

En réalité, ces chiffres peuvent le plus souvent constituer une limite supérieure comme le fait remarquer M. de Marchena dans son étude, les grandes compagnies de chemins de fer pouvant emprunter à 3 o/o et amortir sur un laps de temps supérieur à 50 ans.

Ces dépenses spéciales à la transformation d'un réseau ne représentent pas plus de 5 o/o en moyenne des recettes par kilomètre train et 10 o/o des frais totaux d'exploitation. Ces dépenses supplémentaires peuvent être compensées, soit par une diminution des frais d'exploitation, soit par une augmentation des recettes.

Augmentation des recettes

Examinons d'abord ce dernier point. Supposons que le trafic marchandises (en général 50 à 60 o/o des recettes totales) ne soit pas accru par le fait de la transformation, bien que celle-ci doive amener évidemment une amélioration dans la célérité des transports; il est permis, d'après l'expérience acquise, d'affirmer que les recettes-voyageurs, surtout sur les faibles parcours, qui sont, en réalité les plus rémunérateurs pour les compagnies, seraient certainement suffisantes pour compenser cet accroissement de 10 o/o dans les charges annuelles d'exploitation.

Diminution des frais d'exploitation.

Ces frais, dans une compagnie de chemins de fer, sont généralement répartis ainsi qu'il suit :

- 1° Eau et combustible;
- 2° Chauffeurs et mécaniciens;
- 3° Graissage, entretien et nettoyage des locomotives;
- 5° Amortissement du matériel et frais généraux divers.

On constate, d'après un grand nombre de statistiques, que sur une compagnie de chemins de fer d'importance moyenne, ces dépenses ressortent à 0 fr. 800 par kilomètre-train.

Cherchons à établir les dépenses correspondantes pour une exploitation par traction électrique.

En admettant un effort moyen de 750 à 800 kilogs comme nécessaire à la propulsion du train, il en résulterait une dépense de 3,5 kilowatt-heures par kilomètre-train, mesuré au tableau de la station génératrice.

On peut admettre une consommation moyenne de 1,5 kg. de combustible par k.watt-heure, et par exemple, pour une usine de 4500 k. watts brûlant du charbon à 24 francs et produisant annuellement 1500000 de k. watt-heures.

On peut évaluer comme suit ces dépenses :

	Dépense annuelle	Dépense par K.watt-heure
Combustible (22.500 tonnes à 24 fr.)....	540.000	0.0360
Personnel usine	65.000	0.0043
Graissage et entretien des machines	70.000	0.0047
Frais généraux divers.....	60.000	0.0040
	<u>735.000 fr.</u>	<u>0.0490 fr.</u>

Ce chiffre de 0,049 fr. que nous adopterons comme représentant les dépenses d'exploitation par kilowatt-heure est une valeur forcée à dessein. Celles-ci sont sensiblement plus faibles dès que l'on recourt à une puissance hydraulique ou même simplement si le charbon est moins coûteux. En réalité, dans la majorité des cas, cette dépense peut être prise égale à 0,040 fr.

Pour une sous-station équipée avec transformateurs rotatifs, fournissant 200000 de kwatt-heures par an, il convient de prévoir 15.000 francs pour frais de personnel, graissage, entretien et divers. Cette dépense ne dépasse pas 5.000 francs avec une sous-station uniquement composée de transformateurs.

Il en résulte que les dépenses totales par k.watt-heure produit au tableau des usines génératrices ne dépasseront donc pas en moyenne 0,045 fr. à 0,050 fr. d'où par kilomètre-train (3500 watt-heures), une dépense de 0,17 fr., d'où enfin une économie de 0,09 fr. par kilomètre-train sur les dépenses d'eau et de combustible nécessitées par les locomotives à vapeur. Nous avons déjà expliqué les raisons de cet écart au commencement de cet article.

Nous avons également insisté sur l'économie qu'il est possible de réaliser avec le personnel. Un wattman, au lieu de deux agents,

chauffeur et mécanicien, peut faire un minimum de 200 kilomètres par jour, tandis qu'un mécanicien de grandes lignes n'en fournit guère que la moitié. Il est facile de voir que la transformation du mode de traction permet de réaliser au moins une économie de 0 fr. 10 par kilomètre-train sur ces frais de personnel.

Quant à l'entretien du matériel roulant tracteur, les chiffres que l'on possède actuellement nous permettent de tabler sur une économie de 0 fr. 10 par kilomètre-train. En effet, les frais d'entretien pour les tracteurs électriques ne dépassent pas en moyenne 0 fr. 07 par kilomètre-train, c'est-à-dire 40 à 45 o/o du chiffre correspondant aux locomotives à vapeur.

Il ne sera pas non plus exagéré de compter par kilomètre-train, 0 fr. 01 pour l'économie d'entretien, nettoyage et graissage des wagons, dans le cas de la traction électrique.

Conclusions

Nous avons trouvé, comme économies à réaliser sur les frais d'exploitation, par kilomètre-train :

Production de force motrice.....	0,09 fr.
Personnel de conduite.....	0,10 »
Entretien et graissage des locomotives.....	0,10 »
Entretien et graissage des wagons.....	0,01 »
Total.....	<u>0,30 »</u>

Ajoutons-y pour mémoire une diminution importante dans la surveillance et l'entretien des voies (0,40 fr. avec les locomotives à vapeur par kilomètre-train) pour les raisons que nous avons indiquées en tête de cet article. Enfin la dépense d'entretien des lignes aériennes, 100 à 150 fr. par kilomètre de voie et par an, ne pourrait atténuer que dans de faibles limites les économies réalisées sur l'entretien des voies.

Nous pourrions donc conclure, comme M. de Marchena le faisait pressentir dès 1896, à la fin de son étude, en affirmant que la traction électrique à grande vitesse est financièrement possible dans l'état actuel de nos chemins de fer, et qu'elle apporterait certainement une économie dans l'exploitation et une augmentation des recettes. Les essais de traction électrique à grande vitesse, que nous allons maintenant exposer, nous montreront que ce mode de traction semble, dès aujourd'hui, également possible au point de vue technique.

(A suivre)

BARBILLION,
Ingénieur-Electricien,
Maitre de Conférences à l'Institut
Electrotechnique de Grenoble.

Les installations

de la

Société d'Energie Electrique

de Grenoble et Voiron

La Société d'Energie Electrique de Grenoble et Voiron a, en ce moment, l'exploitation de deux usines hydro-électriques, l'une qui lui appartient en propre, l'*Usine d'Engins* et l'autre qu'elle a affermée pour une durée de dix ans à MM. Carrière et Cie, l'*Usine des Côtes de Sassenage*.

