Désignons, de plus, par α et β deux constantes et posons :

$$\left. \begin{aligned} \alpha R &= R + \rho \\ \beta \omega &= r + \frac{R\rho}{R + \rho} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

L'égalité (19) devient alors :

$$\omega f\left(\frac{I}{\alpha}\right) = \beta \omega I$$

ou si $\omega \leq 0 \quad f\left(\frac{I}{\alpha}\right) = \beta$

Le courant I est alors constant quelle que soit la vitesse ; par suite, le courant d'excitation $i = \frac{I}{\alpha}$ est constant également, ainsi que le couple résistant du moteur qui n'est fonction que de I et i . On réalise donc un freinage à effort constant avec les moteurs en dérivation, si l'on fait varier les résistances R et ρ d'après les lois linéaires suivantes, tirées des équations (20) :

$$\rho = \alpha (\beta \omega - r)$$

$$R = \frac{\alpha}{\alpha - 1} (\beta \omega - r)$$

D'ailleurs, l'effort de freinage étant constant, la vitesse ω décroît avec le temps suivant une loi linéaire et, par conséquent, ρ et R sont également des fonctions décroissantes linéaires du temps.

Enfin, les expressions de R et ρ montrent qu'il existe, comme pour le moteur-série, une vitesse limite au-dessous de laquelle le freinage à effort constant n'est plus possible ; ρ ne peut, en effet, descendre au-dessous de la valeur $\rho = 0$ de la résistance propre de l'inducteur et, par suite, l'on doit avoir :

$$\rho_0 \leq \alpha (\beta \omega - r)$$

d'où :

$$\omega \geq \frac{\rho_0 + \alpha r}{\alpha \beta}$$

Cette restriction faite, on opérera, pour les calculs pratiques, de la même façon que précédemment ; ceci nous dispensera de revenir sur ce sujet, le freinage électrique des moteurs en dérivation étant d'ailleurs peu employé, à cause de la facilité avec laquelle ils se désamorcent.

(A suivre).

J. BÉTHENOD,
Ingénieur E. C. L.

LE MAL DES MONTAGNES (1)

Le Conseil Fédéral Suisse, avant d'accorder la concession concernant le chemin de fer de la Jungfrau, chargea M. Kronecker, en 1899, d'une expertise physiologique ayant pour but de déterminer si les circonstances spéciales d'un chemin de fer établi dans ces conditions ne sauraient être préjudiciables, tant aux employés et ouvriers, qu'aux voyageurs. C'était demander une étude approfondie de la maladie connue sous le nom de *mal des montagnes*, afin de déterminer les conditions qui en font naître ou en atténuent les symptômes.

(1) Extrait d'une note de M. KRONECKER, présentée par M. MAREY à l'Académie des Sciences, dans sa séance du 28 décembre 1903.

En fait de documents précis sur cette question, on ne possédait guère que les beaux travaux de Paul Bert sur les effets de la pression barométrique, et les observations faites par M. Chauveau sur les changements de la circulation du sang, étudiés au moyen du sphygmographe, dans une ascension au sommet du Mont Blanc. M. Kronecker, en instituant de nouvelles expériences, s'adjoignit plusieurs de ses élèves et divers physiologistes à titre de collaborateurs. Nous allons énumérer les principaux résultats obtenus dans une série d'expériences faites à diverses altitudes.

Pour étudier l'influence de l'altitude seule, on prit six personnes d'âges et de sexes différents, auxquelles on épargna tout effort musculaire, en les faisant porter de Zermatt (1600^m) jusqu'au plateau de Breithorn (3750^m). A cette altitude, elles avaient les lèvres nettement cyanosées, un peu de diminution d'appétit et de la répulsion pour le vin ; mais tout effort musculaire leur était pénible : 20 pas de marche les essouffaient ; les moindres efforts, comme le maniement de quelques instruments, ne pouvaient se faire qu'avec des intervalles de repos.

Au point de vue de l'exhalation de CO² pendant le repos, elle fut la même à la faible altitude de Brienz que sur le Gornergrat (3300^m) ; mais dans les ascensions de montagnes, cette exhalation s'éleva beaucoup au dessus de la proportion normale : elle dépassait 9, 11 et même 12 pour 100. M. Jackson note dans un passage pénible sur le Scheideck une élimination particulière de l'Azote par les urines. On vit, sur des sujets placés dans des chambres pneumatiques, se reproduire un certain nombre de phénomènes énumérés ci-dessus et toujours on observa que les accidents étaient au minimum sur les sujets entraînés aux courses de montagnes.

