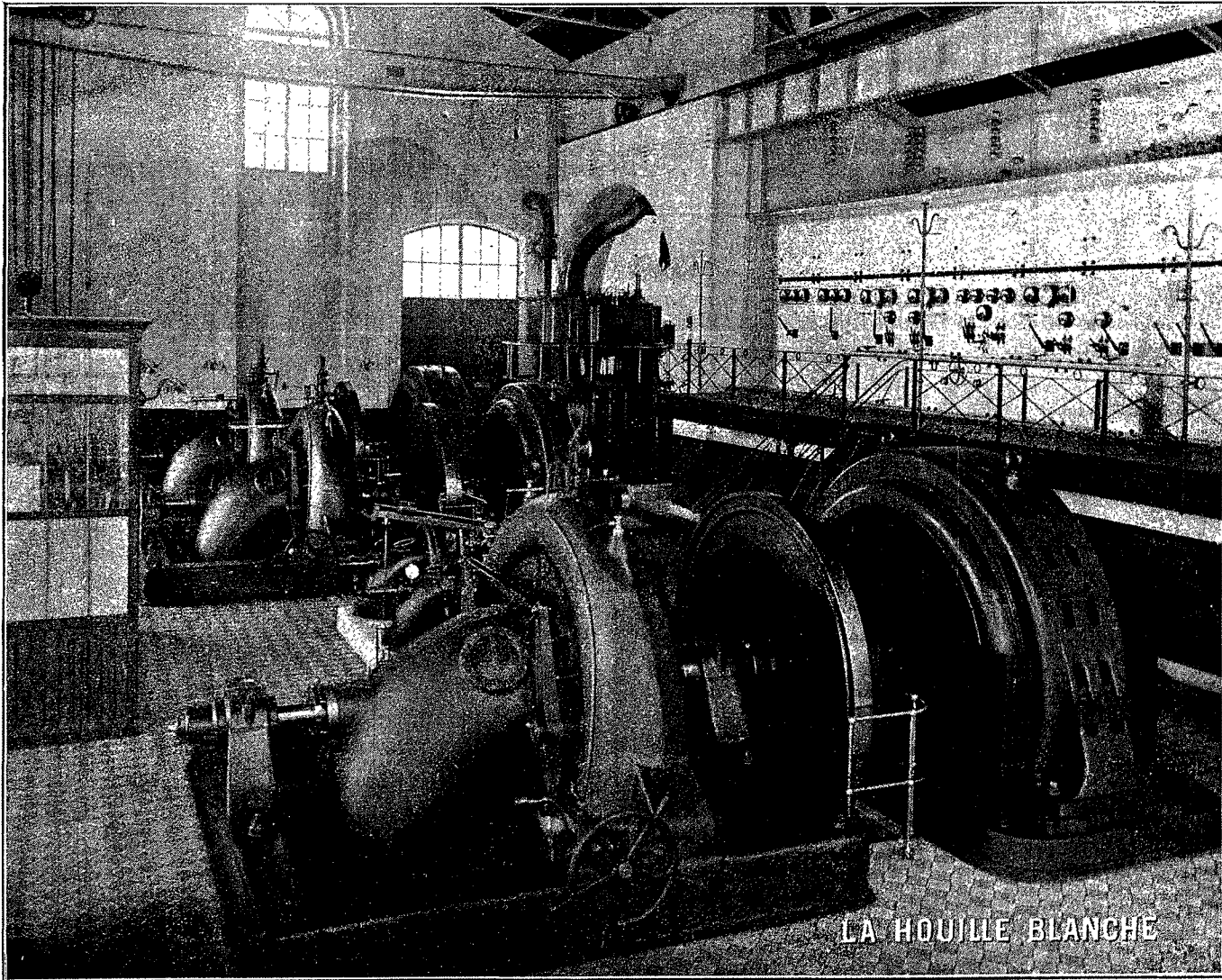


Fig. 14. — Vue intérieure de l'usine génératrice de Sauviat.