Ces deux usines, branchées en parallèle sur une ligne de plus de 40 kilomètres, alimentent, à Grenoble et à Voiron, une grande quantité de moteurs synchrones et asynchrones pendant la journée, et y fournissent de la lumière le soir,

sans compter les dérivations moins importantes qui se dirigent sur Fure, Coublevie et Engins.

Le mode de transport adopté a été le courant alternatif triphasé à 15000 volts avec transformateurs au départ et à l'arrivée. Les alternateurs des deux usines génératrices fonctionnent à basse tension.

USINE D'ENGINS

L'usine d'Engins emprunte sa force motrice aux eaux du Furon, affluent de la rive gauche de l'Isère. Ce torrent est formé par deux branches principales : le Bruyant et le Furon proprement dit, dont la plus importante, le Bruyant, représente de $\frac{3}{5}$ à $\frac{2}{3}$ du débit total.

Le débit moyen du Furon est de 600 litres pendant six mois de l'année. De juillet à septembre, le débit reste inférieur à 400 litres quand l'été est sec.

La hauteur de chute effective est de 285 mètres, de sorte que, en comptant sur un débit moyen de 400 litres et en tenant compte d'un rendement de 75 % pour les turbines, on a une puissance moyenne disponible sur l'arbre des turbines de 850 poncelets (près de 1200 HP), tandis que le minimum ne donnerait que 320 poncelets. On voit de suite la nécessité, si on veut utiliser la plus grande partie de la puissance disponible, d'avoir recours pour assurer le service, pendant la période du minimum, à une force motrice autre que la chute d'eau. Nous verrons plus loin qu'on a adjoint aux groupes hydrauliques une machine à vapeur de 3,5 poncelets (500 HP).

Travaux hydrauliques.

Prise d'eau. — Située au moulin Arnaud, au-dessous du village d'Engins, elle comprend un barrage fixe, un canal d'amenée de peu d'importance, et une chambre d'eau.

La chambre d'eau qui sert de point de départ à la canalisation sous pression, forme un vaste réservoir d'environ 5000 mètres cubes permettant d'emmagasiner aux heures de faible charge, une quantité d'eau suffisante pour relever, au besoin, pendant quelques heures, le débit normal du Furon, ce qui permet de faire face à des surcroûts de charge momentanés, tels que ceux que l'on observe au coucher du soleil au moment où l'on doit fournir à la fois l'énergie nécessaire à l'éclairage et à la force motrice.

Canalisation. — Longue de 3200 mètres, elle comprend deux parties :

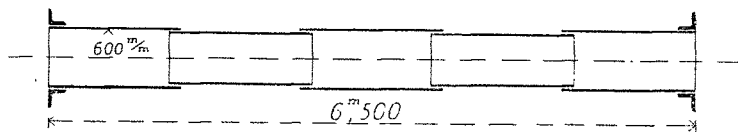
La première partie, en béton de ciment, a un diamètre intérieur de 0^m80 et une épaisseur qui varie de 0^m10 à 0^m20 suivant la pression; très peu inclinée, elle s'étend sur une longueur de 2000 mètres et n'a à supporter que des pressions inférieures à 20 mètres.

La seconde partie, en tôle d'acier extra doux, de Saint-Etienne, a été étudiée et construite par la maison Bouchayer et Viallet de Grenoble. Elle est composée de tronçons de 6^m50 de long terminés à leurs extrémités par des cornières permettant l'assemblage des tronçons entre eux par l'intermédiaire d'un joint spécial de plomb et de bitord enduit de minium. L'assemblage se fait à l'aide de boulons. Les tronçons de 6^m50 sont construits en cinq viroles cylindriques : trois grandes et deux petites (fig. n° 1) assemblées

longitudinalement et transversalement au moyen de rivures.

Cette partie de la canalisation a une longueur de 1270 mètres. L'épaisseur des tôles, calculée en admettant un travail maximum de 6 kilogr. par millimètre carré, varie, suivant la pression, de 4 à 14 millimètres. Le diamètre intérieur du tuyau est de 0^m60.

Fig. 1. — UNE LONGUEUR DE LA CONDUITE FORCÉE.



La canalisation est logée dans un fossé creusé à flanc de coteau et à faible pente sur la plus grande partie de sa longueur. Ce n'est qu'à l'arrivée à l'usine qu'elle descend rapidement suivant la ligne de plus grande pente. Elle a été recouverte de terre pour la protéger contre la chute possible des blocs de pierre et annuler les effets de dilatation.

On a placé sur le parcours de la conduite deux cheminées, dont l'une à l'extrémité aval de la canalisation de ciment. Ces cheminées ont pour but d'amortir les coups de béliers pouvant provenir de manœuvres trop brusques du vannage des turbines.

Usine génératrice.

L'usine occupe un vaste rectangle de 33^m55 sur 15^m70, divisé en quatre parties : salle des turbines, salle des machines, salle des transformateurs et enfin atelier. On y a adjoint, l'an dernier, un bâtiment pour les chaudières et un hangar pour le charbon de la machine à vapeur qui y a été installée à cette époque.

L'usine comprend, à l'heure actuelle, cinq groupes électrogènes dont quatre hydrauliques, et un hydraulique et à vapeur (fig. n° 2).

Les groupes hydrauliques comprennent deux excitatrices et deux alternateurs. Le groupe hydraulique et à vapeur comprend un alternateur.

Turbines. — Les turbines ont été construites par la maison Bouvier frères de Grenoble. Elles sont du type Girard à axe horizontal, admission partielle et libre déviation.

Les deux turbines des excitatrices ont une puissance individuelle de 22,5 poncelets (30 HP). Elles tournent à 950 tours.

Les trois turbines des alternateurs ont une puissance de 375 poncelets (500 HP) et tournent à 300 tours. Elles portent sur leurs arbres des volants en fonte avec frettes d'acier du poids de 5300 kilogr., dont la jante est animée d'une vitesse de plus de 40 mètres par seconde.

Le vannage des turbines est commandé du tableau au moyen de transmissions par engrenages. Il est manœuvré par l'ouvrier chargé de régler la marche de l'usine. Plusieurs essais de réglage automatique ont été faits, mais, jusqu'à présent, aucun n'a été adopté.