Des lapins qu'on fit respirer par un tube trachéal communiquant avec l'intérieur d'un gazomètre plein d'air furent rapidement asphyxiés lorsque l'air qu'ils respiraient avait une pression de 20 à 30 millimètres au dessous de l'air ambiant.

Pour M. Kronecker, les effets du mal des montagnes tiennent à l'action mécanique de la moindre pression atmosphérique. Le mécanisme des accidents tient à la stagnation du sang dans le poumon, la pression du sang étant très faible dans les vaisseaux de cet organe, un faible changement dans la pression de l'air inspiré peut produire des perturbations considérables dans le cours du sang. Deux méthodes peuvent atténuer ces troubles : l'une purement mécanique, l'excitation forcée est analogue à l'expérience de Valsalva ; la seconde, agissant sur le système nerveux, provoque des contractions réflexes au moyen d'excitations périphériques de la peau.

Note sur la Distribution de la Lumière et de la Force électrique

A GRENOBLE

Origines de la question. — Après de longues et patientes études préliminaires le Conseil municipal de Grenoble décidait, le 30 décembre 1901, que l'entreprise de la distribution de l'énergie électrique pour l'éclairage et les besoins industriels sur le territoire de cette commune, serait exploitée directement par la ville.

Ultérieurement, M. Capitant, conseiller municipal et professeur à la Faculté de Droit de l'Université de Grenoble, dans un très remarquable rapport sur les voies et moyens à suivre pour réaliser cette décision, proposait à la Ville de traiter avec la Société électro-chimique de la Romanche et lui indiquait sur quelles bases il convenait de le faire.

En particulier, il l'engageait à payer l'énergie au compteur, suivant un tarif équitable et dégressif avec l'accroissement de la consommation, pour la revendre aux particuliers dans

des conditions semblables, mais en faisant subir aux prix une majoration représentant, outre l'amortissement du coût des travaux d'établissement du réseau urbain et des frais d'exploitation, un honnête bénéfice pour le budget municipal.

Le 16 octobre 1902, ces conclusions étaient adoptées et un contrat liait le maire de Grenoble et les administrateurs de la Société de la Romanche dans le sens des conclusions du rapport Capitant.

Bien que les barèmes de vente aux particuliers n'aient pas encore été publiés (1) il est permis de se rendre compte que, grâce au jeu du tarif dégressif, l'énergie sera payée, sous

Celui-ci nous semble donc en droit d'envisager l'avenir avec confiance. La force et la lumière lui seront fournies dans les conditions les meilleures au point de vue technique comme au point de vue pécuniaire, et il peut fonder le très légitime espoir de voir le prix de ces fournitures s'abaisser dans l'avenir par le jeu automatique de l'accroissement de la consommation et de la hausse des bénéfices du budget de la ville.

Aussitôt après ses engagements pris avec la Ville, la Société de la Romanche s'est mise à l'œuvre pour faire face à ses obligations. Aux termes de son marché, elle devait :

1° A titre de fournisseur d'énergie, livrer l'énergie aux

VUE GÉNÉRALE DE LA NOUVELLE USINE DE TRANSPORT D'ÉNERGIE, A LIVET

toutes ses formes, à des prix bien moins élevés que ceux qui ont été pratiqués jusqu'ici dans cette ville.

Incidemment, il était décidé aussi par la Municipalité, que le contrôle de l'installation serait exercé par l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble, qui a augmenté ses services en conséquence par la constitution d'un bureau municipal d'essais et de contrôle. C'est une précieuse garantie de plus offerte au public.

(1) D'après un renseignement tout récemment donné officieusement par les journaux locaux, un barème gradué serait établi dès maintenant pour la lumière et n'attendrait plus que la sanction du Conseil municipal pour être publié.

