appareil en bon état, a conduit la plupart des exploitants à adopter simultanément plusieurs systèmes de déchargeurs montés en parallèle, au moins dans les postes importants.

Si l'on emploie plusieurs déchargeurs à cornes, il faudra leur donner un réglage différent, de manière qu'ils ne fonctionnent que successivement.

Pour chacun des types de déchargeurs, on adoptera de préférence, pour la protection d'une ligne polyphasée, le montage dit *multiple*. Ce montage est tel qu'il existe deux déchargeurs en série entre les phases prises deux à deux, et deux déchargeurs également en série entre chaque phase et la terre. Nous avons vu notamment que ce montage avait été reconnu indispensable pour la mise du neutre à la terre.

Quelques exploitants conservent des fusibles en série sur les déchargeurs, bien que ce système ait l'inconvénient de supprimer l'appareil chaque fois qu'il a fonctionné, ce dont on peut ne pas s'apercevoir de suite.

Enfin, dans les installations au-dessus de 5000 volts, il convient de renfermer les déchargeurs entre des cloisons isolantes.

Emplacement des déchargeurs. — Ils doivent être placés en tous les points où il y a des appareils à protéger : donc, à l'usine où sera placé le poste le plus complet, et aux sous-stations ; dans les lignes mixtes, au raccordement des câbles avec les lignes aériennes.

De plus, dans les transmissions et distributions aériennes, surtout en pays de montagne, il existe des parties de ligne plus fréquemment exposées aux orages. Il est d'une pratique courante d'y placer des postes de déchargeurs, mais ceux-ci seront peu faciles à surveiller et à entretenir. Il faudra donc choisir les types les plus simples, comme le déchargeur à cornes, réglés suffisamment haut pour éviter les fonctionnements intempestifs par suite de chute de corps étrangers dans l'intervalle.

III. Protection Générale des Appareils. — Malgré toutes les précautions prises, des surtensions peuvent avoir passé devant les déchargeurs, et parvenir jusqu'aux appareils..

De plus, comme Potier l'avait fait observer, une onde de surtension, insuffisante pour rompre l'isolant des lignes, peut se propager avec un front très raide, en sorte que deux points de la ligne, bien que très rapprochés, peuvent se trouver portés à un potentiel très différent. Si ces deux points sont les fils de deux spires voisines d'un enroulement, et que l'isolant de ces fils n'ait pas été prévu assez fort, cet isolant sera percé. Il est donc nécessaire de prendre des dispositions pour allonger le front d'onde.

Les bobines de réaction servent pour ces deux cas. Elles sont constituées quelquefois par le fil de ligne lui-même, ou par une lame enroulée en spirale et très soigneusement isolée. Cette pratique est, croyons nous, universellement employée pour la protection des appareils. Elle est, en tous cas, d'une application plus facile et moins coûteuse que le renforcement de l'isolant vers l'extrémité des enroulements, préconisé par certains ingénieurs américains.

Il faudra, bien entendu, installer cette protection non seulement à l'entrée de l'usine, mais aussi à l'entrée de tous les postes de transformateurs et au raccordement avec les parties souterraines.

Contrôle du fonctionnement des déchargeurs. — Ce contrôle est le plus souvent sommaire, et pour cause, puisqu'on ne peut guetter indéfiniment le fonctionnement d'un déchargeur.

Les Américains préconisent beaucoup l'emploi de papiers témoins, placés par exemple dans l'un des intervalles d'un déchargeur à cylindre ou dans l'éclateur à cornes. Le papier, ignifugé, est troué d'une manière différente suivant l'énergie véhiculée par la décharge. Les *Transactions of The American Institute of Electrical Engineers* ont reproduit des photographies intéressantes de ces papiers. Mais il faut noter qu'il peut passer plus d'une décharge par le même trou avant que le papier ait été remplacé, en sorte que, le plus souvent, on ne relève que la résultante de plusieurs décharges.

Conclusions. — Les conclusions de ce travail pourront être que la question des déchargeurs, condamnée, par son essence même, à rester dans le domaine purement expérimental, n'a pas été suffisamment étudiée jusqu'ici. On veut des appareils protégeant l'installation sans que des perturbations puissent résulter de leur fonctionnement.

