

LÉGENDE

1. Alternateurs triphasés de 1000 KVA., 3 800 volts, 150 ampères.
2. Dynamos excitatrices, 70 volts, 300 ampères.
3. Rhéostats de champ des excitatrices.
4. Interrupteurs unipolaires d'excitation des excitatrices.
5. Ampèremètres d'excitation des alternateurs.
6. Coupe-circuits fusibles des alternateurs, 3 800 volts, 150 ampères.
7. Interrupteurs tripolaires des alternateurs, 3 800 volts, 150 ampères.
8. Transformateurs d'intensité pour les ampèremètres des alternateurs.
9. Ampèremètres des alternateurs.
10. Watlmètres triphasés enregistreurs à deux induits de 1000 KVA.
11. Transformateur triphasé réducteur de tension de 200 watts, 3 800/110 volts.
12. Coupe-circuits fusibles des transformateurs de tension.
13. Voltmètres des alternateurs.
14. Commutateur bipolaire à trois directions pour voltmètre.
15. Voltmètres d'accouplement.
16. Lampes de mises en phases.
17. Commutateurs des lampes.
18. Transformateurs élévateurs de 580 KVA., 3 800/35 000 volts.
19. Coupe-circuits fusibles primaires des transformateurs élévateurs, 3 800 volts, 250 ampères.
20. Interrupteurs tripolaires des primaires des transformateurs élévateurs, 3 800 volts, 250 ampères.
21. Coupe-circuits fusibles secondaires des transformateurs élévateurs, 35 000 volts, 29 ampères.
22. Coupe-circuits fusibles de la ligne, 35 000 volts, 58 ampères.
23. Transformateurs d'intensité des ampèremètres de ligne.
24. Ampèremètres de ligne.
25. Transformateur triphasé réducteur de tension de 500 watts, 35000/175 volts.
26. Coupe-circuits fusibles du transformateur de tension.
27. Voltmètre de ligne.
28. Commutateur bipolaire à trois directions du voltmètre de ligne.
29. Parafoudres à champignons.
30. Parafoudres à cornes.
31. Transformateur de 200 watts et 3 800/110 volts pour mise en phase des alternateurs.
32. Coupe-circuits fusibles du transformateur de mise en phase.
33. Transformateur d'alimentation des moteurs des ventilateurs, 3 800/220 volts, 12 KVA.
34. Coupe-circuits fusibles du transformateur des ventilateurs.
35. Coupe-circuit fusible des moteurs des ventilateurs, 220 volts.
36. Interrupteurs tripolaires des moteurs des ventilateurs, 220 volts.
37. Transformateur triphasé de 50 KVA., 3 800/220 volts, alimentant le moteur synchrone du régulateur.
38. Coupe-circuits fusibles du transformateur de 50 KVA., 3 800 volts.
39. Interrupteur tripolaire du transformateur de 50 KVA., 3 800 volts.

maires des transformateurs ont été soumis à une tension alternative de 8 000 volts pendant 10 minutes, tandis qu'un essai d'isolement de même durée a été effectué sous une tension alternative de 50 000 volts pour les appareils et connexions marchant normalement à 35 000 volts.

Outre le matériel précédemment décrit, la station du Bournillon comporte encore une génératrice à courant continu, du Creusot, pouvant donner 430 ampères sous 70 volts à la vitesse de 900 tours par minute avec tableau indépendant; cette dynamo est commandée directement par une turbine spéciale de 45 HP environ et est destinée normalement à l'éclairage de l'usine. Elle doit également servir de secours comme excitatrice d'alternateur en cas d'avaries à l'une de ces dernières.

Nous ne saurions terminer ce chapitre sans déclarer que les ateliers d'Electricité du Creusot, qui ont construit et installé tout le matériel électrique de cette usine, ont fait preuve, en cette installation, d'un talent remarquable et justifiant bien leur grande réputation.