Le prix de l'hecto-watt-heure y serait fixé à 0 fr. 06 ; mais ce ne serait là qu'un maximum. Selon la quantité consommée, ce prix pourrait être progressivement abaissé jusqu'à 0 fr. 048 l'hecto-watt-heure.

bornes secondaires des transformateurs de la sous-station de transformation unique prévue par l'Ingénieur-Conseil de la Ville M. J.-L. Routin. Il lui fallait donc aménager en conséquence les moyens hydrauliques et électriques de son usine de Livet, installer entre Livet et la porte Mallifaud, percée au sud dans l'enceinte fortifiée de la ville et contre laquelle s'élèvera le bâtiment de la sous-station, une ligne de transport de 35 kilomètres de longueur, enfin, construire et installer complètement cette sous-station de la porte Mallifaud.

2° A titre d'entrepreneur général de la Ville (et ce, en vertu d'une convention spéciale), installer tout le réseau urbain jusqu'aux boîtes de jonction des canalisations des édifices particuliers avec le réseau municipal.

Objet de la présente note. — La présente note a pour objet d'édifier sommairement le lecteur sur ce qui a été fait jusqu'ici pour satisfaire à ces exigences.

Disons tout de suite que la question n'est pas absolument étrangère aux lecteurs de la *Houille Blanche*. Ceux-ci, en effet, n'ont qu'à se reporter au numéro d'avril 1903 (page 117) pour lire une note très complète au sujet de la production et du transport de l'énergie depuis Livet jusqu'à la porte Mallifaud exclusivement. Les renseignements ainsi donnés comportaient certains éclaircissements complémentaires et ceux-ci ont été insérés dans les n° de juin (page 164) et octobre (page 325), pour ce qui concerne les régulateurs hydrauliques de vitesse et de pression de la maison A. et H. Bouvier, dont il est fait usage à Livet, et dans le n° de juillet (page 207), pour ce qui a trait aux poteaux de ciment armé, du système Bourgeat, qui servent de support à la ligne de transport d'énergie.

Grâce aux régulateurs de pression Bouvier, aucun coup de bélier n'est à redouter au moment des variations brusques de charge et, par le moyen des régulateurs de vitesse du même constructeur, la fermeture automatique du vannage pouvant être effectuée en trois secondes, en cas d'emballlement la vitesse de la turbine ne pourra pas dépasser 450 tours. L'emballlement des turbines découplées, vannages complètement ouverts, se limite à 670 tours sous 60 mètres de pression.

Le régulateur central du système Bouvier permet de régler simultanément les vannages des turbines dont les alternateurs sont couplés en parallèle. Cet appareil permet, en outre, de limiter l'action du régulateur à une seule des unités en service.

Ce régulateur central fonctionne à la glycérine; il opère *sans oscillations* et la vitesse de régime est rétablie dix secondes au plus après que la perturbation s'est produite.

En cas de suppression complète et subite de la pleine charge, le vannage est fermé en deux ou trois minutes au plus.

Le Siphon de Livet. — Il n'y a plus, pour cet ensemble, que fort peu de renseignements à ajouter pour que nos lecteurs soient bien documentés sur l'ensemble de l'organisation. Le principal a trait aux aménagements motivés par la conduite forcée destinée aux turbines actionnant les alternateurs triphasés du service grenoblois.

En l'état actuel, l'usine de Livet utilise ses installations anciennes à divers services, dont les plus importants sont ceux de la Société Keller et Leleux (production électro-thermique de l'acier) et de l'International Graphit Acheson C°, de Niagara Falls. Il lui fallait donc ajouter à son ancienne conduite de 60 m. qui alimente ces deux services, une nouvelle conduite amenant aux nouvelles turbines l'eau de sa chambre d'eau.

Jusqu'ici cette eau, surabondante lors des débits élevés de la Romanche, se déversait par une gracieuse et pittoresque cascade qu'ont pu admirer tous les touristes qui ont parcouru le pays en ces dernières années. Désormais, la majeure partie de ce trop-plein sera employée à éclairer et à animer Grenoble. Il ne laissera pas toutefois d'y avoir encore souvent surabondance d'eau. La cascade résultant du déversement de ces flots superflus pouvant, par la buée et la poussière d'eau qu'elle produit, constituer un danger pour le fonctionnement de la ligne triphasée à 26 000 volts qui va sortir des nouveaux bâtiments de l'usine, il s'agissait de la supprimer, de la *boire* en quelque sorte. A cet effet, le trop-plein a été canalisé dans une conduite métallique spéciale, *en siphon*, reliant directement la chambre d'eau aval à la Romanche et pouvant débiter 10 m³ par seconde.