Comme, en définitive, ces appareils sont peu coûteux, on se contente d'approximation, quitte à multiplier les postes. Il serait intéressant cependant que quelques exploitants de loisir veuillent bien se dévouer à préciser par l'expérience quelques règles générales qui épargneraient à leurs collègues des dépenses inutiles de temps et d'argent.

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DE SÉCHILLENNE

Cette usine est située sur la Romanche, au lieu dit Pont-de-Gavet, à 600 mètres environ en amont de la station de Séchillienne du tramway de Grenoble à Bourg-d'Oisans. Elle fonctionne en parallèle avec l'usine d'Avignonnet, sur le Drac, pour alimenter le vaste réseau de la *Société Grenobloise de Force et Lumière*.

La Romanche, bien connue des alpinistes, prend sa source aux glaciers dauphinois de la Meije et du Pelvoux. Son débit varie de 8 à 10 m³ en étiage, à 200 m³ en crues, avec une moyenne annuelle de 30 m³ environ. Par suite des variations de températures diurnes et nocturnes qui activent ou ralentissent la fonte des neiges et glaces de la haute montagne, le débit oscille périodiquement suivant les heures d'une même journée : La Romanche monte de 6 heures du soir à minuit, ce qui montre que l'eau met à peu près 8 heures pour descendre des glaciers jusqu'à Séchillienne (60 à 70 kms), le maximum de la fonte ayant sensiblement lieu de 10 heures du matin à 4 heures du soir, et que le temps de la montée est beaucoup plus court que celui de la descente.

Aménagement hydraulique. — Cet aménagement a nécessité l'établissement d'un barrage mobile de prise d'eau, d'une chambre de décantation, d'un canal d'amenée en tunnel, d'une chambre de mise en charge également en tunnel, et d'une conduite forcée.

Barrage. — Le barrage de prise d'eau est établi un peu au-dessus du village de Gavet. Il est constitué par deux grandes vannes métalliques, de 12 m. d'ouverture et de 3 m. de hauteur, s'appuyant d'une part sur des piliers latéraux établis de chaque côté de la rivière, et d'autre part sur un pilier central ayant 8 m 60 de hauteur, 7 m. de longueur et de 2 m 50 de largeur.

La poussée normale qui s'exerce sur chaque vanne, lorsque celle-ci est levée de manière que le niveau de l'eau amont affleure sa crête, est de 54 tonnes. Mais cette poussée peut être dépassée si l'eau vient à surpasser sa crête. Aussi, pour pouvoir manœuvrer facilement et rapidement les vannes, était-il indispensable d'interposer entre elles et leurs supports des galets substituant le roulement au glissement.

En outre, chaque vanne est en partie équilibrée par un système de contrepoids représenté par la figure 1. A 1 m 50 de chaque extrémité, on a disposé une poulie P, fixée à la

FIG. 1

FIG. 2

Figures schématiques montrant les dispositifs d'équilibrage et d'étanchéité des vannes du barrage de prise d'eau.

vanne V, sous laquelle passe un câble qui s'enroule sur deux treuils T installés sur une passerelle supérieure. A l'amont et à l'aval de la vanne, un contrepoids C, constitué par un caisson rempli de pierres, est suspendu à une poulie p autour de laquelle est enroulé un

câble dont une extrémité est fixée à la passerelle en *a*, et dont l'autre extrémité s'enroule sur les treuils T. Ce dispositif réduit la hauteur du déplacement vertical des contrepoids C, qui n'est égal qu'à celui de la vanne.

Les vannes sont constituées par une charpente métallique composée de 5 poutres horizontales, ayant chacune la forme d'un solide d'égale résistance, et réunies à leurs extrémités par des pièces verticales qui servent en même temps de chemin de roulement pour les galets G; ces poutres sont toutes semblables, elles sont seulement de plus en plus rapprochées au fur et à mesure que la profondeur s'accroît, de manière à les faire travailler toutes au même taux.

L'étanchéité est obtenue au moyen d'un dispositif représenté par la figure 2. Un fer en Z, A, est fixé à chacune des extrémités amont sur toute la hauteur de la vanne V; une cornière B est fixée à la paroi du pilier. Entre ces deux fers est intercalée une barre ronde C que la pression de l'eau applique continuellement contre les fers. Lorsqu'on manœuvre la vanne, on n'a ainsi, comme surface *frottante* soumise à la pression de l'eau, que la surface du plan vertical limité entre les génératrices de contact de C sur A et B.

Sur la rive gauche, en dehors du pilier, on a ménagé une échelle à poisson.

