

et P. C'est donc vers 30° et vers 130° du point inférieur A qu'il sera préférable de disposer des files longitudinales de rivets. Grâce à cette précaution, qui ne correspond à aucune sujétion nouvelle de construction, les sections ne seront plus sensiblement affaiblies en ces endroits, et les flexions y étant nulles, les rivures y seront plus facilement étanches. On voit de plus que la zone des plus grands moments se trouve dans le voisinage immédiat du point d'appui inférieur A et qu'elle ne s'étend guère de part et d'autre. Par contre, le moment au point A est près de trois fois plus grand que le moment maximum M, et il est égal exactement à trois fois le moment au point B.

Aussi, y a-t-il tout intérêt, dans la pratique, à appuyer les tuyaux sur une certaine zone, à leur partie inférieure, ce qui soulage la partie qui se trouve de beaucoup la plus fatiguée. C'est d'ailleurs ce que l'on fait, le plus généralement, pour les conduites de grand diamètre.

Enfin, l'on peut utiliser les courbes précédentes pour renforcer les parois d'une manière rationnelle, dans les régions des plus grandes fatigues, en superposant plusieurs épaisseurs de tôles. L'épure de répartition des fers serait analogue à celle qui donne les dispositions des plate-bandes dans les poutres droites à travées continues.

Mais l'on préférera, dans la pratique, conserver plutôt une épaisseur de tôles constante, et aussi faible que possible, et renforcer la paroi par des *armatures* s'opposant aux déformations. Les sections des armatures transversales se détermineront donc par une épure analogue, les valeurs des moments de flexion étant en outre proportionnelles à l'espacement de deux armatures transversales consécutives.

Entre deux armatures transversales, les tôles pourront être raidies par des armatures longitudinales calculées pour résister à la pression de la zone de paroi qu'elles supportent, leur portée étant égale à la distance des armatures transversales entre elles.

Il sera préférable d'avoir des armatures transversales assez rapprochées, et qui seront d'ailleurs plus simples à constituer. Une cornière extérieure y suffira le plus souvent. On se rapproche mieux ainsi des conditions théoriques d'établissement des formules, ce qui donne toute sécurité au point de vue de l'efficacité des armatures.

Dans tous ces calculs on peut employer des coefficients de travail élevés, il suffit de demeurer au-dessous de la limite d'élasticité, lorsque l'on ajoute au travail dû aux flexions celui qui est dû à la pression intérieure, car le travail total est inférieur à la somme des deux coefficients, ainsi que nous l'avons fait remarquer au commencement de cette étude, la pression diminuant les ovalisations, lorsque la conduite est en charge.

C. BIRAULT,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'USINE D'ÉNERGIE DES MOULINEAUX

Des essais actuellement en voie d'exécution font présager qu'à une époque relativement prochaine, on pourra doubler la portée du transport électrique de l'énergie, au grand bénéfice des régions de houille blanche. Cependant, après cette con-

quête, il n'en restera pas moins l'obligation de continuer à organiser avec la houille noire, pour les villes situées en dehors de cette zone élargie, des stations génératrices capables de satisfaire à des demandes élevées d'énergie électrique.

C'est pourquoi nous avons pensé qu'il ne serait pas déplacé ici d'attirer l'attention de nos lecteurs sur la très remarquable installation faite aux Moulinaux par les soins de la Société Westinghouse, pour satisfaire à de semblables besoins. Elle constitue, à notre avis, un exemple intéressant pour les ingénieurs.

Situation et But. — Cette usine est située sur la rive gauche de la Seine, au débouché du Val-Fleuri, en bordure sud du chemin d'Issy à Chaville, à proximité d'Issy et de Meudon, en pleine banlieue parisienne.

Son but est triple :

1° Fournir à la C^{ie} des Chemins de Fer de l'Ouest, l'énergie nécessaire à l'éclairage de ses gares et à la traction de ses trains sur la nouvelle ligne de Paris (Invalides), à Versailles. Cette ligne a 17 kilomètres de longueur, sa déclivité moyenne est de 0,05 ; elle traverse le territoire de Meudon par un tunnel de 3350^m de long, sous lequel il eût été extrêmement désavantageux d'employer des locomotives à feu, en supposant que leur emploi eût été possible par ailleurs.

2° Fournir au chemin de fer Métropolitain de Paris, une partie de l'énergie qui lui est nécessaire pour son exploitation.