Ce siphon s'amorce et se désamorce automatiquement à un niveau déterminé au moyen d'un reniflard qui fixé, d'une part, sur la conduite spéciale d'évacuation, plonge de l'autre dans la chambre d'eau. L'eau de la chambre d'eau obture ou découvre l'orifice libre de ce reniflard, selon qu'elle s'élève ou s'abaisse au-dessus ou au-dessous du plan de cet orifice. Il en résulte ainsi tout naturellement l'amorçage ou le désamorçage du siphon. Le plan de l'orifice du reniflard dans la chambre d'eau est ainsi le plan-limite adopté pour le passage d'un régime à l'autre.

Un autre détail est relatif à la construction du bâtiment qui recevra les groupes électrogènes. Ce pavillon, qui s'élève au sud de l'usine, sur l'emplacement laissé libre entre l'ancienne

salle des machines et le déversement du trop-plein de la prise d'eau, est constitué par une carcasse métallique avec remplissages en maçonnerie de briques ou de mâchefer selon les convenances particulières des diverses parties de l'édifice. Sa couverture est en ciment armé de métal déployé avec terrasse en ciment lisse (Syst. Brousse et Thivel, de Lyon). Il comporte trois salles pour les machines, les tableaux et les transformateurs.

Organisation du réseau de distribution urbaine. — La partie véritablement nouvelle pour nos lecteurs est constituée par l'organisation du réseau de la distribution urbaine.

Il faut, pour se faire idée de son ensemble, imaginer que son plan représente une sorte de main ouverte posée à plat sur l'horizon et dont la sous-station de la porte Mallifaud serait le poignet.

POSE DU SIPHON DE LIVET PAR LA MAISON BOUCHAYER ET VIAILET

De cette sous-station partent les conducteurs dans cinq directions différentes, savoir : 1° ceux qui embrasseront l'agglomération urbaine dans leur intervalle ; le pouce et l'auriculaire de la main ouverte et posée à plat les simulent assez exactement. C'est sur eux que se grefferont les lignes destinées à alimenter les faubourgs.

2° Ceux qui alimenteront la ville en s'irradiant depuis la porte Mallifaud dans toutes les directions marquées par ses grandes artères de même que l'index, le médus et l'annulaire s'irradient dans l'intervalle laissé libre entre le pouce et l'auriculaire.

C'est par raison d'esthétique et de sécurité que la voie souterraine a été imposée par les édiles grenoblois à leur réseau.

L'énergie produite à Livet arrivera sous forme de courant triphasé à la tension efficace composée de 26 000 volts à la sous-station de la porte Mallifaud où sa tension sera abaissée à 5 000 volts, pour l'alimentation de la canalisation primaire du réseau grenoblois.

Celui-ci, tout en affectant dans son ensemble la forme de main ouverte que nous venons de signaler sera, en quelque sorte, double, comme constitué par deux mains ouvertes super-

posées l'une à l'autre exactement. Chaque partie comporte, en effet, deux catégories de conducteurs.

La première catégorie, le *réseau primaire de la canalisation urbaine*, est formée par les conducteurs émanés des *bornes secondaires* de la sous-station. Ce réseau primaire conduit l'énergie à des postes spéciaux de transformateurs urbains au nombre de 53.

La seconde catégorie des conducteurs urbains part des bornes secondaires de ces postes de transformateurs, elle constitue le *réseau secondaire de la canalisation urbaine*.

Cette partie du réseau doit alimenter deux catégories de consommateurs : ceux dont l'éclairage doit durer toute la nuit, comme les rues et les cages des escaliers des maisons particulières et publiques, et ceux dont l'éclairage doit pouvoir s'allumer et s'éteindre à volonté, à toute heure, ainsi aussi que les consommations d'énergie pour force motrice familiale. De cette distinction est née la nécessité de constituer le réseau secondaire par deux systèmes parallèles de conducteurs.