Prise d'eau. — La prise d'eau s'effectue sur la rive droite de la Romanche, au moyen d'un canal I-II qui s'ouvre sur la rivière immédiatement en avant des vannes. L'eau pénètre dans ce canal en passant par-dessus un mur *a b* dont la crête est arrasée à 1^m50 en contrebas du niveau normal de la retenue créée par les vannes. Grâce à ce dispositif, les cailloux et graviers,

cés de 20 mm., et groupés en panneaux interchangeables par groupes de 10 barreaux. L'eau qui traverse ces grilles pénètre dans une seconde chambre VI-VII, qui a 4 m

FIG. 4. — Vue générale de la prise d'eau.

de largeur et 2 m. de profondeur, et qui constitue la tête du canal d'amenée proprement dit; en face des vannes de chasse de la chambre de décantation se trouve une vanne d'arrêt V qui permet d'isoler le canal d'amenée de la prise d'eau en cas de réparation. A l'autre extrémité de cette chambre VI-VII, en amont, se trouve une vanne de secours W qui permet d'introduire l'eau directement sans passer par les grilles, au cas où celles-ci viendraient à être obstruées par la gelée.

FIG. 3. — Plan de la prise d'eau.

charriés par la Romanche en temps de crue, glissent le long de ce mur sans pouvoir pénétrer dans le canal. Ainsi que le montre la figure 3, ce canal de prise d'eau contourne le pilier extérieur de la vanne rive droite et retourne à la Romanche. Il est terminé par une vanne, fermée en basses eaux, qui permet d'évacuer les gros sables qui s'y sont déposés. Cette vanne est visible sur la fig. 4, où elle masque en partie la vanne de droite du barrage de prise d'eau.

L'eau amenée par ce premier canal pénètre dans un second canal III-IV, en passant par dessus un mur *c d* dont la crête est arrasée à 1 m. en contrebas du niveau normal. La profondeur de ce canal est de 2 m. et sa largeur de 4 m. Le mur qui le sépare de la rivière forme déversoir sur 65 m. de longueur, de *e* en *f*. A partir du point *f*, la profondeur est brusquement augmentée, et portée à 5 m., afin d'augmenter la section transversale et d'obtenir une vitesse de l'eau assez faible pour permettre le dépôt des menus sables. Cette partie IV-V du canal constitue la chambre de décantation. Elle se termine par des vannes de fond, permettant d'évacuer les dépôts.

Sur la droite de cette chambre de décantation, et sur toute sa longueur (55 m.), se trouvent les grilles *g h*, qui ont 2 m. de profondeur, et reposent sur un mur de 3 m. de hauteur. Elles sont constituées par des fers méplats, espa-

Canal d'amenée. — Le canal d'amenée fait suite à la chambre VI-VII de la prise d'eau, et il entre en souterrain presque immédiatement après la vanne V, les pentes abruptes de la montagne, coupées de nombreux couloirs, n'ayant pas permis de l'établir à ciel ouvert. Sa longueur est de 2760 m., sa section de 3^m50×3^m50, et sa pente de 1,3 mm. par mètre. Il a été percé autant que possible dans la roche dure, afin d'éviter l'inconvénient de l'éclayage pendant la construction, et de la construction d'une voûte qui eussent été nécessaires en terrain meuble. Le tunnel reste parallèle à la vallée, et aussi près que possible de celle-ci; il a été attaqué à la fois par les deux extrémités, et par 8 fenêtres intermédiaires.

Les parois du souterrain ont été cimentées pour boucher les fissures et diminuer la perte de charge.

La chambre de mise en charge est toute entière en souterrain. Sa forme générale est sensiblement celle d'un rectangle, de 9^m60 de largeur et de 30 m. de longueur, perpendiculaire à la vallée. A son raccordement avec le canal

d'amenée, un déversoir maintient le niveau de l'eau constant. L'eau qui en provient passe dans une galerie, de 2 m. de largeur, dont l'axe est à 12^m60 de celui de la chambre. Cette galerie vient déboucher à l'air libre à mi-hauteur, et forme une cascade qui fait un heureux contraste avec les conduites forcées (voir fig. 10). Elle se continue ensuite par un canal qui traverse la route nationale sous un angle de 70°, et qui vient se jeter dans le canal de fuite.