Dynamos. — 1° *Excitatrices.* L'usine possède trois excitatrices : deux excitatrices Labour bipolaires du type Manchester dont les caractéristiques sont :

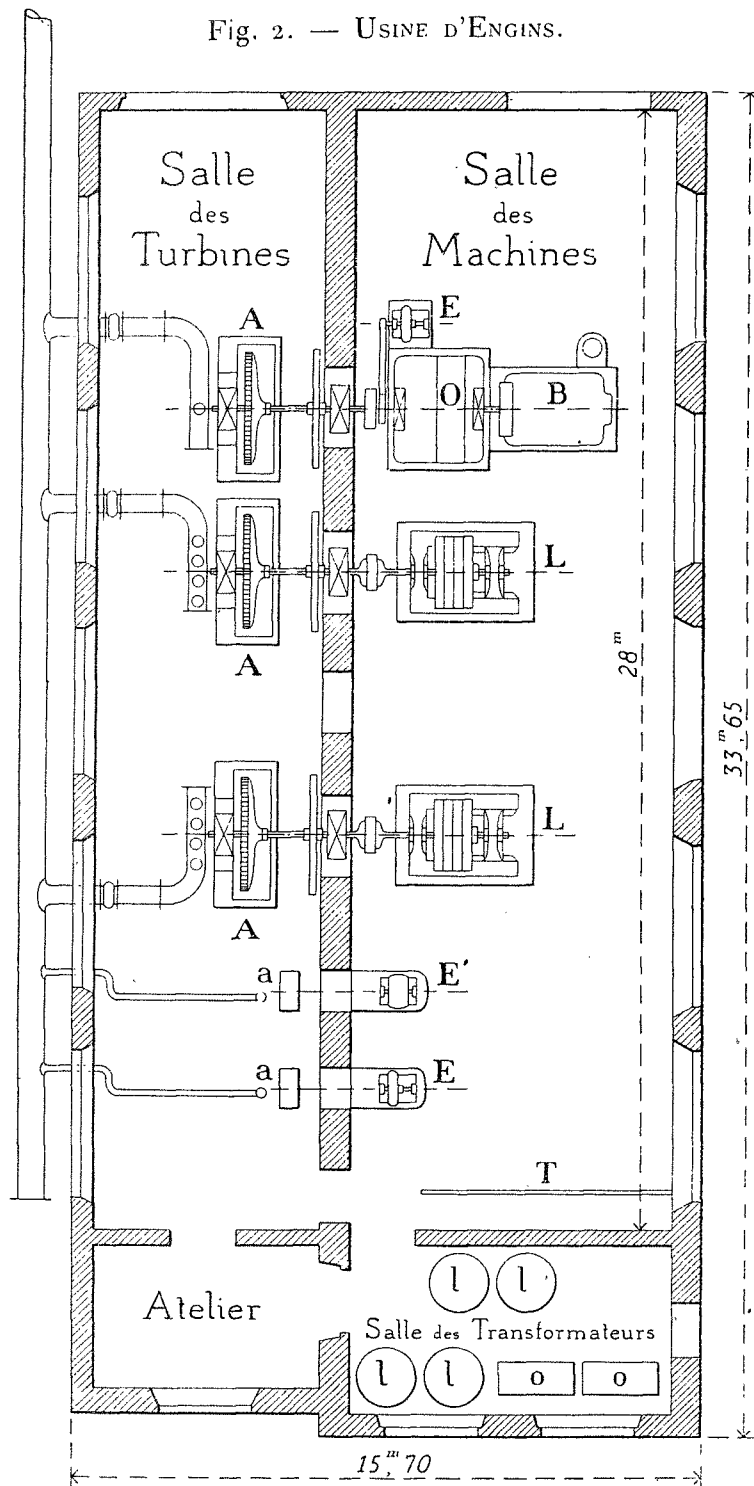
175 volts. 100 ampères. 950 tours.

et une excitatrice Alioth tétrapolaire ayant pour caractéristiques :

175 volts. 140 ampères. 950 tours

L'excitatrice Alioth et une des excitatrices Labour sont respectivement commandées par leur turbine. La deuxième excitatrice Labour est commandée à l'aide d'une courroie menée par le volant de l'alternateur du groupe à vapeur, de telle sorte que ce groupe peut se suffire à lui-même.

Fig. 2. — USINE D'ENGINS.



LÉGENDE

- | | |
|---|---|
| <i>E, E</i> — Excitatrices Labour. | <i>A, A, A</i> — Turbines Bouvier de 375 poncelets. |
| <i>E'</i> — Excitatrice Alioth. | <i>a, a</i> — Turbines de 22,5 poncelets. |
| <i>L, L</i> — Alternateurs Labour. | <i>T</i> — Tableau de distribution. |
| <i>O</i> — Alternateur Oerlikon. | <i>l, l, l, l</i> — Transformateurs Labour. |
| <i>B</i> — Machine à vapeur, Boulte-Larbodière. | <i>o, o</i> — Transformateurs Oerlikon. |

2° *Alternateurs*. L'usine possède deux alternateurs Labour construits par la Société « L'Eclairage Electrique » de Paris, et un Oerlikon. Ces trois alternateurs ont les mêmes caractéristiques :

350 kilo-volts-ampères. 125 volts.
300 tours. 50 périodes

Ce sont des alternateurs triphasés, enroulés en étoile, à induits fixes et dont les inducteurs mobiles ont vingt pôles.

Les deux alternateurs Labour sont accouplés directement sur l'arbre des turbines au moyen d'un accouplement à volant muni de taquets de caoutchouc travaillant à l'écrasement.

Ce mode d'accouplement est suffisamment connu pour qu'il nous suffise de le mentionner ici.

Le rendement de ces alternateurs a été trouvé de 93,07 % pour $\cos \varphi = 1$ et, si on fait intervenir le rendement de l'excitatrice = 80 %, on a un rendement total de 92,81 %.

L'alternateur Oerlikon possède un double accouplement qui permet de le faire fonctionner, soit par sa turbine, soit par la machine à vapeur.

Machine à vapeur. — La machine à vapeur, ayant pour fonction d'actionner l'alternateur Oerlikon en cas d'insuffisance d'eau, est du type Belliss. C'est une Boulte-Larbodière : machine compound verticale, à double effet, avec graissage automatique d'huile sous pression.

Cette machine donne 375 poncelets (500 HP) avec une vitesse de 300 tours par minute.

Les chaudières qui l'alimentent sont au nombre de deux. Ce sont des chaudières multitubulaires de la maison Joya de Grenoble. Elles fonctionnent à 13 kilos et ont chacune une surface de chauffe de 125 mètres carrés.

Tableau de distribution. — Le tableau de distribution comprend, à l'heure actuelle, quatre panneaux distincts : trois pour les alternateurs et un pour les excitatrices.

Le tableau d'un alternateur peut se résumer dans le schéma ci-contre (fig. n° 3). A l'aide de cette figure on s'imaginera assez facilement la disposition et le groupement des appareils et des connexions sur les différentes parties du tableau, sans qu'il nous soit nécessaire d'en reproduire le plan.