Ligne de transport d'énergie. — Une seule ligne triphasée relie l'usine à Vienne et à Romans, mais la place est prévue pour en poser une seconde. Cette ligne est montée sur poteaux en bois avec traverses pour supporter les isolateurs. En outre des parafoudres de ligne échelonnés sur le parcours, la ligne est protégée contre la foudre par du fil de fer torsadé avec ronce artificielle tendue au sommet des poteaux sur tout le trajet et mis à la terre tous les cinq poteaux. Comme toute l'installation électrique de l'usine cette ligne a été construite par MM. Schneider et C^o, sauf pour la pose et la fourniture des poteaux qui furent confiées aux soins de la Société du Vercors.

Les essais de la ligne ont été effectués sous une tension de 35 000 volts en mettant une phase à la terre; les isolateurs se sont tous très bien comportés.

*
* *

L'usine du Bournillon fonctionne déjà depuis un an environ. Dès le début de sa mise en marche elle s'était bornée à l'alimentation de Romans, mais depuis fin janvier 1905 elle dessert en plus Vienne et Beaurepaire ainsi que quelques localités de moindre importance. Malgré la très haute tension employée et la longueur de la ligne (80 kilomètres environ), cette usine n'a jamais eu que de courts et très rares arrêts.

La généreuse et si louable initiative de MM. Bouvier et Laurent secondée par la puissante intervention des Sociétés du Creusot, de la Franco-Suisse et de leurs ingénieurs, particulièrement de M. Boissonnas, procure des avantages très appréciés de tous les industriels de la région Dauphinoise qui en bénéficient et mériteraient la reconnaissance publique. Malheureusement, dans notre pays, on ne sait pas toujours assez comprendre le mérite ni l'économie des œuvres de long avenir; on sacre grand homme celui qu'une fortune rapide favorise, tandis qu'on méconnaît, qu'on décourage même parfois en le dénigrant, le travailleur qui, voyant par de là l'heure présente, veut poursuivre, envers et contre toutes les difficultés, une entreprise jugée chimérique mais portant en elle tous les éléments d'une richesse nouvelle pour le pays.

Honneur à ceux qui ne jettent point le manche après l'outil; tôt ou tard les détracteurs finissent par s'incliner devant leur bienfaisante ténacité. Pour notre part, nous rendons dès à présent cette justice aux créateurs des forces motrices de la Bourne qu'ils ont fait œuvre belle et ne pouvant manquer d'être féconde.

E.-F. CÔTE.

Hygiène et Énergie

La création des stations hydro-électriques, c'est-à-dire des stations hydrauliques où l'on utilise les chutes d'eau à commander des génératrices, des dynamos, pour distribuer ensuite le courant obtenu, soit pour l'éclairage, soit pour la force motrice, constitue maintenant une préoccupation de premier ordre pour l'ingénieur et pour l'entrepreneur. Nous n'avons pas à rappeler le Congrès de la Houille Blanche, qui s'est tenu à Grenoble en 1902, et dont la bibliographie de la Revue a signalé les deux énormes et si précieux volumes de comptes rendus.

D'autre part les efforts se multiplient un peu de tous les côtés pour dresser des cartes spéciales des richesses hydrauliques dont dispose la France, afin que les stations puissent se disséminer un peu à l'envi dans toutes les parties de notre territoire.

La question est d'autant plus intéressante que, tout en se faisant assez facilement au point de vue technique, dans la majorité des cas, la captation des chutes d'eau nécessite souvent des frais considérables, et par conséquent il serait très urgent de trouver, ou de signaler, des combinaisons qui permettent de réduire ces dépenses d'installations, tout au moins de les faire supporter plus aisément, en répartissant sur une surface plus vaste (si l'on veut nous permettre cette expression figurée qui va s'expliquer dans un instant) le poids des charges d'une installation de ce genre. On dit volontiers et l'on répète souvent, même dans les milieux technique, ou quasi-technique, que la houille blanche est une puissance gratuite, qu'elle ne coûte rien; c'est vrai si on la considère en elle-même, mais les barrages et les vastes bassins de retenue si souvent nécessaires, les conduites forcées ou les canalisations de niveau, les bassins de décantation et les canaux de fuite, les turbines, etc., tout cela coûte cher, et il en résulte que cette houille blanche gratuite entraîne un intérêt et un amortissement très élevés du capital

engagé, des dépenses d'entretien très fortes elles-mêmes, surtout quand, comme si souvent, on se trouve en face d'eaux chargées de matières étrangères qui corrodent rapidement les parties métalliques des organes de l'installation.