A son extrémité aval, la chambre de mise en charge est divisée en deux compartiments, chacun d'eux correspondant à une conduite forcée. Ces compartiments ont 3^m60 de largeur sur 7^m50 de longueur et leur profondeur varie de 3^m50 à 6 m. ; ils sont séparés l'un de l'autre par un mur de 1^m80 d'épaisseur. Une vanne, établie en tête de chaque compartiment, permet d'isoler chacun d'eux en cas d'avarie à l'une des conduites forcées. En outre, une grille, à barreaux plus rapprochés que celle de la chambre de décantation, retient les petits corps flottants qui auraient pu passer à travers la première. Une vanne permet d'évacuer les derniers dépôts, et au besoin de vider la chambre en envoyant l'eau dans la galerie du déversoir.

Conduites forcées. — Les conduites forcées, de 2^m25 de diamètre, sont au nombre de deux, et ont été fournies par la maison Joya, de Grenoble.

Elles sont formées de trois parties rectilignes raccordées par des coudes. La première partie a une longueur

Fig. 5. — Montage de l'une des conduites forcées.

de 5^m40, et sort de la chambre de mise en charge avec une inclinaison de 0^m40 par mètre; son épaisseur est de 6 millimètres. La deuxième partie, longue de 60^m42, est inclinée à 45° environ; son épaisseur varie de 6 à 12 mm. Enfin, la troisième partie est horizontale et a une longueur de 51^m60; son épaisseur est de 12 mm. Elle passe dans un aqueduc ménagé sous la route nationale de Grenoble au Bourg-d'Oisans, et vient se raccorder au collecteur perpendiculairement à celui-ci.

Ces conduites sont formées de viroles d'acier doux, à double clouure, de 1^m50 de longueur utile environ, assemblées les unes aux autres au moyen d'une seule rangée de rivets. Le coude inférieur est constitué par 7 viroles, formant un angle au centre de 45°, le rayon de ce coude étant de 9^m80. Le coude supérieur est constitué par 5 viroles, formant un angle au centre de 23°46'; le rayon de ce coude est de 12 mètres.

La distance d'axe en axe des conduites décroît de 5^m40 au départ de la chambre de mise en charge à 3^m20 sous la route nationale pour recroître jusqu'à 5^m20 en arrivant au collecteur.

Les conduites sont supportées par des piliers en maçonnerie. Pour quelques-uns de ces piliers, une cornière, rivée sur la conduite, prend appui sur eux et empêche tout glissement.

Le collecteur est disposé parallèlement à l'usine. Les conduites forcées y aboutissent à angle droit, à sa partie amont. A 3^m75 en amont de l'axe de la première conduite débouche la prise conduisant à la première turbine, et à 3^m75 en aval de la seconde conduite débouche la prise de la seconde turbine. Les prises des autres turbines sont à 6^m35 les unes des autres à la suite. Jusqu'à la 3^e prise, le diamètre du collecteur est de 2^m25. Entre la 3^e et la 4^e prise il est de 1^m75, et entre la 4^e et la 5^e prise de 1^m25. Ensuite après, pour les excitatrices, il n'est plus que 0^m70.

Usine génératrice — L'usine génératrice est située sur un terre-plein remblayé, entre la route nationale et la Romanche. Elle comprend actuellement 5 groupes électrogènes triphasés, de 2000 HP, fonctionnant sous une chute de 57^m50 à l'étiage et de 55 m. en hautes eaux. L'usine est prévue pour pouvoir disposer de 8 groupes électrogènes, dont 2 de réserve.

L'usine comprend deux corps de bâtiments : une salle des machines, de 56 m. de long sur 14 m. de large et 12 m. de hauteur, et un corps annexe. Celui-ci est lui-même divisé en deux et comprend un pavillon d'appareillage, de 22 m. de long sur 8 m. de large, à 3 étages de 4 m. de hauteur chacun, et un atelier de 17 m. de long sur 12 m. de large, au-dessus duquel se trouvent les bureaux.

Dans le pavillon d'appareillage, le rez-de-chaussée, qui se trouve derrière le tableau de distribution, est réservé à la basse tension; le premier étage contient la haute tension, et le deuxième étage le départ des lignes. Les transformateurs sont logés dans une salle à un seul étage, de 22 m. x 4 m., située à la suite de celle réservée à la basse tension.