Outre les appareils du tableau, l'homme chargé de sa surveillance a encore sous la main la commande du vannage des turbines. Un tachymètre enregistreur, mû par un petit moteur asynchrone, branché directement sur les barres de couplage, et qui, fonctionnant à faible charge et par conséquent avec un glissement négligeable, lui indique à chaque instant la vitesse des alternateurs, vitesse qu'il peut modifier à son gré en agissant sur le vannage des turbines. C'est grâce à ce procédé, un peu primitif peut-être mais au moins *très simple*, qu'on arrive à avoir une régularité de marche à peu près parfaite et, en tout cas, complètement soustraite aux aléas que peut présenter le fonctionnement plus ou moins précis des régulateurs automatiques.

Transformateurs. — La salle des transformateurs est placée exactement derrière le tableau de distribution. Elle contient actuellement six transformateurs, chaque alternateur ayant une batterie de deux transformateurs (Voir le schéma du tableau).

Il y a quatre transformateurs Labour de la Société « L'Éclairage Électrique » et deux transformateurs Oerlikon. Les transformateurs Labour sont de 175 kilovolts-ampères :

Voltage secondaire..... = 130
Voltage primaire..... = 15000

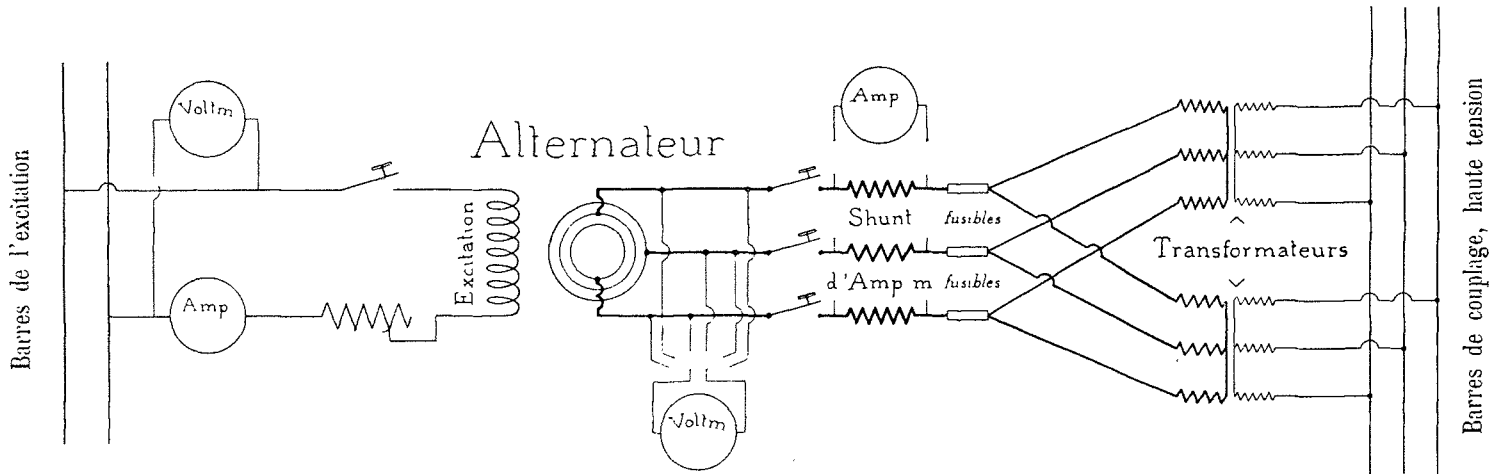
Ils sont enfermés dans une cuve qui est remplie de paraffine et munie d'ailettes pour faciliter le refroidissement.

Travaux hydrauliques.

Prise d'eau. — Les ouvrages de prise d'eau de l'Usine des Côtes se trouvent à quelques mètres en aval du canal de fuite de l'usine d'Engins. Ils sont englobés dans les dépendances même de cette usine, ce qui rend leur surveillance très facile.

Ils sont, du reste, réduits à des dispositifs d'une extrême

Fig. 3. — SCHEMA DU TABLEAU D'UN ALTERNATEUR



Les deux transformateurs Oerlikon sont de 230 kilovolts-ampères.

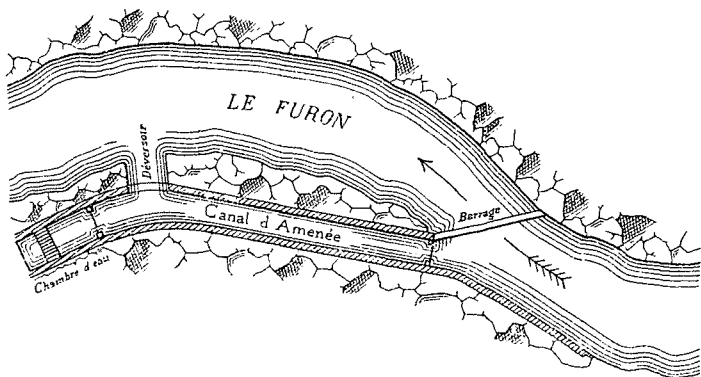
Voltage secondaire..... = 130
Voltage primaire..... = 15000

Le noyau est formé de trois colonnes en fer feuilleté réunies à leurs parties supérieures et inférieures par deux culasses rectilignes. Les enroulements sont laissés à l'air libre.

USINE DES CÔTES DE SASSENAGE

L'usine des côtes de Sassenage a été construite en 1901, par la Société des ciments Carrière et C^{ie}, pour fournir l'énergie nécessaire aux usines à ciment. Mais pour simpli-

Fig. 4. — OUVRAGES DE PRISE D'EAU DE L'USINE DES CÔTES DE SASSENAGE



fier le service, elle l'a affermée à la Société d'Énergie Électrique de Grenoble et Voiron (qui l'a directement branchée sur sa propre ligne), à charge à cette dernière de fournir aux usines à ciment l'énergie nécessaire.

simplicité, et c'est à ce titre que nous croyons intéressant d'en donner le croquis (fig. n° 4).

Un barrage en travers du Furon dérive les eaux de ce dernier dans un canal d'amenée qui n'a guère plus de trente mètres de longueur et aboutit à une chambre d'eau de même dimension que le canal.

La Canalisation forcée, comme celle de l'usine d'Engins, se compose de deux parties.

La première, non plus en béton de ciment, mais en ciment armé, ce qui est bien préférable, va jusqu'aux pressions de 35 mètres, avec un diamètre intérieur de 0 m. 50, et l'épaisseur maxima du tuyau ne dépasse pas 10 centimètres.

La seconde partie, en tôle d'acier, est formée comme pour l'usine d'Engins, de tronçons de 6 m. 50 terminés à leurs extrémités par des cornières permettant l'assemblage des tronçons entre eux par l'intermédiaire d'un joint étanche de plomb écroui. La section intérieure de ce tuyau est de 0 m. 50. L'épaisseur des tôles varie, suivant la pression, de 5 à 8 millimètres.