Nous voudrions citer un exemple qui est tout près de se réaliser, et qui est susceptible de contenir un enseignement des plus précieux, de suggérer les idées plus pratiques pour tous ceux qui se trouvent en présence d'un projet d'usine hydro-électrique, et qui craignent de ne voir engager dans une entreprise de ce genre des capitaux qui n'y trouveraient qu'une rémunération insuffisante.

L'exemple que nous voulons indiquer à nos lecteurs comme des plus typiques, et aussi comme curieux en lui-même par suite des transformations industrielles et générales qu'il doit introduire dans une région de la France, nous est fourni par l'importante installation hydro-électrique que l'on veut réaliser sur le Cher dans les environs de Montluçon, et pour cette ville tout particulièrement, en même temps que pour certaines agglomérations secondaires qui ne sont destinées qu'à jouer un rôle beaucoup plus secondaire dans la combinaison. Le fait seul que Montluçon est une ville possédant une population assez importante et aussi des établissements industriels petits et grands pouvait donner l'idée d'utiliser le cours torrentueux et fort encaissé du Cher à la mise en mouvement de turbines commandant des dynamos génératrices, et fournissant par suite du courant pour l'éclairage ou la force motrice. C'est qu'en effet cette ville renferme, en dehors d'immenses établissements comme les usines de Saint-Jacques, bien connues de tous ceux qui s'occupent de métallurgie, en dehors également de l'usine des corps creux, ou d'une fabrique de machines à coudre, des établissements plus ou moins modestes, moulins, imprimeries, fabriques de meubles, de parapluies, etc., tout ce que nous demanderons la permission d'appeler, par comparaison, du menu fretin. Il est tout naturel que des établissements de ce genre de proportions modestes, recourent à une usine centrale pour acheter leur courant; mais on aurait pu douter que des usines puissantes comme celles de Saint-Jacques fussent disposées à devenir les clientes d'une station au lieu d'avoir leur propre station: c'est pourtant ce qui se produit ou va se produire, puisque les promoteurs de l'installation à laquelle nous faisons allusion ont eu l'engagement des grands établissements de Montluçon de devenir leurs abonnés pour une quantité de courant importante. Nous passons sur ce côté de la question, et cependant il y a là un nouvel errement, une nouvelle façon de comprendre les choses qui est appelée certainement à réagir puissamment sur le fonctionnement et les possibilités de création des usines hydro-électriques: la spécialisation est une excellente chose, même en la matière.

Mais nos lecteurs savent combien dans des stations hydrauliques il est nécessaire de prendre des mesures pour parer aux changements énormes du débit des cours d'eau sur lesquels on installe les usines: la façon classique de parer à cet inconvénient c'est de créer une retenue, un vaste réservoir, qui empêche de laisser couler l'eau inutilisée quand le débit est à son maximum, et qui la rend au moment propice quand au contraire on se trouve à l'époque des basses eaux.

Mais un réservoir de cette sorte coûte cher à établir, et son utilité est simplement d'assurer la régularité de l'alimentation de l'usine. Or, on vient de trouver pour Montluçon une solution, une combinaison des plus heureuses qui permet d'appliquer simultanément ce réservoir à un autre usage, et cela en n'augmentant ses dimensions et son coût d'établissement que dans des proportions relativement minimes, ce qui donne le moyen d'assurer plus sûrement le service de l'intérêt et de l'amortissement des dépenses engagées. Voici en effet ce qui va se passer. Les concessionnaires et entrepreneurs de l'usine hydro-électrique qui va être établie à 12 kilomètres de Montluçon et au confluent presque du Cher et d'un affluent, en un point où le lit du cours d'eau est profondément encaissé au milieu de granit, se sont entendus avec la municipalité de la Ville pour alimenter son service des eaux. Il faut dire que jusqu'à présent Montluçon a été des plus mal partagés à ce point de vue, les dépenses qu'il aurait fallu engager pour faire un réservoir destiné au seul service de la Ville ayant toujours arrêté la réalisation du tout-à-l'égout. Maintenant, ce desideratum devient une possi-

bilité, il sera sous peu une réalité, et cela grâce à cette combinaison qui fait du réservoir de retenue de l'usine le bassin d'alimentation des canalisations d'eau potable et autres de la Ville.