En dehors de ces systèmes, il est prévu un réseau spécial branché sur la canalisation primaire urbaine, destiné à alimenter des transformateurs spéciaux qui devront fournir l'énergie aux moteurs dont la puissance excédera deux à trois chevaux. Les conducteurs spéciaux formant ce réseau, forcément partiel puisque les établissements industriels ne sont pas également répartis sur toute la superficie de la ville, se trouvent en surnombre de ceux que nous venons d'énumérer, mais suivent des voies parallèles aux leurs. La raison d'être de ce réseau est évidente. S'il est en effet admissible de prendre, sur des dérivations tendues entre les trois fils de phase (sur une phase, selon la locution abrégative usuelle) de la canalisation secondaire, l'énergie nécessaire à de petits moteurs familiaux parce que, en observant certaines précautions, ils ne peuvent pas augmenter notablement le décalage propre du réseau, il n'en va plus de même évidemment pour des moteurs plus puissants, et il est tout naturel de les faire alimenter par des artères spéciales. D'autre part, ce sera tout au bénéfice de ceux qui se brancheront sur cette nouvelle canalisation, le fonctionnement des moteurs triphasés étant plus satisfaisant, à tous égards, que celui des moteurs monophasés.

A quelque usage que soit destinée l'énergie, force ou lumière, les transformateurs urbains abaisseront le voltage de 5 000 à 125 volts.

Tel sera l'ensemble de la distribution; voyons-en maintenant les principaux détails.

Sous-station de la porte Mallifaud. — Ainsi qu'il est expliqué dans la notice d'avril 1903, la ligne de transport de Livet à la porte Mallifaud est composée d'un double faisceau de trois fils chacun; six fils, à la tension de 26 000 volts, pénètrent donc dans le bâtiment de la sous-station à destination de son tableau primaire.

En plus, et pour parer à un besoin fortuit, à un accident, à une réparation, une troisième ligne, triphasée également à 26 000 volts, permettra de raccorder ce tableau primaire avec la ligne de haute tension de la Société Grenobloise de Force et Lumière qui, en pareille occurrence, pourrait fournir de l'énergie jusqu'à concurrence de 2 000 chevaux.

Le tableau primaire comporte ainsi trois parties correspondant aux trois groupes de conducteurs dont nous venons de parler. Chacun de ces groupes est muni d'un parafoudre et d'un disjoncteur à effet différé.

La tension est abaissée de 26 000 à 5 000 volts par trois transformateurs triphasés Labour de 2 500 kilowatts, à bain d'huile, refroidis par un courant d'eau circulant dans un serpentín logé à la partie supérieure du bain d'huile (poids de chacun de ces appareils, 17 000 k.).

On a réservé l'emplacement d'un quatrième transformateur qui sera installé comme réserve dès que les besoins du service l'exigeront.

Le tableau secondaire ou à basse tension, 5 000 volts, comprend deux parties correspondant : l'une, à la ville et l'autre,

aux faubourgs. Chacun des transformateurs peut, du reste, être, à volonté, branché sur l'une ou sur l'autre de ces parties.

Chacun de ces deux tableaux comporte un compteur d'énergie spécial (dont le type ne nous est pas encore connu), formé, en réalité, par trois compteurs monophasés; il y aura ainsi un compteur par phase. C'est l'énergie totalisée par ces instruments que devra payer la ville à la Société de la Romanche. Ces appareils ont donc dans cette organisation, une importance majeure. Les précautions les plus minutieuses seront prises pour les mettre à l'abri de l'influence des courants intenses qui circuleront dans la sous-station et la protection de celle-ci contre la foudre, sera l'objet d'un soin tout particulier; tous les appareils : bâtis de machines, ferrures des tableaux, cuves des transformateurs, etc., seront mis à la terre; la couche d'eau sous-jacente au sol de Grenoble donne toutes facilités à cet égard.

POSE DES CABLES DU RÉSEAU BASSE TENSION
PAR LA MAISON GRAMMONT

Dispositions de détails observées dans l'organisation des canalisations. — La partie centrale du réseau comprenant trois feeders numérotés 1, 2 et 3 (index, médium et annulaire), il y a, au tableau secondaire de la sous-station, trois départs à 5 000 volts. La partie périphérique, comportant deux feeders, n'a besoin que de deux départs à 5 000 volts.