La canalisation est sur toute sa longueur enfouie en terre à une profondeur de 0 m. 60.

La hauteur de chute utile est de 125 mètres.

Usine Génératrice

L'usine génératrice est constituée par une seule salle de 14 mètres de long sur 8 de large (fig. n° 5). Une cloison grillagée isole la partie haute tension du reste de la salle.

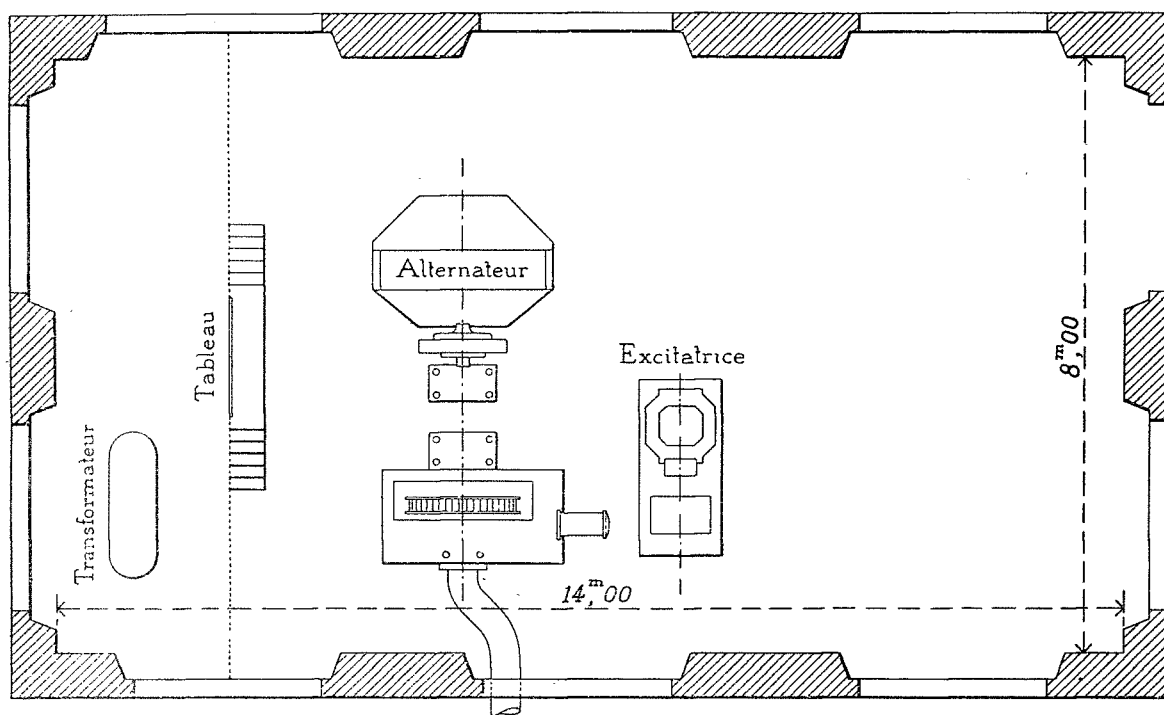
L'usine comprend un alternateur (basse tension) commandé directement par sa turbine, une excitatrice également accouplée à une petite turbine, enfin un transformateur-élevateur à 15.000 volts. Elle pourrait encore

recevoir un alternateur et un transformateur identiques aux précédents.

Turbines. — Les deux turbines de l'alternateur et de l'excitatrice ont été construites par la maison Bouvier frères, de Grenoble. Ce sont des turbines du type Girard, à libre déviation et admission partielle.

La turbine de l'alternateur est de 260 poncelets (350 HP). Elle tourne à 375 tours par minute. Celle de l'excitatrice, de 9 poncelets (12 HP), tourne à 950 tours par minute.

Fig. 5. — USINE DES CÔTES DE SASSENAGE.



La partie vraiment originale de l'installation est la commande hydraulique du vannage de la turbine de l'alternateur par la manœuvre du robinet d'un servo-moteur à tiroir compensateur, réglable suivant le débit maximum dont on dispose.

Servo-moteur hydraulique. — Le robinet *R* dont nous donnons le schéma ci-contre (fig. n° 6), est placé près du tableau d'où, comme nous venons de le dire, il permet de commander le vannage de la turbine de l'alternateur. C'est un robinet à filtre pouvant se nettoyer automatiquement sans démontage ni interruption de fonctionnement.

Dans sa position normale, ce robinet met les deux faces du piston *P* du servo-moteur en communication avec l'eau de la conduite forcée. Il se trouve donc ainsi en équilibre. Pour le faire déplacer, on met, par une rotation du robinet dans un sens ou dans l'autre, la face droite ou la face gauche du piston, en relation avec l'échappement. La pression sur l'autre face qui reste en relation avec l'eau sous pression de la conduite, détermine le mouvement voulu du piston.

De plus, pour éviter les coups de béliers dans la conduite, lors de la fermeture de la distribution, on a ménagé un tiroir compensateur *t* destiné, lorsque le tiroir de distribution *T* se ferme, à ouvrir un orifice qui donne un autre débouché à l'eau de la conduite, de telle sorte que la vitesse ne passe pas brusquement du régime normal à zéro.

Toutefois, le débit du Furon étant souvent inférieur au débit maximum de la turbine, il ne fallait pas lier rigidement et sans réglage, le compensateur au tiroir principal. On aurait eu une perte considérable de la petite quantité d'eau de la conduite, la turbine n'ayant jamais, dans ce cas, tous ses augets ouverts, puisque le débit n'est pas suffisant pour les alimenter tous. Il fallait donc réaliser un système permettant de régler la position relative des deux servomoteurs *S* et *s* (Voir le schéma, fig. n° 7). C'est pourquoi la

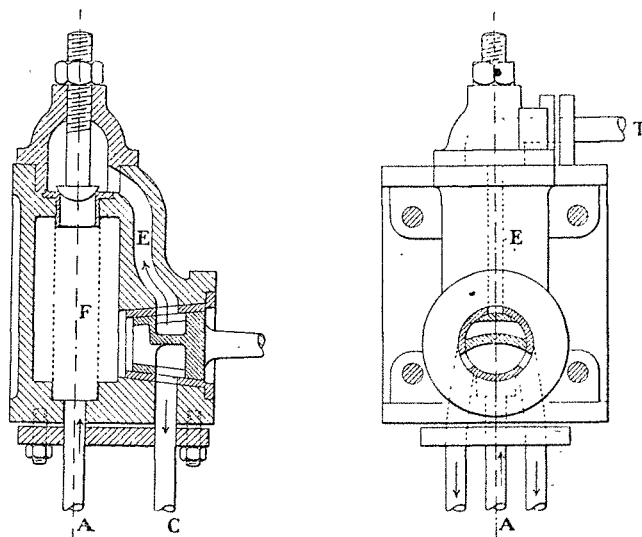
bielle *b* est percée de huit trous, correspondant aux huit augets du distributeur, et dans l'un quelconque desquels on peut clavier le levier d'accouplement *L*.

