

ÉLECTRICITÉ

Des diverses applications du Régulateur automatique à action rapide Brown-Boveri et des Méthodes de Branchement correspondantes.

(SUITE ET FIN)

Par V. SYLVESTRE, Ingénieur A. M. et I. E. G.

9^o RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA PUISSANCE DES GROUPES TAMPONS A VOLANT.

La commande électrique d'une machine à charge, très variable, par exemple, d'un laminoir, d'une machine d'extraction, d'une génératrice pour courant de traction, etc..., présente une certaine difficulté, parce que les points de charge atteignent, pendant de courtes périodes, des valeurs

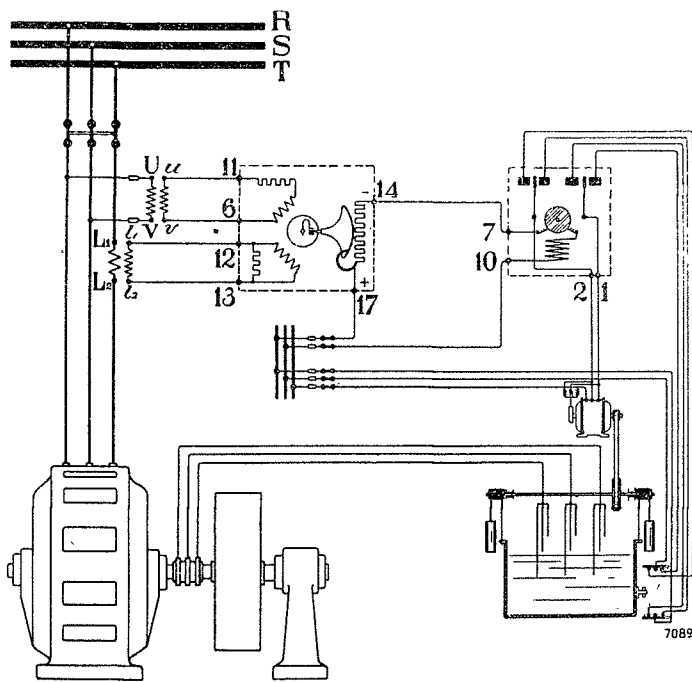


Fig. 48. — Réglage automatique de la puissance d'un moteur asynchrone muni d'un volant.

qui sont un multiple de la charge moyenne. Un moteur ordinaire ne peut suffire à ces exigences, car il risque de se détériorer en peu de temps sous l'effet des à-coups de courant. D'autre part, ces à-coups de courant auraient une répercussion fâcheuse sur la régularité du service du réseau. Comme il a déjà été exposé dans différentes revues ⁽¹⁾, on peut amortir, pour le moteur et pour le réseau, les effets de ces à-coups, en accouplant des volants au moteur même ou aux groupes convertisseurs actionnant ces moteurs (groupe Ilgner). L'effet tampon de ces volants peut être utilisé d'autant mieux que la chute de vitesse des moteurs est plus grande.

⁽¹⁾ Voir spécialement *Revue B. B. C.*, n° 7, 1917, page 143.

La figure 48 représente, schématiquement, un moteur asynchrone équipé d'un rhéostat à résistance liquide insérée dans le circuit du rotor. Au point de vue de sa construction, ce rhéostat ressemble en tous points aux démarreurs à résistance liquide bien connus, mais la commande de la cuve mobile par moteur triphasé se fait par l'intermédiaire d'un électro-aimant à torsion et d'un régulateur à action rapide, semblable à celui utilisé pour la commande des régulateurs d'induction (voir figure 31). Le système actif du régulateur alimenté par les transformateurs de tension et de courant est couplé en wattmètre.

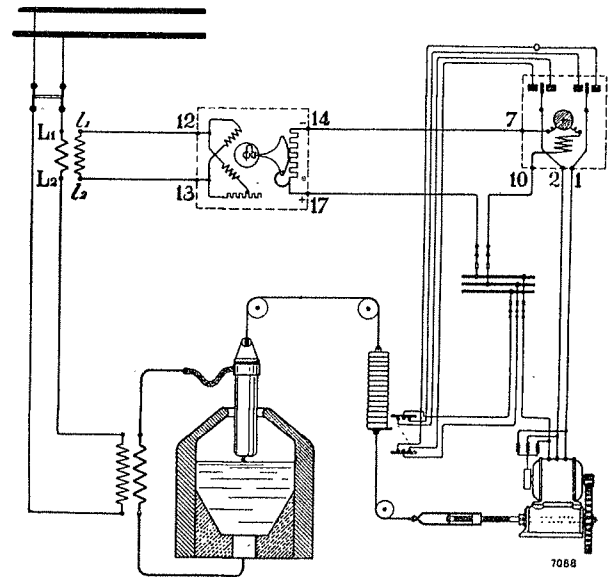


Fig. 49. — Réglage automatique de la puissance d'un four électrique.