Ces feeders étant souterrains sont constitués par des câbles armés à trois conducteurs, chacun de 60 mm. de section. Tous les câbles du réseau sont, en général, enfouis à 0^m70 sous les trottoirs et à 1^m70 sous les chaussées, tous sont guipés au jute, isolés au plomb et protégés par une double armature en feuilard d'acier qu'habille une chemise goudronnée. Suivant les quartiers de la ville, les tranchées peuvent recevoir plusieurs câbles, ceux-ci sont enfouis dans une couche de sable surmontée de tuiles spéciales. La longueur totale des câbles enfouis dans les 35 kil. de tranchées, est d'environ 70 kilomètres.

Comme il a été reconnu depuis longtemps que dans les canalisations souterraines les boîtes accessibles servant de coupure, avec ou sans coupe-circuit, constituent des points faiblement isolés du réseau, parce qu'elles jouent comme des soupapes lors des élévations anormales de la tension, le directeur des services électriques de la Romanche et l'ingénieur-conseil de la Ville, ont apporté tous leurs soins à ce que le nombre de ces boîtes soit aussi réduit que possible. En particulier, le réseau souterrain à haute tension n'en comporte aucune.

Quant aux boîtes de jonction inévitables, il n'en avait été prévu que 6 au kilomètre, ce qui les eût espacées en moyenne d'un peu plus de 160 m. tant sur le réseau à haute tension que sur l'autre. Le travail de pose a été mené avec tant de soin et d'intelligence, que des tirages de 250 m. et plus ont pu être réalisés pour les câbles de haute tension, ce qui, sur bien des points, a supprimé les boîtes de jonction dans les travées sépa-

rant deux postes de transformateurs, ceux-ci étant écartés de 250 à 300 m. environ entre eux.

Il fallait prévoir, en outre, les précautions nécessaires pour qu'un accident possible en quelque point d'un feeder, ne vînt pas priver une partie de la ville de sa lumière ou de sa force. Satisfaction a été donnée à cette nécessité par deux installations simples. D'abord, un câble permet de réunir, en cas de besoin, l'extrémité du feeder 1 à celle du feeder 2; l'alimentation peut donc se faire pour l'un et l'autre de ces feeders par un bout ou par l'autre selon qu'il est opportun. Ensuite, un commutateur spécial permet, en les réunissant en un point défini de leur parcours, de substituer le feeder 3 au feeder 2 et inversement.

Sur le réseau secondaire, on a pu, grâce à des précautions spéciales, et malgré la rigueur de la température, réaliser des tirages d'un seul tenant de 450 mètres.

Comme pour le réseau à haute tension, on a réduit sur celui-ci le nombre des boîtes de coupure à la quantité strictement indispensable.

Ces résultats donnent à penser que les fuites seront réduites au strict minimum inévitable sans faire tort à la sécurité de l'exploitation.

Postes de transformateurs. — Les postes de transformateurs sont placés en dérivation sur la canalisation primaire à 5 000 volts. Les câbles de cette canalisation n'admettent pas de boîtes accessibles de coupure et de coupe-circuits entre les postes, c'est dans l'intérieur de ceux-ci que se trouvent placés ces organes de division du réseau, sur le tableau à haute tension du poste.

Chaque poste de transformateur est formé d'un tableau à haute tension, d'un transformateur abaissant celle-ci de 5 000 volts à 125 et d'un tableau à basse tension.

Tout cet appareillage est contenu dans un kiosque cylindrique en tôle, de 1^m40 de diamètre et de 4^m50 de haut surmonté d'une toiture en zinc. Cet édifice, solidement fixé sur des fondations en béton de ciment coulé où sont ménagées deux ouvertures pour l'entrée et la sortie des câbles, est muni de deux portes, l'une du côté du tableau de haute tension, l'autre de celui de la basse tension.

SÉRIE DES TRANSFORMATEURS FOURNIS PAR LA SOCIÉTÉ
« L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE »

Le tableau de haute tension contient les interrupteurs nécessaires en plus des coupures et coupe-circuits dont nous avons déjà parlé; celui de la basse tension est commandé par un interrupteur général aux bornes duquel sont branchés plusieurs départs. Si l'on veut sortir le transformateur du circuit, on coupe la communication générale de la basse tension, le transformateur travaillant alors à vide, on peut plus aisément couper ses liaisons avec le câble à haute tension. Il est remis en circuit par la manœuvre inverse.