câbles triphasés à 11 000 volts, installés en 1899-1900) et Nice où la Maison Berthoud Borel avait également installé, vers 1900, quelques canalisations souterraines triphasées à 11 000 volts. Malgré cette tension élevée, les grandes difficultés rencontrées pour la pose des câbles dans les rues de Thiers qui sont tortueuses, étroites et fort pentueuses, et malgré le branchement direct du réseau souterrain sur une longue ligne aérienne, il n'y a pas eu de claquage de câble depuis la mise en marche. Il faut, sans doute, attribuer ce bon fonctionnement à l'excellente fabrication des câbles, mais aussi, certainement aux alternateurs qui, ainsi que nous l'avons dit, fournissent une force électromotrice sensiblement sinusoïdale.

Ces câbles, fournis par la SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CÂBLES ÉLECTRIQUES BERTHOUD-BOREL, sont semblables, comme

pendant une heure à des essais de rupture de l'isolant sous la tension alternative efficace de 30 000 volts, tant entre conducteurs qu'entre conducteurs et la terre. Pendant quelques secondes, la tension a été poussée jusqu'à 40 000 volts. L'isolement kilométrique des câbles à l'usine a été trouvé toujours supérieur à 1 000 mégohms.

Après pose, il a été de nouveau procédé à l'essai de claquage des câbles en envoyant de l'usine de Sauviat du courant alternatif à la tension efficace de 17 500 volts. Ces essais ont été faits tant entre conducteurs qu'entre conducteurs et la terre et chacun d'eux a duré deux heures.

Ces câbles alimentent douze kiosques en maçonnerie, renfermant des transformateurs ALIOTH, et tous les appareils de manœuvre et de protection ordinairement employés.

Le réseau à basse tension de Thiers, entièrement aérien, fonctionne à la tension de 215 volts composés, avec fil neutre pour permettre l'utilisation pour l'éclairage de la tension étoilée de 125 volts.

Kiosque de transformation de Cusset. — La Société des Forces Motrices d'Auvergne s'est entendue avec la Compagnie du Gaz de Vichy pour lui fournir, à la tension de 5000 volts, le courant dont elle peut avoir besoin pour alimenter ses abonnés. L'usine de Sauviat doit tenir à la disposition de la Compagnie du Gaz une puissance de 500 chevaux, sauf pendant l'été où, par suite du manque d'eau, la fourniture du courant peut être suspendue, la Compagnie du Gaz devant produire elle-même le courant qui lui est nécessaire au moyen des groupes électrogènes à vapeur qui alimentaient autrefois son réseau. Le courant est vendu à la Compagnie du Gaz au compteur d'énergie à un prix assez rémunérateur.

Le kiosque de transformation qui doit abaisser la tension de 20 000 à 5 000 volts pour alimenter le réseau de Vichy est installé à l'usine à gaz de Cusset.

La ligne à 20 000 volts pénètre d'abord dans une salle de parafoudres où sont installés des parafoudres à cornes multiples avec résistances liquides, et des bobines de self. Le courant traverse ensuite des coupe-circuits généraux qui servent plutôt de coupures, car les disjoncteurs de l'usine de Sauviat les remplacent avantageusement pour cela; il pénètre ensuite dans la seconde partie du bâtiment qui est divisée en deux étages. A l'étage supérieur, sont installés trois transformateurs triphasés, de 300 KVA, abaissant la tension de 20 000 à 5 000 volts. Ces transformateurs, fournis également par la Société Alioth, sont

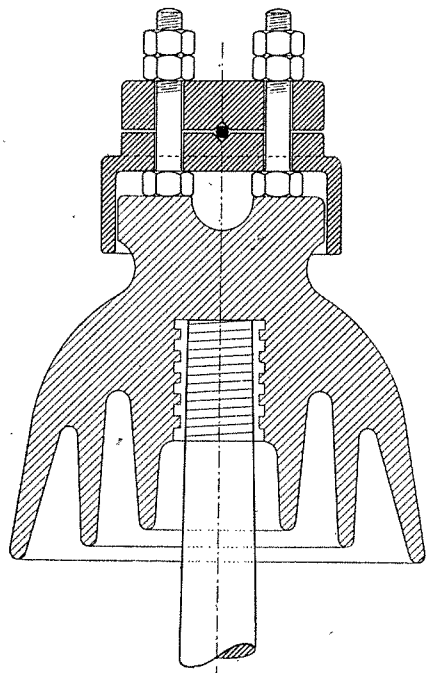


FIG. 15. — Isolateur pour très longues portées

à ventilation forcée, chaque transformateur possédant son petit ventilateur actionné par un moteur triphasé.