Dès que la puissance dépasse la valeur admissible, la déviation du tambour mobile a pour effet de diminuer le courant d'excitation de l'électro-aimant, dont le rotor se déplace et transmet son mouvement à l'interrupteur inverseur. Celui-ci met en circuit le moteur triphasé qui fait descendre la cuve du démarreur, ce qui augmente la résistance dans le circuit du rotor. La vitesse du moteur diminue et les masses en mouvement cèdent une partie de leur énergie cinétique, de sorte que le courant emprunté au réseau conserve une valeur constante. Si le couple résistant diminue en dessous de la valeur normale, le réglage fonctionne en sens inverse. Une partie de l'énergie empruntée au réseau sert alors à l'accélération des masses, jusqu'à ce que le rotor revienne à peu près à la vitesse synchrone et

que la cuve soit ramenée à la position supérieure. Ce dispositif met alors en fonction l'interrupteur fin de course, dont l'effet est d'empêcher le moteur de tourner autrement qu'en sens inverse, quand le prochain à-coup de charge se produit.

Ce réglage automatique s'applique également aux installations munies d'un dispositif de réglage sans pertes par commutatrices. Le rotor du moteur est alors connecté aux bagues d'une commutatrice, alimentant un moteur auxiliaire à courant continu, accouplé lui-même directement au moteur principal.

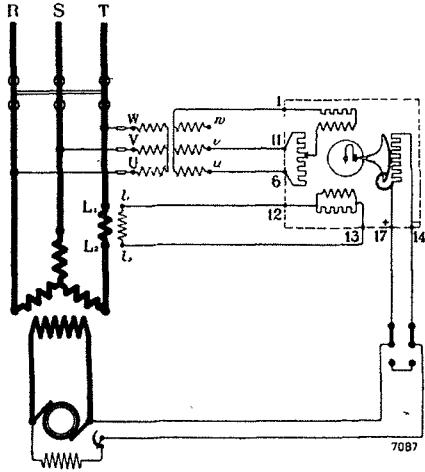


Fig. 50. — Réglage automatique du facteur de puissance d'un moteur synchrone.

S'il s'agit d'un moteur principal, à courant continu, on n'a plus besoin, pour obtenir un réglage équivalent, de se servir d'un régulateur automatique de glissement, car le rhéostat du régulateur agit directement sur le circuit d'excitation du moteur principal. Le système actif du régulateur est alors construit suivant le schéma de la figure 36.

Remarque. — Une disposition semblable du régulateur à action rapide s'emploie pour maintenir la vitesse d'un moteur asynchrone (sans volant) à une valeur constante, sous un régime de charge très variable. On emploie également le dispositif de réglage automatique de glissement, mais le système actif du régulateur, au lieu d'être accouplé au wattmètre, est construit en voltmètre, pour courant continu et connecté aux bornes d'une petite dynamo-tachymètre, accouplée à l'arbre du moteur principal, dans le genre de celle représentée par le schéma de la figure 32.

RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA PUISSANCE DES FOURS ÉLECTRIQUES

Le remarquable développement pris au cours de ces dernières années par l'électro-metallurgie a donné une extension considérable à l'emploi des fours électriques de tous systèmes. Or, il est surprenant de constater que dans nombre de ces installations, le réglage de la puissance se fait encore à la main, malgré le haut degré de perfection auquel est arrivé aujourd'hui le réglage automatique. Il faut donc croire que, jusqu'ici, on a méconnu la supériorité du réglage automatique, tant au point de vue d'économie que sous le rapport de la qualité des produits obtenus. Il est, en effet, de toute évidence, qu'un régime de charge stable doit amener des températures plus régulières et une production

supérieure. D'autre part, les réactions si préjudiciables que les fours exercent sur les transformateurs, les réseaux et les génératrices d'alimentation peuvent être atténués considérablement.