En outre, et c'est un des deux points sur lesquels nous voulions insister, ce projet d'installation d'usine hydro-électrique dans son voisinage vient d'engager l'établissement de Saint-Jacques dans une voie métallurgique nouvelle; il est dans l'intention de se livrer au traitement des ferro-nickels, et cela tout simplement en montant tout près du réservoir une usine *ad hoc*, à laquelle l'installation hydro-électrique fournira autant de courant que cela sera nécessaire, et dans les meilleures conditions pécuniaires, puisque, pour suffire à cette demande pourtant fort importante, il lui suffira de modifier un peu son projet, de monter des turbines un peu plus puissantes.

Ainsi voici donc la combinaison qui s'offre à l'attention: une usine hydro-électrique qui se fonde et qui permet la réalisation du tout-à-l'égout dans des conditions excellentes, grâce à laquelle va se développer cette électro-métallurgie dont il est si souvent parlé ici et à laquelle appartient l'avenir.
(*La Revue Minéralurgique*).

L'idée exposée dans la note précédente a été mise à profit en Allemagne, depuis quelque temps déjà, et, dans un de ses derniers numéros, le *Génie Civil* a donné, sous la signature de M. BIDAULT DES CHAUMES, une description de l'installation hydraulique exécutée dans ce but à Solingen (Prusse Rhénane).

« La région très industrielle et assez accidentée de la Prusse rhénane, où se pressent les villes de Remscheid, Solingen, Barmen, Elberfeld, etc., a longtemps été entravée dans son développement par l'insuffisance des quantités d'eau disponibles, soit pour l'alimentation, soit pour la force motrice, surtout pendant les périodes de sécheresse.

« Depuis un certain nombre d'années, la création de barrages-réservoirs importants a permis de tourner cette difficulté, en constituant, pendant la saison pluvieuse, des approvisionnements en eau suffisants pour traverser la période de sécheresse.

« La ville de Remscheid a bénéficié la première d'une installation de ce genre, et, depuis, on n'a pas construit moins de dix-sept barrages, emmagasinant ensemble 89 millions de mètres cubes d'eau, et représentant une dépense de 30 à 40 millions.

« La ville de Solingen, dont la population approche de 50 000 habitants, s'étant décidée, vers 1880, à créer une usine élévatoire desservant le centre de la ville tandis que les faubourgs s'alimentaient tant bien que mal au moyen de puits et de citernes.

« Cette usine refoulait, à une hauteur de 160 mètres, les eaux de la nappe souterraine de la vallée de la Wupper, et aussi celles d'un affluent de cette rivière, le Morsbach, préalablement filtrées.

« La consommation des habitants s'étant accrue jusqu'à une valeur moyenne de 2 300 mètres cubes par jour, l'usine devenait insuffisante. Un plan général de travaux neufs fut alors établi, en prenant pour base la possibilité d'avoir plus tard à fournir deux millions de mètres cubes par an. L'exemple des villes voisines de Remscheid, Lennep, Altena, Gevelsched, et autres, qui possédaient des barrages-réservoirs et dont l'état hygiénique était très satisfaisant, fit décider l'adoption de ce même système.

« A défaut d'une vallée voisine de la ville et placée à une altitude assez élevée pour que l'eau du réservoir parvint aux maisons par la seule gravité, on choisit la vallée du Sengbach, petit affluent de la Wupper, qui comporte, dans les conditions actuelles, un bassin hydrologique de 1 180 hectares.

« Le terrain appartient à la formation dévonienne moyenne; constitué par des schistes argileux ou cristallins, il présente une grande imperméabilité. Les coteaux sont boisés de faillis et tapissés de mousse.