A l'étage inférieur, se trouvent les tableaux de départ du réseau à 5 000 volts, les compteurs d'énergie pour mesurer la consommation de la Compagnie du Gaz, et les tableaux de commande des moteurs des ventilateurs.

EXPLOITATION

Nous croyons intéressant d'indiquer ici les différentes manières dont le courant est vendu à Thiers pour la lumière et la force motrice, ainsi que les prix de vente correspondants.

Lumière. — 1° A forfait simple (éclairage de nuit, douilles spéciales).

La lampe de 5 bougies.....	12 francs par an
— 10 —	24 — —
— 15 —	30 — —

Pour les lampes avec commutateur, la première se paie 12, 24 ou 30 francs, et la seconde, 3 francs.

2° A forfait, au-dessus de 16 bougies, avec limiteur de courant (basculateur JAPY) :

Eclairage de nuit seulement..... 1 fr. 875 la bougie an
Eclairage de jour et de nuit..... 2 fr. 500 —

Le limiteur de courant permet à l'abonné de répartir à son gré le courant pour lequel il est abonné, dans un groupe quelconque de lampes de son installation (*).

3° Au compteur horaire (courant de jour et de nuit) :

La lampe de 5 bougies...	1,25 centime par heure
— 10 —	2 — —
— 16 —	3 — —

4° Abonnement spécial pour lampes d'ateliers, dites « lampes industrielles », et s'allumant du 1^{er} septembre à Pâques, avec ou sans basculateur. Pour Thiers seulement.

La lampe de 5 bougies.....	6 francs par an
— 10 —	12 — —
— 16 —	15 — —

5° Au compteur d'énergie (courant de jour et de nuit) :

Ateliers.....	0,50 le kilowatt-heure
Magasins.....	0,60 —
Appartements.....	0,65 —