Le schéma de la figure 49 se rapporte à l'installation d'un four, système Girød. L'électrode est contrebalancée en partie par un contre-poids qui est toujours plus léger qu'elle, même quand le carbone de l'électrode est usé. Si la puissance s'écarte de la valeur désirée, un mouvement est imprimé à l'électrode par l'effet du régulateur à action rapide,

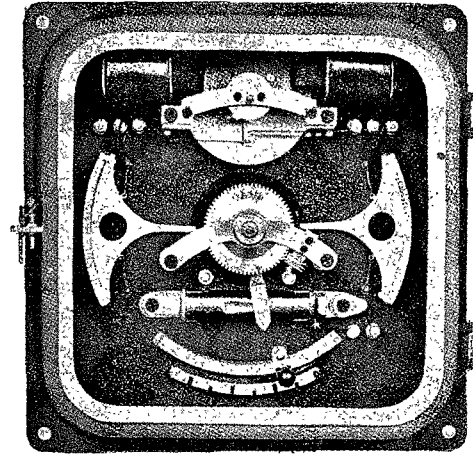


Fig. 51. — Appareil Brown de mise en parallèle automatique (En haut le relais pour la mise en parallèle, en bas la lampe signal et l'index mobile).

de l'électro-aimant à torsion, de l'interrupteur-inverseur et du moteur de commande; ce mouvement ne cessera qu'au moment où la longueur de l'arc correspondra à la puissance de régime.

Le schéma ci-dessus représente un régulateur à système actif couplé en ampèremètre. Si la tension du four est soumise à des variations considérables, il est avantageux d'ajouter un transformateur de tension et de coupler le régulateur en wattmètre.

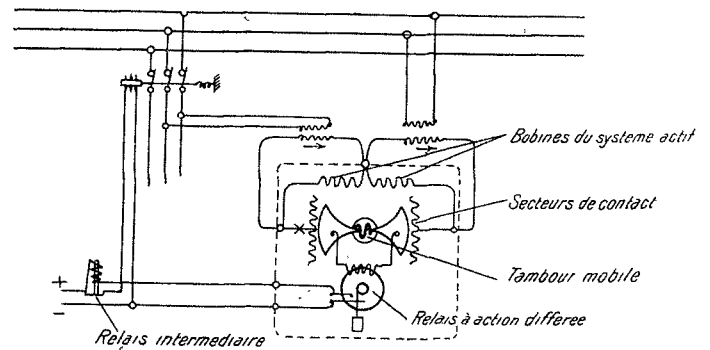


Fig. 52. — Schéma sommaire de montage d'un régulateur de mise en parallèle automatique.

LE RÉGLAGE AUTOMATIQUE DU FACTEUR DE PUISSANCE DES MOTEURS SYNCHRONES

On sait que le courant d'alimentation d'un moteur synchrone peut facilement être avancé ou retardé en phase, suivant l'intensité de l'excitation; en Amérique, ce principe est largement mis en pratique pour améliorer le facteur de puissance des réseaux.

C'est surtout lorsque la tension d'alimentation d'un mo-

teur synchrone est soumise à des variations considérables qu'il est avantageux de posséder un réglage automatique de l'excitation.

Le régulateur représenté schématiquement dans la figure 50 possède un système actif construit en phasemètre ; il est caractérisé par le fait que le tambour mobile n'exerce aucun couple si le courant de l'enroulement de tension A est en phase avec celui de l'enroulement B, provenant du transformateur de courant. Si le curseur de la résistance