La manœuvre du tiroir compensateur peut se faire lorsque le clavier est enlevé, d'une façon complètement indépendante de celle du tiroir *T*, grâce à une simple manœuvre du robinet *r*. La position du compensateur étant ainsi réglée, on remet le clavier à la nouvelle position. En outre, pour prévenir les accidents pouvant provenir d'un emballement, on a adjoint au système un robinet limiteur de vitesse

amenant la fermeture automatique du distributeur, quand la vitesse atteint le double de sa valeur normale. Cet ingé-

Fig. 6.

ROBINET DE MISE EN TRAIN PLACÉ PRÈS DU TABLEAU

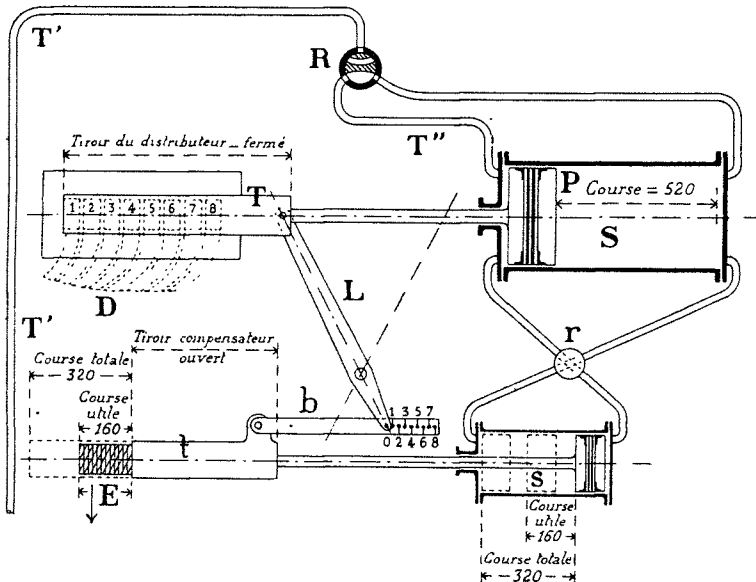


LÉGENDE

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| A — Arrivée de l'eau. | E — Echappement. |
| F — Filtre. | T — Tuyau d'échappement. |
| C — Tuyaux allant au cylindre. | |

nieux servo-moteur et tous ses accessoires, ont été étudiés et réalisés spécialement pour cette station par la maison Bouvier frères, de Grenoble.

Fig. 7. — SCHEMA DU MECANISME DE MISE EN TRAIN ET DE REGLAGE AVEC TIROIR COMPENSATEUR MUNI D'UN DISPOSITIF D'ACCOUPEMENT A REGLAGE VARIABLE SELON LE DEBIT MAXIMUM DONT ON DISPOSE.



LÉGENDE

- R — Robinet de mise en train placé près du tableau.
- T' — Tuyau d'échappement du robinet de mise en train.
- D — Distributeur de la turbine.
- E — Orifice (échappement du compensateur allant dans le canal de fuite).
- L — Levier d'accouplement.

NOTA. — Le robinet du limiteur de vitesse est intercalé sur le tuyau T''. Il est muni d'un échappement indépendant.

Dynamos. — 1° *Excitatrice.* — C'est une dynamo shunt tétrapolaire de la maison de Grammont de Pont-de-Chéruy (Isère). Ses données maxima sont :

75 volts. 120 ampères. 950 tours.

Elle sera suffisante pour l'excitation des deux alternateurs quand on aura ajouté un second groupe dans l'usine.

2° *L'Alternateur* est également comme tout le matériel électrique de cette usine, de la maison Grammont. Il fournit du courant triphasé à basse tension. Il est enroulé en étoile. Les caractéristiques sont :

250 volts. 650 ampères. 375 tours. 50 périodes.

Cet alternateur a douze pôles. Ses bobines induites sont enroulées en série.

Tableau de distribution. — Le tableau de distribution est à peu près identique à ceux de l'usine d'Engins. Bien que l'usine ne possède qu'un seul alternateur, on est obligé d'avoir les appareils de couplage ordinaire, puisque cette usine doit marcher en parallèle avec celle d'Engins. Ce couplage des deux usines ne présente, du reste, aucune difficulté.

L'usine des Côtes fonctionne à charge constante. Elle ne fait elle-même aucun réglage, l'usine régulatrice étant celle d'Engins. Et même, comme elle ne sert qu'à suppléer Engins au moment des fortes charges, elle ne marche pas la nuit. On l'arrête même de midi à 1 h. 1/2, au moment de la fermeture des ateliers. Lorsque le débit du Furon est suffisant pour permettre de faire marcher à pleine charge les trois alternateurs d'Engins, on peut même arrêter complètement cette usine qui ne devient qu'une usine de secours.

Transformateur. — Le seul transformateur de la station est du système Grammont. Ce transformateur a son noyau formé de trois colonnes en fer feuilleté, reliées, en haut et en bas, par deux culasses rectilignes. Un ventilateur, actionné par un petit moteur de 1 poncelet, empêche une élévation de température trop considérable.

RÉSEAU DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

Disposition des lignes du réseau.

Le réseau de distribution d'énergie a la forme d'un arbre à trois branches principales dont la bifurcation est à Sassenage. Deux branches se dirigent sur Grenoble, l'une par la rive gauche du Drac; l'autre, par la rive droite de l'Isère (fig. 8). La troisième, la plus importante, se dirige sur Voiron. De cette troisième branche partent des ramifications allant sur Fure, Coublevie, etc. Une dérivation peu importante part également de l'usine pour aller éclairer le petit village d'Engins.

Le tronç, long de 4,100 mètres suit la vieille route du Villard-de-Lans jusqu'à la route départementale de Sassenage. Il comprend une ligne unique en câbles de 40 millimètres carrés de section, en bronze silicieux de la maison Lazare-Weiller. Cette ligne va bientôt être doublée par une deuxième ligne identique, ce qui permettra d'isoler à volonté, la distribution de Grenoble de celle de Voiron. Cette mesure sera rendue nécessaire lorsque la Société fera la fourniture d'énergie à l'usine des tramways urbains de Grenoble. Une telle fourniture occasionne, en effet, à cause des variations brusques de charge inhérentes au service des tramways, des variations de voltage très gênantes pour l'éclairage. Ces variations n'ayant aucune importance sur la branche de Grenoble qui n'alimente que des moteurs, serait intolérable sur la branche de Voiron où l'éclairage est très développé.