Prix du compteur horaire..... 36 francs

Prix du basculateur posé, avec planchette..... 18 —

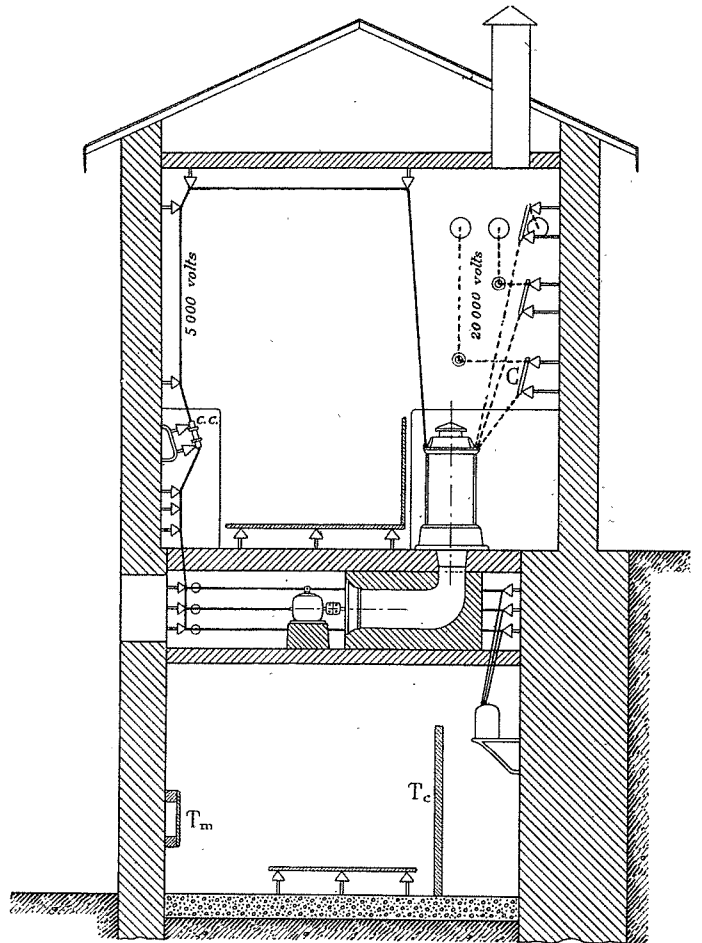


FIG. 16. — Poste de transformation de Cusset.

T_c Tableau des compteurs cc Coupe-circuits
T_m Tableau des moteurs C Coupures.

Prix des compteurs, avec tableaux, interrupteur et coupe-circuit :

5 ampères.....	86 francs
10 —	92 —
15 —	105 —
30 —	125 —

(*) Le basculateur JAPY, employé ici, a beaucoup d'analogies avec le basculateur ESTRADÉ dont on trouvera plus loin la description.

Force motrice. Sans minimum, le kilowatt-heure se paie 0 fr. 30.

Avec minimum :

1/2 cheval	0 fr.	250 le KWH,	avec minimum annuel de	75 francs
1	—	0 fr. 230	—	150 —
2	—	0 fr. 223	—	290 —
3	—	0 fr. 217	—	420 —
4	—	0 fr. 210	—	540 —
5	—	0 fr. 203	—	650 —
6	—	0 fr. 196	—	768 —
7	—	0 fr. 190	—	882 —
8	—	0 fr. 183	—	992 —
9	—	0 fr. 176	—	1.098 —
10	—	0 fr. 170	—	1.200 —

La Société des Forces motrices d'Auvergne fait, en outre, des abonnements spéciaux, à prix très réduits, pour les moteurs destinés à actionner les meules et les polissoirs employés en coutellerie.

A Thiers, où il existe un très grand nombre de petits ateliers de coutellerie, ce sont surtout les moteurs de faible puissance, inférieure à 10 chevaux, qui sont les plus répandus. Ces moteurs rendent de très grands services, comme on peut s'en convaincre en examinant les recettes annuelles assez importantes de la Société, et en établissant, pour chaque année, le nombre relativement très grand des abonnés de force motrice.

On a compté en effet :

Au 31 décembre 1903 (l'usine a été mise en marche le 16 novembre 1903) :

8.070 fr. de recettes.

63 abonnés de force motrice représentant 1 381 chevaux.

89 abonnés de lumière représentant 1 168 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1904 :

175.831 francs de recettes.

158 abonnés de force motrice représentant 2 210 chevaux

402 abonnés de lumière représentant 5 180 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1905 :

247.427 francs de recettes.

205 abonnés de force motrice représentant 2 345 chevaux.

580 abonnés de lumière représentant 6 908 lampes de 10 bougies.

Au 31 décembre 1906 :

337 329 francs de recettes.

272 abonnés de force motrice représentant 2 642 chevaux.

976 abonnés de lumière représentant 9 004 lampes de 10 bougies.

Pour l'exercice 1907, qui n'est pas encore clos, la progression des recettes est la même que pour les autres années; ce qui semble assurer un brillant avenir à la Société des Forces Motrices d'Auvergne.

Cette Société ne se borne pas à développer l'emploi des moteurs, même en dehors de la coutellerie, par de nombreux et intéressants usages (commandes des petites machines à glace, des pétrins mécaniques, etc.), elle cherche également à procurer de nouvelles applications au courant électrique. C'est ainsi qu'elle cherche, en ce moment, un problème difficile, dont elle espère cependant arriver à trouver bientôt la solution pratique, qui consiste à établir un four électrique permettant de porter les lames de couteau à une température bien déterminée (variant suivant la nature de l'acier, ou la destination du couteau, mais voisine de 750°) pour pouvoir ensuite les tremper.