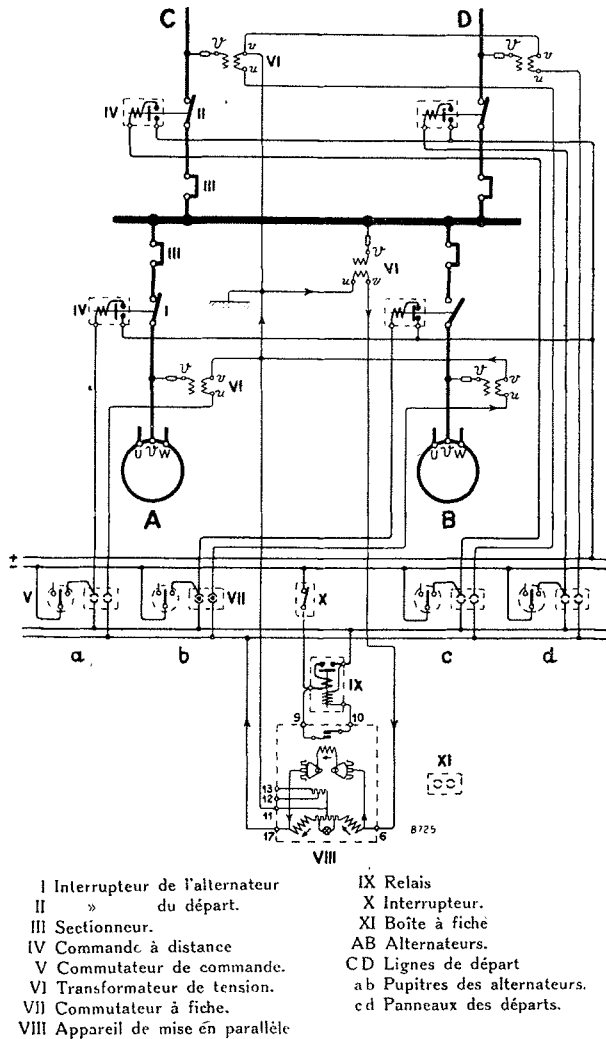


Fig. 53. — Schéma complet de synchronisation automatique de 2 génératrices et de 2 feeders les reliant à deux stations centrales.

d'ajustage se trouve dans la position médiane, le couple sera nul quand le facteur de puissance du moteur sera égal à l'unité. Par contre, si le curseur est déplacé vers la droite, par exemple, la coïncidence de phase des courants circulant dans les deux enroulements, aura lieu seulement au cas où le courant du moteur avancerait en phase par rapport à la tension. Par là mise au point du curseur, on a donc toute liberté de choisir la valeur du décalage pour lequel le régulateur doit se trouver en équilibre.

Si, à un moment donné, le facteur de puissance s'écarte de cette valeur, le tambour mobile n'étant pas retenu par le ressort antagoniste, il sera déplacé et entraînera les secteurs de contact ; le courant d'excitation du moteur sera alors modifié de façon à rétablir le décalage de phase voulu.

Si le moteur synchrone avait été installé dans l'unique but de servir à la compensation de phase d'une installation entière, il faudrait insérer le transformateur de courant dans la conduite d'amenée commune.

LA MISE EN PARALLÈLE AUTOMATIQUE DE MACHINES SYNCHRONES ET DE CENTRALES ÉLECTRIQUES

Ce n'est pas sans raison qu'un grand nombre d'ingénieurs chefs de services attachent une importance primordiale à la façon dont l'électricien en charge de la centrale opère les « mises en parallèle ».

En effet, une mise en parallèle, sans à-coup sensible, demande de la part de l'électricien autant de présence d'esprit et d'exactitude de manœuvre que n'importe quelle autre fonction de son service quotidien. Surtout lorsqu'il s'agit de deux stations centrales à réseaux différents, présentant chacun des à-coups de charge fréquents et d'une certaine importance, une mise en parallèle satisfaisante ne peut être réalisée que par un électricien habile et sûr.