« Ces circonstances, aussi bien que la rareté des habitations et la pureté, vérifiée par l'analyse chimique et bactériologique des eaux du Sengbach (le degré hydrotimétrique très faible et l'absence de fer les rendent très propres aux besoins des industries, chimiques ou autres), enfin, l'abondance des pluies qui assure au Sengbach un débit annuel de

8 millions de mètres cubes environ, ont fixé le choix des ingénieurs et c'est en mai 1898 que fut arrêté définitivement le programme à suivre.

« L'usine élévatrice et électrique de Solingen, située tout près de la Wupper, fonctionne dans des conditions particulières. En effet, un peu en amont, la rivière présente une boucle qui donne lieu à une différence de niveau d'environ 5 mètres ; le débit disponible varie de 12 à 5 mètres cubes par seconde. Cette énergie hydraulique, qui appartenait antérieurement à un particulier, a été utilisée pour le service de la ville : une prise d'eau sur la Wupper et un canal de dérivation aboutissant à l'usine ont permis d'actionner deux turbines à basse pression, tandis que l'eau amenée du réservoir supérieur par la conduite forcée fait mouvoir deux turbines à haute pression.

« En temps ordinaire, on utilise l'eau de la Wupper, et celle du réservoir n'est employée que pendant la période d'insuffisance, soit comme secours, soit seule. Cette combinaison a permis de n'employer aucune machine à vapeur dans l'installation.

« D'après l'expérience déjà acquise et les prévisions des besoins de la ville, la contenance du réservoir a été fixée à 3 millions de mètres cubes. Etant donnée cette capacité et l'altitude choisie pour le barrage, il se trouve que la ville, outre les 2 millions de mètres cubes emmagasinés dans le château d'eau, dispose encore annuellement d'une énergie de 2 millions de chevaux-heure, qui sont utilisés à la production de courant électrique, et, sous cette forme, plus de 1 500 000 chevaux-heure sont employés à l'éclairage et à la commande de moteurs dans les habitations ».

Le réservoir du Sengbach comporte deux barrages-réservoirs, ayant respectivement une capacité de 100 000 et de 3 millions de mètres cubes. La séparation des deux bassins permet de faciliter l'entretien, l'un ou l'autre de ces bassins pouvant être mis à sec et réparé sans interrompre le service des eaux. De plus, au moment des pluies, le réservoir inférieur, s'il était seul, recevrait des eaux chargées de matières en suspensions arrachées au sol ; avec un réservoir supérieur, au contraire, les impuretés se déposent dans ce premier bassin et les eaux qui passent en déversoir dans le second réservoir sont sensiblement pures.

Le barrage supérieur consiste en une digue en terre recouverte d'enrochements et renforcée par un noyau central en béton, de 1 m. 50 d'épaisseur moyenne, et encastrée dans le sol et dans les parois du ravin. Sa hauteur est de 10 mètres.

Le barrage inférieur, implanté suivant une voute de 150 ms de rayon, a 43 ms de hauteur, 38 ms de longueur au niveau du sol et 178 au couronnement ; l'épaisseur est de 36 m. 50 à la base et de 4 m. 50 au sommet.

Le niveau maximum de l'eau dans le réservoir supérieur atteint la cote 148 mètres, celle du barrage inférieur 147 mètres. La cote de la ville de Solingen est de 210 mètres et celle de son château d'eau de 259 mètres. Quand l'eau est empruntée au réservoir du Sengbach, elle possède une pression de 50 mètres et la pression effective du refoulement n'est plus que de 119 mètres. L'eau de la Wupper est refoulée à 168 mètres.

L'usine hydro-électrique est située sur les bords de la Wupper. Les dynamos génératrices du courant électrique, aussi bien que les pompes élévatoires, sont directement commandées par les arbres des turbines. Le rendement global des turbines et des pompes est de 56 pour 100.

Une première turbine à basse pression, actionnée par la chute de 3 m. 50 à 5 ms de la Wupper, a une puissance maximum de 450 chevaux, elle tourne à 60 tours et donne habituellement 300 chevaux.

Une deuxième turbine à basse pression de même puissance est double et tourne à 110 tours pour actionner un alternateur Brown-Boveri.

La première turbine à haute pression, alimentée par les réservoirs de Sengbach, est une turbine Girard, à admission partielle, calculée pour un débit de 600 litres à la seconde, sous une chute moyenne de 50 mètres ; elle développe 300 chevaux à la vitesse de 60 tours et actionne directement une pompe de refoulement.