Parmi les départs commandés par l'interrupteur général à basse tension, l'un, destiné au réseau d'éclairage public passe,

en outre, par un interrupteur spécial manœuvrable de l'extérieur au moyen d'une clef. Ce départ alimente trois barres collectrices d'où partent, avec interposition de coupe-circuits, les trois câbles nécessaires pour l'éclairage de chaque rue et des cages d'escaliers de ses immeubles de droite et de gauche. Des colonnes montantes spéciales branchées en bas sur les câbles

INSTALLATION DES KIOSQUES DE TRANSFORMATEURS
PAR LA SOCIÉTÉ DES CÂBLES BERTHOUD, BOREL ET C^o

de la rue dériveront, à cet effet, une phase dans chaque maison.

Quant aux autres départs, au nombre de 1, 2 ou 3, ils vont desservir le réseau d'éclairage des particuliers et, à cet effet, ils se rendent à des boîtes accessibles, à coupe-circuit, placées dans le voisinage immédiat du kiosque, disposition motivée par la nécessité de ne pas encombrer celui-ci. L'entrée dans les maisons se fera aussi par des colonnes montantes, parallèles à celles de l'éclairage des escaliers.

Tous les postes de transformateurs sont mis à la terre par le moyen de plaques de tôle de 1 m² de superficie noyées dans la nappe d'eau souterraine qu'on est allé chercher à 5 et 6 mètres de profondeur.

En outre, la protection de certains postes est complétée par des limiteurs de tension à rouleaux prenant terre sur la plaque du poste et séparés des barres des tableaux par des coupe-circuits permettant de les isoler pour les visiter et les réparer.

Particularités des réseaux d'éclairage public et privé.

— Le réseau d'éclairage des particuliers et celui de l'éclairage public sont organisés l'un et l'autre de la même manière à cette différence près que ce dernier ne comporte pas de boîtes accessibles à coupe-circuit dans le voisinage des kiosques. Ses câbles

sont connectés aux interrupteurs généraux à basse tension comme nous l'avons dit plus haut. A part cette légère différence chacun de ces deux réseaux se compose de câbles de section de 20 mm² à 30 mm² suivant la région de la ville, allant d'un transformateur à l'autre, et sur lesquels sont branchées les dérivations des rues. De la sorte chaque poste est relié à tous ses voisins et même parfois à quelques-uns d'entre eux par plusieurs circuits différents. Cette disposition a permis d'admettre des intervalles assez grands entre les postes et de diminuer cependant les chutes totales de tension tout en conservant des densités de courant assez élevées dans les câbles.

Tel est l'état actuel de l'avancement des travaux de cette remarquable installation. Nous suivrons attentivement les solutions qui vont être données aux nombreuses questions de détail encore pendantes et nous en ferons part à nos lecteurs en temps utile. Mais un résultat saute, dès maintenant, aux yeux : c'est qu'une fois achevé le réseau d'énergie de Grenoble sera un des plus parfaits exemples de ce que peuvent actuellement produire les forces hydro-électriques et fera le plus grand honneur à ses promoteurs, comme à ceux qui l'auront exécuté, au plus grand profit de la capitale de la houille blanche.

Commandant AUDEBRAND,
Ingénieur,
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

DE L'INTERVENTION DE L'ÉLECTROCHIMIE DANS LA MÉTALLURGIE DU PLOMB

(Ancienne méthode d'exploitation de Pontgibaud) (Suite)

Nous avons, dans les nos de septembre et octobre 1903 de cette Revue, décrit successivement, avec dessins à l'appui, les dispositions générales de l'usine de Pontgibaud, le grillage et la réduction des minerais. Dans ce qui va suivre, nous allons examiner la fabrication du plomb marchand et de l'argent raffiné. Un dernier et prochain article contiendra les bénéfices bruts de la Société de Pontgibaud.

Mais, avant de reprendre la suite de cette étude, nous tenons à nouveau à faire observer que les chiffres produits ici sont surtout destinés à servir de point de direction aux électrométallurgistes. Comme nous l'avons longuement fait remarquer au début de ce travail, rien de satisfaisant n'a encore été fait dans l'électrométallurgie du plomb qu'il est pourtant si désirable de voir entrer dans une voie pratique. Elle seule nous paraît en mesure de tirer parti de minerais trop pauvres pour être traités par les méthodes usuelles employant la voie sèche. Il y a donc un certain intérêt à présenter en détail ces méthodes aux électrométallurgistes pour les inciter à nous affranchir de leur complication et à nous donner des procédés plus rapides, moins coûteux, avec obtention de produits plus purs.