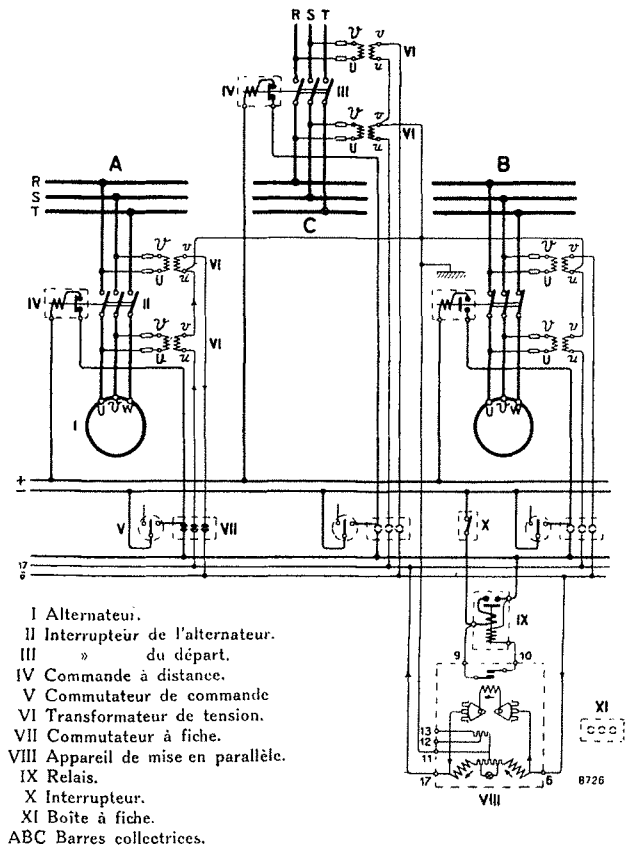


Fig. 54. — Schéma complet de synchronisation automatique pour une centrale comportant 3 jeux de barres omnibus.

D'autre part, les inconvénients et les dangers résultant d'un couplage inexact sont souvent tels, qu'on ne s'étonnera pas si le chef de service n'épargne aucun effort pour s'assurer un personnel capable de les éviter.

Par contre, l'évolution continue de l'industrie tend vers une simplification progressive du service, et vers une réduction aussi complète que possible des devoirs et des responsabilités incombant au personnel de surveillance. En effet, plus l'on augmente le nombre et l'importance des centrales travaillant en parallèle, plus l'on tient à rendre indépendante du personnel la sécurité du service et la protection du matériel contre les effets nuisibles d'un travail exagéré et inutile. Ceci a d'autant plus d'importance que, très souvent, il est presque impossible d'obtenir les surveillants expérimentés et sûrs.

L'emploi de plus en plus fréquent et, aujourd'hui, presque général de régulateurs automatiques et d'appareils protecteurs perfectionnés, a déjà déchargé l'électricien de

service de la majeure partie de ses fonctions et de sa responsabilité, mais il semblait, jusqu'à présent, impossible de trouver une solution absolument satisfaisante du problème de la mise en parallèle également automatique.

La Société Brown Boveri est parvenue à construire un appareil réalisant cette mise en parallèle automatique, et à le perfectionner de telle façon que ce problème peut être considéré comme définitivement résolu.

L'appareil sert au couplage automatique des génératrices, de moeurs synchrones et de centrales électriques. Lorsqu'on agit sur la commande à distance de l'interrupteur à huile, il ferme cet interrupteur et forme ainsi la mise en parallèle dès que les groupes à réunir ont atteint la marche synchrone.

L'appareil ressemble, en tant qu'aspect général et construction, au modèle bien connu de régulateur Brown (Figure 51). On a également conservé tous les organes principaux de ce régulateur, et comme ceux-ci ont fait leurs preuves aux cours de ces quinze dernières années, c'est sans exagération que l'on peut prétendre que le nouvel appareil assure également un fonctionnement parfait et libre de toute usure.

Les bobines du système actif (analogue à celui du régulateur automatique) sont reliées par un contact à fiche d'un côté à la tension des barres omnibus et de l'autre à celle de la génératrice à coupler. Tant qu'il y a une différence de fréquence, le tambour mobile du régulateur oscille entre deux positions extrêmes ; une petite lampe combinée avec un index mobile permet de reconnaître si la vitesse doit être diminuée ou augmentée.

Le mouvement oscillant se ralentit au fur et à mesure que les deux fréquences se rapprochent l'une de l'autre, et tend à disparaître lorsqu'il y a identité de fréquence. Tant qu'il y a une différence de phase, le système actif produit une déviation des secteurs de contact de leur position médiane. Ce déplacement du point de contact cause une augmentation de résistance insérée et par conséquent une diminution de l'intensité de courant passant par le relais à action différée. En cas de coïncidence de phase, le système actif ne produit aucun couple, et le ressort antagoniste ramène les contacts dans leur position médiane en permettant un passage direct de courant à travers l'enroulement du relais à action différée. Si les fréquences sont à peu près égales, cette position médiane persistera assez longtemps pour permettre au relais la fermeture de son contact, et de cette façon, l'enclenchement de l'interrupteur à l'aide d'un relais intermédiaire. Afin de compenser le retard provenant de ce dernier relais et de la commande à distance, le dispositif est construit de telle façon que les secteurs de contact sont toujours en avance du système actif, de sorte que l'écart de phase, au moment de la mise en parallèle, est réduit à un minimum négligeable.