La branche de la rive gauche du Drac est en câbles de 20 millimètres carrés. Elle alimente en force motrice un certain nombre d'usines, dont les principales sont l'usine à chaux de la Tréforine, les ateliers Jay et Jallifier, Bouchayer et Viallet, l'usine à ciment du canal de Fontenay. Enfin, c'est cette branche qui alimentera bientôt l'usine des tramways de Grenoble où des moteurs électriques remplaceront les machines à vapeur.

La branche de la rive droite de l'Isère alimente l'usine des ciments de la Porte de France.

La branche de Voiron a des câbles de 30 millimètres carrés de section. Elle fournit l'éclairage de Voiron, dessert les papeteries Lafuma et Berthollet, les usines de tissage Guillaume et un grand nombre de petits moteurs isolés; enfin, donne de la lumière à Fure, Coublevie, etc.

La ligne est généralement portée sur poteaux en bois et, exceptionnellement, sur consoles métalliques aux traversées de village.

Les poteaux en bois de sapin, ont 12 mètres de haut et de 13 à 15 centimètres de diamètre au sommet. Ils ont tous été plongés dans un bain de carbonyle, ou sulfatés.

En ligne droite, la distance entre poteaux est de 40 mètres ; en courbe on a diminué cette portée.

pylônes métalliques. Ce sont : la traversée de l'Isère à la Rollandière, traversée de 280 mètres, qui s'effectue en deux portées, un pylône ayant pu être placé au milieu, dans une île, et la traversée du Drac à Grenoble, qui a 160 mètres.

Les isolateurs employés sont des isolateurs Parvillée. Ils ont tous été essayés à 30.000 volts.

Parafoudres. — Une des particularités les plus remarquables de ce réseau est le soin qui a été apporté à l'installation

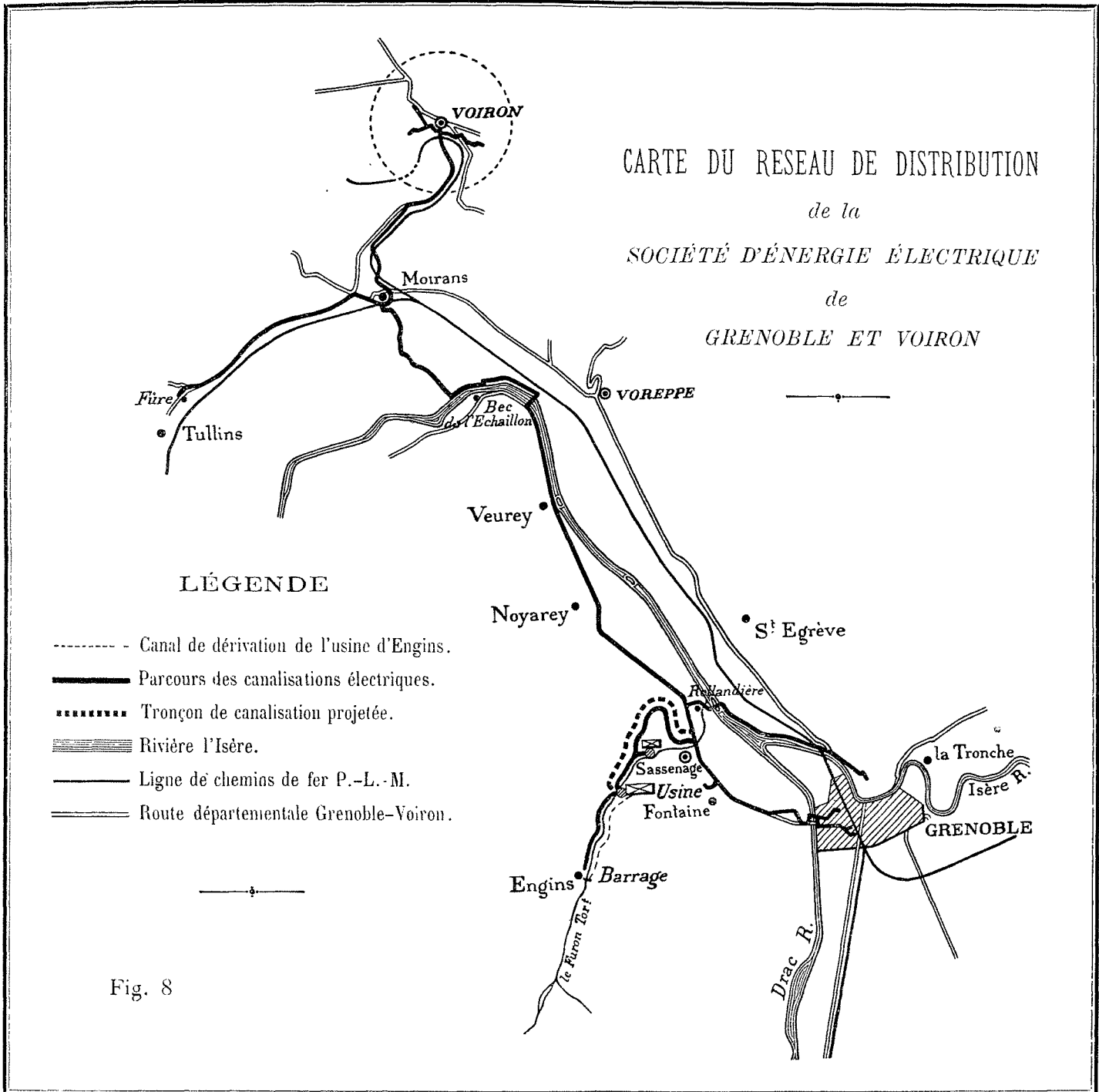


Fig. 8

La ligne a trois traversées de rivière et cinq traversées de chemin de fer, dont deux s'effectuent sur de véritables passerelles métalliques. Ces passerelles ont été établies par la maison Bouchayer et Viallet de Grenoble. Leur type, adopté par la Compagnie P.-L.-M., est reproduit, à de faibles modifications près, à toutes les traversées de chemin de fer par des lignes à haute tension.