Turbines — Les turbines des alternateurs ont été fournies par la Société des Ateliers Piccard Pietet et C^{ie} de Genève. Ce sont des turbines Francis, centripètes parallèles, à axe horizontal tournant à 375 tours. Le réglage est effectué par une rotation des aubes du distributeur, au nombre de 28, qui sont mobiles autour d'un axe horizontal. Lorsque le vannage est fermé, toutes les aubes sont inclinées les unes sur les autres jusqu'à se toucher; au contraire, lorsqu'il est plein, toutes les aubes sont parallèles. Les diamètres extérieur et intérieur de la roue mobile sont respectivement de 1^m20 et de 0^m80.

Autrefois, les tourillons sur lesquels tournaient les aubes mobiles, et le mécanisme actionnant ces aubes, étaient constamment noyés à l'intérieur de la bache de la turbine. Ils ne pouvaient donc pas être graissés, et étaient, de ce fait, exposés à une destruction plus ou moins rapide. Pour les turbines de l'usine de Séchillienne, le mécanisme actionnant les aubes distributrices, visible sur la figure 8, est entièrement placé à l'extérieur de la bache de turbine. Il est hors de l'eau et visible, et peut être facilement graissé et réglé pendant la marche de la turbine.

Les aubes directrices sont coulées en acier d'une seule pièce, avec leurs deux tourillons. L'un de ces tourillons pénètre dans une douille en bronze, l'autre traverse un presse-étoupe également en bronze et sort de la turbine. Sur sa partie extérieure, il porte une manivelle clavetée,

commandée par le servomoteur. La douille et le presse-étoupe sont maintenus pleins de graisse consistante au moyen de graisseurs appropriés, de sorte que les tourillons travaillent dans les meilleures conditions.

D'autre part, l'ouverture de chacune des aubes est commandée directement par le mouvement d'une couronne reliée au servomoteur au moyen de bielles et manivelles. Par contre, la fermeture de ces aubes est provoquée par la même couronne, non plus directement, mais par l'intermédiaire de ressorts puissants intercalés entre cette couronne et les manivelles de chacune des aubes (*). De cette

sa pompe à huile située dans le socle de l'appareil qui sert en même temps de réservoir d'huile.

Le régulateur proprement dit, ou tachymètre, dont les poids sont suspendus à des ressorts, est d'une extrême sensibilité. En fait, l'index de l'ouverture du vannage, visible sur la gauche de la figure 6, à côté de la manivelle de commande à la main, est en perpétuel mouvement d'oscillations. Le servomoteur est à piston différentiel, et le distributeur est du système à piston flottant commandé par un simple pointeau.

Des essais de rendement très précis ont été exécutés au mois de mai 1907, à l'usine de Séchillienne. Les quantités d'eau ont été mesurées dans le canal de fuite au moyen du moulinet d'Ott perfectionné. Les jaugeages ont été effectués sous la direction du Dr Epper, directeur du Bureau hydrométrique fédéral Suisse, qui assistait personnellement à ces essais. La charge de l'alternateur était obtenue au moyen d'une résistance liquide avec circulation d'eau, et était maintenue constante pendant toute la durée de l'essai.

La maison Piccard, Pictet, avait garanti, pour les turbines génératrices, les rendements de 78 et 74 pour 100 à $3/4$ et $1/2$ charge. Les rendements correspondants obtenus par ces essais ont été de 81 et 77,5 pour 100.

Les turbines des excitatrices sont centrifuges à libre déviation et peuvent développer 150 HP sous 53^m50 de chute utile; elles tournent à 500 tours par minute. Le régulateur est à servomoteur mécanique.

Sous la salle des machines, et jusqu'à de 14 m. cette salle, le canal de fuite est parallèle à

l'axe longitudinal de l'usine. Puis il se réunit au canal d'évacuation du déversoir de trop-plein de la chambre d'eau pour retourner à la Romanche.

Chacune des grosses turbines est directement accouplée au moyen d'un manchon élastique Zoddell à un alternateur triphasé de 1600 K. V. A. à 4000 volts, 50 périodes, construit

FIG. 6. — Vue d'une turbine de 2000 HP, avec son régulateur.

manière, si, pendant la fermeture, un corps étranger vient à s'introduire entre deux aubes et y reste pincé, les ressorts intéressés cèdent devant cette résistance anormale, et l'aube reste ouverte au lieu de se briser. Le mécanisme étant extérieur et visible, l'on peut tout de suite intervenir pour dégager l'aube.