L'appareil de mise en parallèle rend superflu les dispositifs employés jusqu'à ce jour, tels que synchronoscope, lampes et voltmètres de synchronisation, etc... Il existe un certain nombre d'appareils servant également à la mise en parallèle automatique de groupes ou de stations centrales. Ces appareils n'indiquent cependant pas l'avance ou le retard respectif des alternateurs à mettre en parallèle, et rendent par conséquent nécessaire l'emploi du synchronoscope auxiliaire. Ils ont en outre le désavantage de n'être guère sensibles, car le relais à action différée est simplement branché sur la tension totale des deux groupes, et n'est pas influencé par un système modérateur à résistance variable. L'appareil que nous décrivons s'en distingue

tout particulièrement par ses contacts de réglage qui, au moment de la marche synchrone donne une influence très marquée au courant passant par le relais à action différée, et augmente, par conséquent, considérablement la sensibilité et la rapidité d'action de l'appareil.

Un appareil de ce système, installé depuis 1918⁽¹⁾ dans la station centrale d'Aarau, opère journallement la mise en parallèle de cette station avec celle d'Oltén-Aarbourg, et n'a jamais donné lieu à quelque réclamation que ce soit. La pratique montre incontestablement que la mise en parallèle automatique réalise une précision et une rapidité impossibles à atteindre par une manœuvre à la main. Il va sans dire que par suite de la réduction à un minimum de l'écart de phase subsistant au moment du couplage, on obtient une protection très importante des alternateurs contre les effets nuisibles d'ordre mécanique et électrique pouvant résulter d'un écart de phase exagéré, qu'il n'est pas toujours possible d'éviter avec la synchronisation à la main.

L'emploi de l'appareil de mise en parallèle est de toute importance dans les sous-stations qui servent au couplage de plusieurs réseaux différents et, depuis lesquelles on ne peut pas influencer directement la fréquence des deux stations centrales. Tandis que l'électricien, quelquefois fatigué par une longue attente, peut manquer le moment propice, l'appareil profite de la première occasion qui se présente et empêche ainsi une perte de temps quelquefois très inopportune.

La figure 53 représente un dispositif complet de synchronisation automatique pour une station centrale à jeux uniques de barres et comportant deux génératrices et deux feeders la reliant à deux autres stations centrales. Lorsqu'il s'agit de centrales comportant plusieurs jeux de barres ou présentant des conditions de service spéciales, on se sert de dispositifs analogues qui ne se distinguent de celui-ci que par un nombre différent d'appareils accessoires.

Le dispositif représenté par la figure 54 en est un des plus simples. Il rend inutile l'emploi du transformateur de barres et permet d'utiliser généralement les transformateurs destinés à l'alimentation des wattmètres et du régulateur automatique de tension.

Il a en outre le grand avantage d'empêcher toute fausse manœuvre par le fait que la mise en parallèle se fait toujours au moyen de deux transformateurs réservés à l'alternateur en question, et non pas au moyen d'un transformateur de barres qui pourrait être mal choisi. La mise en parallèle n'a donc lieu que lorsque les deux tensions des deux côtés de l'interrupteur sont synchrones.

Il peut arriver que l'appareil de mise en parallèle doive être placé dans une station centrale qui comprend déjà une installation de lampes ou de voltmètres de phase. On pourra alors brancher l'appareil sur les transformateurs existants. Si toutefois ces transformateurs étaient connectés à opposition de phases, c'est-à-dire de façon à provoquer l'extinction et non l'allumage des lampes au moment où les deux phases sont identiques, il faudrait se servir d'un transformateur redresseur.

Ce transformateur, inséré entre l'appareil de mise en parallèle et l'un des transformateurs de tension, renverse l'une des phases de 180° et établit ainsi le couplage à l'allumage des lampes nécessaire au bon fonctionnement de l'appareil.

(1) Un dispositif de mise en parallèle automatique vient d'être installé par la C^o Electro-Mécanique sur 4 alternateurs triphasés de 3.000 KVA, 10.000 volts, 600 tours, fournis par cette Compagnie à l'usine d'Avrieux (Modane) de la Société de Saint-Gobain.