Les opérations que nous avons décrites jusqu'à présent ont pu paraître déjà longues et complexes, mais, comme on va le voir, elles ne constituent encore qu'une partie de toutes celles qui doivent nous conduire au résultat final.

Nous répèterons que les chiffres que nous donnons sont authentiques et inédits.

V. — DÉSARGENTATION PAR LA VAPEUR D'EAU

Le procédé de désargentation et de l'enrichissement du plomb d'œuvre raffiné par la vapeur d'eau ne s'emploie plus, actuellement, dans les usines métallurgiques ; il est remplacé

presque partout, et avec avantage, par la méthode du zingage. Cette circonstance nous permettra de ne pas nous étendre sur ces opérations ; mais, nous serons obligés de faire une exposition plus détaillée de la désargentation par l'emploi du zinc.

Exposition du principe. — Le *Patinssonnage* du plomb d'œuvre est basé sur une observation due à Patinson, métallurgiste anglais ; elle indiquait que lorsque l'on faisait fondre du plomb argentifère à une certaine température, donnée par l'expérience, et que l'on refroidissait plus ou moins brusquement ce plomb, la masse du métal se séparait en deux parties. La première représentait environ les deux tiers du poids de plomb mis en œuvre et qui cristallisait ; ce plomb pouvait donc être facilement enlevé avec des écumeurs ou par tout autre moyen convenable ; le tiers restant de cette masse était à l'état de fusion, et ce poids de métal contenait une partie de l'argent abandonné par les deux tiers du plomb enlevé. Donc, sur un poids déterminé de plomb, deux tiers cristallisent et leur teneur en argent diminue ; l'autre tiers reste fondu et sa teneur en argent augmente. Voilà le fait capital à retenir.

On comprend que, si l'on répète l'opération sur le plomb non cristallisé, on obtiendra chaque fois un tiers de cette masse plus riche en argent que les deux tiers qui restent. Le nombre de cristallisations à faire est assez grand. On opérait successivement sur 12 ou 15 chaudières représentant autant de teneurs élevées et basses en argent. Il y a une limite à l'enrichissement du plomb seul ; lorsqu'elle est atteinte, la séparation du plomb cristallisé et du plomb liquide ne se fait plus. En général, cette limite est plus éloignée lorsque le plomb est très pur, auquel cas elle est de 2,5 pour 100 ; lorsque le plomb contient encore de petites quantités de métaux ou de métalloïdes combinés au plomb, ladite limite est plus basse. A Pontgibaud, on ne pouvait dépasser 1,6 pour 100.

Avant le refroidissement et l'enlèvement du plomb cristallisé, toute la masse doit être énergiquement brassée.

Dans les usines dont nous nous occupons, le série des chaudières de cristallisation était remplacée, d'après une variante du procédé due à MM. Luce et Rozan, de Marseille, par deux chaudières dont une de fusion et l'autre de cristallisation ; dans cette dernière, le plomb d'œuvre était brassé avant la cristallisation par une injection de vapeur d'eau à 4 kgs. de pression par centimètre carré.

Dans l'opération de la désargentation, les teneurs en argent des plombs pauvres ou riches ne suivent pas une loi physique rigoureuse ; ce sont les essais du laboratoire, avant et après chaque cristallisation, qui indiquent ces teneurs. Si, pour une cause inconnue, une teneur constatée est jugée anormale, il faut procéder à une nouvelle cristallisation de tout ce poids de plomb, mais sans que l'on puisse savoir si l'opération donnera le résultat attendu. Autrement dit, avec un plomb d'œuvre à teneur déterminée en argent, on ne peut dire à l'avance combien il faudra de fusions et de cristallisations pour obtenir d'un côté un plomb riche à teneur donnée, et de l'autre un plomb pauvre avec une teneur également donnée. Cette opération constitue bien, comme nous l'avons entendu dire nous-même par GRÜNER, l'illustré, Inspecteur général des Mines... « la métallurgie du Tâtonnement ! »

A l'appui de ce qui vient d'être dit, nous donnons deux tableaux contenant la moyenne des teneurs prises par le laboratoire de Pontgibaud sur de nombreuses cristallisa-