Grâce à ce système de commande des aubes mobiles, la surveillance et l'entretien de ces turbines sont grandement facilités, et l'usure en est réduite au minimum.

La poussée de la couronne mobile est équilibrée par un

FIG. 7. — Coupe suivant l'axe d'une turbine.

palier de butée, à huile sous pression, refroidi par une circulation d'eau.

Les régulateurs sont du système Piccard et Pictet, à servomoteurs à huile sous pression. Chaque régulateur possède

FIG. 8. — Vue du système de commande du vannage

par les Ateliers Schneider et C^{ie}, de Champagne-sur-Seine. Un volant, de 3^m20 de diamètre, contribue à la régularisation de la vitesse, en cas de surcharge ou décharge brusque des alternateurs.

Alternateurs. — Chaque alternateur est à induit fixe et à inducteur tournant. Il ne comporte pas de bâti commun pour ces deux parties, et le réglage de la couronne d'induit

(*) Les ressorts d'une moitié des aubes sont visibles sur les fig. 6 et 8. Les ressorts de la seconde moitié sont pour la plus grande partie cachés par la couronne. On n'aperçoit que leur extrémité.

est indépendant de celui des paliers supportant l'arbre de l'alternateur. Le diamètre d'alésage est de 2^m 20.

La couronne d'induit est formée de deux parties assemblées, en fonte, portant le circuit magnétique en tôle qui est fortement serré sur la couronne par des disques rapportés. Des intervalles, destinés à la ventilation des tôles, sont ménagés dans la masse de ces dernières qui, en outre, portent à leur périphérie intérieure des alvéoles destinées à recevoir les bobines induites.

La partie inférieure de la couronne d'induit porte deux pattes reposant sur deux caissons formant fondation, et portant des vis de réglage et de rappel qui assurent le centrage de l'induit en hauteur et latéralement par rapport à l'inducteur.

Les bobines induites sont en cuivre de haute conductibilité. Les encoches sont du type demi-formé, mais elles ne sont pas symétriques, car les rainures périphériques sont décalées par rapport à l'axe des encoches, et, dans les 5 paquets de tôle dont est constitué l'induit, ces rainures sont alternées. Ce dispositif diminue les courants de Foucault dans les pièces polaires, qui ont pu ainsi être massives. La courbe de force électromotrice de l'alternateur est une sinusoïde parfaite.

FIG. 9. — Vue intérieure de la salle des machines.

Les bobines induites traversent le noyau de tôles dans des tubes en micanite qui assurent toute sécurité pour leur isolement à la masse ; la partie extérieure de chaque bobine est à une distance suffisante des bobines voisines et de la masse pour rendre impossible tout court-circuit entre elles et la masse. Les trois phases de l'induit sont connectées en étoile et leurs extrémités aboutissent à 3 bornes montées sur des porcelaines, fixées à la partie inférieure de la couronne d'induit, et inaccessibles au personnel chargé de la surveillance.

L'inducteur est constitué par un moyeu en acier moulé, claveté sur l'arbre de l'alternateur et portant, venus de fonte, les pôles, de forme oblongue, qui sont au nombre de 16.

L'enroulement inducteur est formé d'un ruban de cuivre rouge enroulé sur champ ; l'isolement entre spires est obtenu par un tressage du ruban. Les bobines ainsi constituées sont fortement serrées sur l'inducteur par les épanouissements polaires, rapportés et fixés aux pôles par deux fortes vis maintenues par des prisonniers. Les extrémités de l'enroulement inducteur aboutissent à deux

bagues en bronze, calées sur l'arbre de l'alternateur, et recevant le courant d'excitation par des frotteurs en charbon. Le courant d'excitation des alternateurs est fourni par deux dynamos génératrices indépendantes décrites ci-après.

L'arbre de l'alternateur repose sur deux paliers à graissage automatique à bagues et porte, à l'une de ses extrémités, le plateau d'accouplement avec la turbine.

L'élévation maxima de tension entre la marche à pleine charge, avec $\cos \varphi = 1$, et la marche à vide, la vitesse restant constante, est de 8 pour 100.

Ces alternateurs ont été soumis pendant dix minutes à une tension alternative de 8 000 volts entre les enroulements induits et la masse ; ils ont subi une vitesse d'emballlement de 650 tours par minute, et ont tourné une heure à 500 tours sans échauffement aux paliers. Le rendement, pour $\cos \varphi = 0,85$, a été trouvé aux essais de 94 pour 100 à pleine charge, et de 91,5 %, 88,5 %, et 80 % à 3/4, 1/2 et 1/4 de charge.