Des trois traversées de rivière deux ont nécessité des

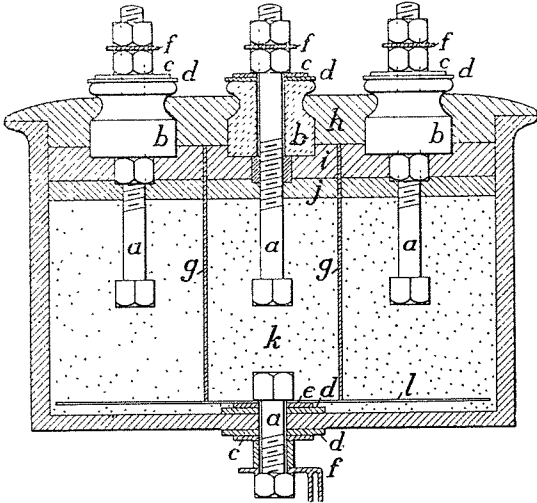
des parafoudres. Cette question a été particulièrement étudiée par M. Dusaugy, directeur de la Société. Du reste, nous ne saurions mieux faire que de renvoyer nos lecteurs à une conférence, faite à l'Institut Electrotechnique de Grenoble, par M. Dusaugy lui-même, sur cette importante question (1) et qui a été publiée dans le numéro d'août,

(1) Voir la *Houille Blanche*, n° 7, page 199.

septembre, octobre du Bulletin de la Société Internationale des Electriciens. Cette étude fait ressortir l'importance que l'on doit attacher à la réalisation d'un circuit aussi

Fig. 9. — BOITE DE RÉSISTANCES POUR PARAFODRES, SYSTÈME DUSAUGEY.

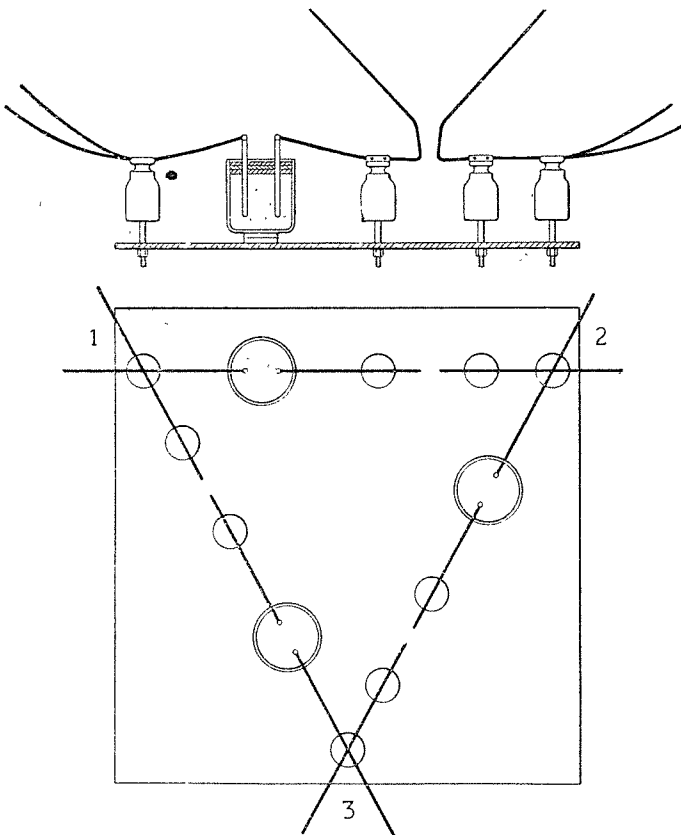
Modèle pour courants triphasés. (Echelle 1/5^e)



LÉGENDE

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| a — Boulons en fer étamés. | g — Plaques de micanite. |
| b — Poulies de porcelaine. | h — Mortier de ciment lent. |
| c — Rondelles de fer étamées. | i — Paraffine. |
| d — Rondelles de caoutchouc. | j — Cire à cacheter. |
| e — Rondelle de plomb. | k — Sable fin humide. |
| f — Brides de cuivre. | l — Plaque de tôle de fer étamée. |

Fig. 10. — POSTE DE PARAFODRES ENTRE CONDUCTEURS POUR COURANTS TRIPHASÉS.



peu inductif que possible, sur la ligne de terre, tout en étant aussi résistant que possible. L'auteur a, du reste, établi, pour répondre à ce desideratum, des résistances très ingé-

nieuses. Celles-ci sont formées de sable humide, dans des récipients en grès, complètement clos. Ci-joint le plan à l'échelle (coupe verticale) (fig. n° 9), d'une de ces boîtes pour un poste triphasé. Ces résistances, d'environ 20.000 ohms, ont donné, sur le réseau de Grenoble-Voirion, les meilleurs résultats.

Nous donnons encore le schéma d'un système de *parafoudres entre conducteurs* (fig. n° 10), permettant aux conducteurs de se décharger les uns sur les autres, lorsque, par suite d'une cause accidentelle quelconque, la différence de potentiel entre deux fils de ligne prend une valeur exagérée.

Nous n'avons pas eu, en décrivant ces usines, la prétention de montrer les derniers perfectionnements réalisés dans l'établissement du transport de force. Mais, si l'on veut bien remarquer que la plus grande partie de cette installation, l'usine d'Engins notamment, date de plus de cinq ans, ce qui est beaucoup, eu égard aux progrès accomplis depuis, on nous accordera que, pour l'époque où elle fut établie, car ce fut une des premières de la région, elle est remarquablement bien conçue. Elle fait donc grand honneur à la compagnie « l'Éclairage Électrique » qui l'a établie, en même temps qu'à la Société qui l'exploite et, en particulier, à son directeur, M. Dusaugéy.

P. DEJEAN,

Licencié ès-sciences,

Ancien élève de l'Institut Electrotechnique de Grenoble.

LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

en France et à l'Étranger

INFORMATIONS DIVERSES

Instructions pour la révision des conditions de stabilité des barrages de réservoirs.

Nous avons dit dans notre numéro 8, 1902, en commentant la récente circulaire relative aux formalités nécessaires à l'autorisation des barrages, que les circulaires qui concernent l'HYDRAULIQUE AGRICOLE sont assez difficiles à trouver.

Parmi celles que cite la circulaire du 9 septembre 1902, il en est une très importante. C'est celle du 15 juin 1897, relative à la *révision des conditions de stabilité des barrages-réservoirs*.

Bien que la Direction de l'Hydraulique Agricole ait cherché à lui donner une certaine publicité, il est possible que cette circulaire soit inconnue de plusieurs de ceux qu'elle intéresse. Nous croyons donc utile de la reproduire ici. En voici le texte :

Circulaire du 15 juin 1897.

Les maçonneries des barrages de réservoirs ne doivent être exposées à aucun travail à l'extension.

Il m'a paru nécessaire de s'assurer que les barrages actuellement en service, qui relèvent du département de l'agriculture, satisfont à cette condition essentielle et, dans le cas où il n'en serait pas ainsi, de réduire, s'il y a lieu, la hauteur de la retenue qu'ils commandent, soit à titre définitif, soit à titre provisoire, en attendant l'exécution des travaux de consolidation nécessaires pour permettre le rétablissement de cette retenue.

J'ai décidé, en conséquence, qu'il serait procédé à la révision