Une autre application, plus restreinte, mais assez originale et très intéressante, est celle que le Directeur de la Société a imaginée pour l'aimantation des lames de couteau avec du courant alternatif. Cette aimantation, exigée par certains clients, les Arabes en particulier, qui estiment reconnaître ainsi les lames en bon acier, se fait simplement en plaçant les couteaux à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par du courant alternatif, et en coupant le courant avec un interrupteur ordinaire. Après l'interruption du courant, les couteaux restent aimantés. Si l'on veut les désaimanter, il suffit de les replacer dans le solénoïde, et

de les retirer sans couper le courant. On peut ainsi (et l'expérience est très curieuse à faire) aimanter ou désaimanter avec le même solénoïde, suivant que l'on coupe ou non le courant.

**

Si, par suite des progrès extraordinairement rapides que l'on a faits ces dernières années, dans l'établissement des grands transports d'énergie électrique, l'installation de la Société des Forces Motrices d'Auvergne n'est plus actuellement très moderne, elle n'en présente pas moins beaucoup d'intérêt, surtout par les dispositions ingénieuses adoptées pour l'aménagement hydraulique, par le bon agencement de l'installation, qui a toujours très bien fonctionné malgré une tension relativement élevée pour l'époque, surtout pour les alternateurs et les câbles souterrains, et, aussi, malgré l'emploi hardi de très grandes portées pour une ligne à haute tension, et enfin par les services que l'électricité rend à Thiers, en permettant à ce centre de petite industrie de lutter contre les grandes usines étrangères.

Cette installation fait grand honneur à la SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS INDUSTRIELLES qui en avait l'entreprise générale et aux Ingénieurs qui l'ont menée à bonne fin : MM. FAY, BERTHON et CHAPUZOT (*).

Malheureusement, les débuts de son fonctionnement ont été cruellement attristés par un deuil qui est venu frapper d'une façon brutale et pénible tous ceux qui avaient assisté à la genèse de cette entreprise. Le 5 janvier 1904, deux mois à peine après l'achèvement de l'œuvre qu'il avait conçue avec sa haute intelligence, et qu'il avait fait aboutir à force de travail et d'énergie, Fay tombait foudroyé dans un kiosque de transformation, à l'âge de 28 ans. Cœur d'or, caractère d'une franchise et d'une délicatesse remarquable, Fay était adoré et estimé de tous ceux qui l'avaient approché ; sa mort a plongé la ville de Thiers, où tout le monde le connaissait, dans une profonde tristesse, je n'en veux pour preuve que les funérailles magnifiques qu'on lui fit, et les larmes sincères que j'y vis couler. Puisse cette modeste description de son œuvre honorer sa mémoire, description que, comme son ami, et allié de sa famille, je me suis fait un devoir d'entreprendre, et que diverses circonstances m'ont empêché de publier plutôt.

P. BERGEON.

Professeur à l'Institut Electrotechnique de Grenoble.

BASCULATEUR ESTRADE

Pour une usine hydraulique, à qui la puissance instantanée maxima importe surtout, le système du tarif à forfait à l'avantage de permettre à l'usine de tirer parti de toute cette puissance. La demande maxima est, en effet, limitée et comme à l'avance. Et l'abonné lui-même est intéressé à limiter le plus possible cette consommation instantanée, puisque d'elle seule dépend le prix de sa fourniture d'électricité.

Dans le cas du tarif à forfait, il importe à l'usine génératrice de s'assurer que ses abonnés ne peuvent frauder, en absorbant, clandestinement, une quantité d'énergie supérieure à celle du forfait. L'appareil suivant, imaginé par M. ESTRADÉ, directeur de la Société méridionale de trans-

(*) Qu'il me soit permis de remercier ici M. Berthon, directeur de la Société Alioth, de l'obligeance avec laquelle il a bien voulu me fournir les éléments qui m'ont mis à même de faire cette étude, et M. Chapuzot, l'actuel directeur de la Société des Forces Motrices d'Auvergne, pour l'amabilité avec laquelle il m'a toujours reçu à Thiers, et pour sa complaisance à me renseigner sur son installation.