Excitatrices. — L'excitation des alternateurs est fournie par deux dynamos hexapolaires à courant continu, à excitation shunt, de 90 kws chacune, sous 110 volts.

L'inducteur, en acier coulé de grande perméabilité, est en 2 parties seulement, disposition réduisant au minimum le nombre des joints magnétiques ; la partie supérieure est facilement démontable. Les noyaux polaires, venus de fonte avec la carcasse, sont munis de fentes radiales ayant pour effet l'annulation des flux transversaux ; sur ces noyaux, sont vissés les épanouissements en fonte arrêtant en position les bobines inductrices. Ces dernières, faites sur mandrins, sont emmanchées sur les pièces polaires.

L'induit est à tambour, de 665 mm. d'alésage, composé d'une couronne circulaire en tôles spéciales, de 3,5 dixièmes de millimètre d'épaisseur, découpées à l'emporte-pièce ; des encoches demi-circulaires sont pratiquées dans ces tôles, et dans les bras du moyeu qui portent la couronne d'induit ; des boulons s'ajustent dans ces encoches et assurent l'entraînement.

L'enroulement se compose de barres de cuivre rouge de haute conductibilité, façonnées à l'avance, et interchangeables ; ces barres, noyées dans de

profondes rainures, sont soustraites à l'action de l'effort tangentiel, évitant ainsi toute chance de détérioration des isolants, et permettant à l'induit de résister aux emballlements. Les parties extérieures des barres forment connexions sans être rabattues dans les flancs de l'induit, elles assurent ainsi une grande surface de refroidissement et une ventilation énergétique.

Transformateurs. — Chaque transformateur débite sur sur le réseau par l'intermédiaire d'un transformateur à bain d'huile et refroidissement par circulation d'eau, qui élève la tension à 26 000 volts, l'enroulement primaire étant connecté en étoile et l'enroulement secondaire en triangle. Mais ces transformateurs ont été prévus pour pouvoir supporter une tension de 45 000 volts, les deux enroulements étant connectés en étoile. Leur rendement est de 97,5 pour 100 à pleine charge, et de 97 pour 100 à demi-charge. Ils ont été fournis, ainsi que l'appareillage, par les Ateliers de Construction Electrique d'Oerlikon.

Appareillage. — Le tableau de distribution comprend tous les appareils de mesure et de manœuvre usuels, et est situé sur une plateforme dominant la salle des machines.

Il comprend 14 panneaux de 1 m. de largeur, montés sur une charpente métallique.

Les 5 premiers panneaux en marbre blanc, correspondent chacun à un alternateur et portent un ampèremètre placé sur l'une des phases, un ampèremètre d'excitation, des lampes témoins, le levier de commande d'un interrupteur automatique à action différée, et le volant de manœuvre du rhéostat d'excitation. Le panneau suivant comporte les appareils de couplage, lampes de phase, voltmètres, etc. Sur ce panneau se trouvent deux volants qui permettent, soit de manœuvrer toutes ensemble les commandes des rhéostats d'excitation par l'un ou l'autre volant, soit de former deux groupes distincts.

Viennent ensuite 2 panneaux pour les excitatrices, puis 3 panneaux pour le couplage des transformateurs (les deux premiers correspondent chacun à deux transformateurs). Le panneau qui suit comporte 2 voltmètres donnant la tension des lignes. Les deux derniers panneaux, dont un pour chaque ligne, comportent trois ampèremètres un wattmètre enregistreur, un compteur, et la commande des interrupteurs de ligne.

Il y a deux séries de barres omnibus à haute tension permettant d'alimenter séparément, ou en parallèle, les deux lignes avec un transformateur quelconque. Il existe également des barres omnibus à basse tension, mais elles ne servent pas qu'accidentellement, chaque alternateur débitant toujours en temps normal sur chaque transformateur.

Fig. 10. — Vue générale de l'usine de Séchillienne.

Les interrupteurs de ligne sont établis pour une tension de 45 000 volts. Ils sont à rupture dans l'huile, et sont actionnés par une commande électrique.