La seconde turbine à haute pression est une turbine Francis à axe horizontal. Elle tourne à 750 tours et actionne un alternateur Brown-Boveri.

L'usine hydro-électrique étant éloignée de 6 kilomètres de Solingen produit du courant triphasé à 5 300 volts qui est ensuite abaissé à 220 volts. La distribution du courant électrique a été inaugurée le 1^{er} janvier 1903, après trois ans de travaux.

Nous pouvons encore citer, dans le même ordre d'idées, le projet d'utilisation des forces motrices du Lignon, qui a été signalé par *La Houille Blanche*, dans le numéro d'octobre 1904. On sait que ce projet consiste à dériver 800 litres d'eau par seconde pour l'alimentation de St-Etienne et, en plus, une moyenne de 2 500 litres par seconde pour la production de la force motrice dans la région.

LE DÉGEL DES CONDUITES D'EAU

par l'Electricité

Au commencement de 1889, le professeur R. Wood, de l'Université de Wisconsin, avait démontré, par des expériences et par deux applications pratiques, qu'un courant électrique pouvait facilement, en quelques minutes et sans danger, élever suffisamment la température d'un tuyau de prise d'eau pour faire cesser toute congélation intérieure. Pour cela, on reliait l'un des conducteurs du circuit d'éclairage au tuyau d'eau à sa sortie de la cave et l'autre près du branchement dans la rue ; en raison de la résistance, la température ne tardait pas à s'élever et devenait aussitôt suffisante pour que l'eau congelée redevînt liquide.

A cette époque, l'inventeur avait voulu, par ce dispositif, faciliter la tâche des pompiers américains, souvent rendue difficile pendant les rudes hivers ; il comptait simplifier l'opération toujours très longue et souvent inefficace du dégel des tuyaux de prise, car les statistiques démontraient que beaucoup d'incendies pendant les jours de grand froid n'avaient pu être arrêtés à temps par suite de la congélation des conduites ; en l'absence d'eau le feu régnait en maître. Ces dispositifs furent même appliqués et, d'après le *Scientific American*, le système du professeur Wood obtint un succès complet ; à deux reprises différentes, malgré une congélation totale, la température des tuyaux put atteindre 25° C. Au bout d'un quart d'heure, et par ce procédé original et simple, deux maisons furent sauvées des flammes qui menaçaient de les détruire.

Cependant, malgré les affirmations du *Scientific American*, pour une cause quelconque, le dispositif Wood ne fut guère adopté d'une manière suivie depuis cette époque, car M. Walter Petty déclare aujourd'hui dans *American Electrician* qu'à sa connaissance aucune application n'avait été faite de ce principe avant que M. Walter P. Schwobe, inspecteur en chef de la Compagnie du Gaz et de l'Electricité de Rutherford (New-Jersey), lui ait donné une forme pratique.

Au lieu d'être restreinte au cas accidentel des incendies, la méthode électrique de dégel des tuyaux d'eau est appliquée maintenant au service des particuliers pendant tous les rudes hivers qui règnent souvent si longtemps aux Etats-Unis ; il n'est pas rare que la terre soit gelée sur une profondeur de 0 m. 90 et que, par suite, tout le service des eaux puisse être interrompu pendant plusieurs jours.

M. Schwobe se sert, à cet effet, de deux transformateurs isolés à l'huile de 10 kws, abaissant la tension de 2 400 volts à 55 environ ; une résistance liquide permet de régler le courant primaire et un ampèremètre en indique l'intensité. Tout l'ensemble de ces appareils est installé dans un chariot traîné par un cheval, et une équipe de trois hommes dessert cette installation volante que l'on transporte ici ou là suivant les besoins. Les lignes de distribution étant aériennes à Rutherford, le travail de connexion est facile ; l'un des conducteurs, de 8 mm. de diamètre, est attaché au tuyau de distribution dans la cave de la maison, et l'autre près du branchement voisin. Le circuit est fermé sur le primaire au moyen du rhéostat liquide et, au bout d'une minute, la température commence à