Les déchargeurs sont des parafoudres à cornes ordinaires, et sont mis à la terre par l'intermédiaire de résistances liquides. Les limiteurs de tension sont constitués par des filets d'eau, provenant d'entonnoirs en communication avec chacun des fils de ligne, qui tombent dans une cuve mise à la terre.

Lignes. — Deux lignes, composées chacune de 3 fils de cuivre, de 7 mm de diamètre, distants de 1 m. les uns des autres, partent de l'usine de Séchillienne. Ces deux lignes sont montées sur les mêmes poteaux. Ceux-ci sont métalliques, et ont 10 m. de hauteur au-dessus du sol. Ils sont formés de 4 cornières, sensiblement verticales, assemblées au moyen d'entretoises. Ils ont été construits par la maison Joya. Les isolateurs sont placés sur des traverses en bois formant un cadre à la partie supérieure du poteau.

Ces deux lignes vont se réunir, à Saint-Georges-de-Commiers, à celles qui viennent de l'usine d'Avignonnet,

pour alimenter le vaste réseau de la Société Grenobloise de Force et Lumière, qui fournit en énergie électrique, non seulement la région si industrielle comprise entre Grenoble et Lyon, en passant par Voiron, Bourgoin et Vienne, mais encore Annonay et ses environs. Nous reviendrons d'ailleurs ultérieurement sur la description de cet important réseau de distribution.

H. BELLET.

LES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES

LEURS CAUSES. — LEURS EFFETS

(SUITE)

§ II. — Causes des manifestations volcaniques.

Les idées les plus bizarres ont été formulées pour expliquer les phénomènes volcaniques. Aussi, avant d'indiquer quelles sont leurs véritables causes; mentionnons, dans un intérêt à la fois scientifique et historique, quelques-unes des hypothèses qui ont été émises pour les expliquer. Toutes ces hypothèses ont un caractère commun, celui de donner pour point de départ aux phénomènes volcaniques une action chimique dont le premier effet est un dégagement de chaleur. Ainsi que Humboldt l'a fait remarquer, suivant les phases diverses que les sciences chimiques ont parcourues, ces phénomènes ont été attribués successivement au bitume, aux pyrites, à un mélange humide de fer et de soufre réduits en poussière.

Les schistes bitumineux, les lignites, certaines houilles, renferment des pyrites qui, une fois mises en contact avec l'eau superficielle ou atmosphérique, se transforment en sulfate de fer. Cette transformation détermine la production d'une certaine quantité de chaleur, accusée par la production d'un certain volume de vapeur d'eau qui se dégage des amas de débris accumulés autour des exploitations. Quelquefois les couches de houille ou de lignite s'enflamment spontanément sous l'influence de causes que nous ne connaissons pas d'une manière exacte. Cette inflammation spontanée peut être produite, tantôt par l'oxydation des pyrites placées dans le voisinage d'infiltrations d'eau, tantôt par la combustion du grisou. Quoiqu'il en soit, ces inflammations spontanées allument des incendies souterrains qui durent pendant un temps plus ou moins long, et que Werner appelait des *pseudo-volcans*.

La mine de Revaux, dans le bassin de Saint-Etienne, peut être citée comme une de celles qui présentent des traces d'ignition. D'après A. Burat, sous une couche de fer carbonaté, une couche de houille a été en grande partie changée en coke; toutes les couches voisines de celles-ci paraissent avoir éprouvé aussi une très forte calcination; elles sont rouges et moins dures; le sulfure de fer y a éprouvé une forte sublimation, par suite de laquelle il s'est formé du soufre natif et des veines de sulfate de chaux cristallisé.

Quant à l'hypothèse basée sur le mélange de soufre et de fer, elle repose sur cette expérience de Lémery; tout le monde connaît cette réaction chimique dans laquelle on produit une sorte de volcan en miniature en mélangeant, dans une cavité creusée dans le sol, du soufre et de la limaille de fer humectée d'eau. Au bout de quelque temps, il se produit un jet continu de vapeur d'eau qui s'échappe pendant un temps assez long de l'extrémité supérieure. Mais ce n'est là qu'une expérience de laboratoire, et il y a lieu de s'étonner qu'elle ait pu paraître suffisante à certains esprits, même il y a 50 ans, pour expliquer le phénomène grandiose d'une éruption volcanique avec émission de laves et projection de scories.

C'est de même que Buffon, frappé de la situation des volcans italiens au voisinage de la mer, pensait que les éruptions du