3° Fournir l'énergie aux tramways de l'Ouest-Parisien.

Pour satisfaire à ces demandes, dont le total peut, à certaines heures, atteindre plus de 5000 kilowatts et qui n'admettent pas le moindre retard dans leur satisfaction, il était indispensable de créer un outillage des plus puissants et des plus sûrs.

Dispositions générales. — Le total de la superficie occupée par l'usine et ses dépendances est voisin d'un hectare, et, sur cette surface, la salle des machines compte pour 2200 mq. avec ses 110^m de long et ses 20^m de large.

Accolée à cette salle, couvrant une superficie de plus de 1400 mq. le long de la façade sud de la salle des machines, suivant sa plus grande dimension, se trouve la batterie des 27 chaudières.

Le charbon arrive directement sur wagon de la C^{ie} de l'Ouest et est déchargé dans des soutes spacieuses s'ouvrant en face de chaque foyer.

L'enlèvement et l'évacuation des cendres sont automatiques.

La largeur de la salle des machines a été déterminée de telle sorte, que les neuf groupes électrogènes étant placés les uns à côté des autres, un seul groupe, avec les dégagements qui lui sont nécessaires, occupe cette largeur.

Ces 9 groupes sont subdivisés en 3 séries de 3 et ces séries sont séparées entre elles chacune par deux excitatrices, ce qui porte à 4 le nombre de celles-ci.

Le tableau de distribution, surélevé, occupe au bout de la salle opposée à l'entrée, toute la paroi intérieure du pignon est.

Ces dispositions d'ensemble, à la fois simples et commodes, assurent la facilité, et, par suite, la régularité du service.

Entrons rapidement dans le détail des organes principaux.

Chaudières et Moteurs. — Les chaudières sont du type Meunier, de Lille, semi-tubulaires, à deux bouilleurs, timbrées à 12 kilogr. de pression par centimètre carré de surface de chauffe (235 mq. par chaudière).

Les machines à vapeur sont horizontales, font 80 tours par minute, mais, tout en pouvant marcher à condensation aussi bien qu'à échappement libre, et se régulariser par l'admission variable, sont de deux types différents :

a) Six sont à triple expansion à 4 cylindres, distribution Wheelock, construites par la maison Dujardin, de Lille, qui en avait fait figurer un spécimen à l'Exposition de 1900, où il fut remarqué. Ces machines ont leurs condenseurs dans le sous-sol.

b) Trois sont des Corliss, compound, de Garnier et Faure-Beaulieu, à 2 cylindres, avec leurs manivelles calées à 90° l'une

sur l'autre. Elles ont leurs condenseurs au niveau de la salle des machines.

L'encombrement de celles-ci est moindre que celui des machines de l'autre type.

« L'eau de condensation est amenée dans un bassin de « niveau constant par des pompes centrifuges qui la puisent « dans la Seine à laquelle elle fait retour par écoulement naturel. Chacune des pompes est actionnée par un moteur électrique à courant continu du type Westinghouse » (1).

Alternateurs et Excitatrices.— Il fallait produire l'énergie à haut voltage, en vue de son transport à des distances de plusieurs kilomètres. On a admis que le courant serait triphasé à 5000 volts et 25 périodes (voltage polygonal).

Les alternateurs destinés à cette production sont du type Westinghouse à champ tournant ; ils ont 18 pôles, leur puissance nominale est 800 kilowatts pour chacun. L'inducteur (champ) est claveté directement sur l'arbre de couche de la machine à vapeur. Leur montage est fait en étoile.

« L'induit repose sur de fortes glissières en fonte sur lesquelles il peut être déplacé à l'aide d'un engrenage et d'une vis sans fin ; de plus, il est coupé en deux, selon un plan diamétral horizontal » (1), disposition précieuse en présence d'un inducteur pesant 18 tonnes et d'un induit de 5^m environ de diamètre, qui en pèse 38. Grâce à cette organisation, on peut visiter ou réparer le bobinage sans rien avoir à démonter.

Les groupes excitateurs, au nombre de 4, comprennent chacun une machine à vapeur Westinghouse, à grande vitesse (290 tours par minute), actionnant directement une dynamo Westinghouse (engin type) de 125 kilowatts à 125 volts, dont l'induit est calé sur son arbre.

Un système de glissières, analogue à celui qui est employé pour les alternateurs, permet, par déplacement de la carcasse magnétique dans le sens du déplacement de l'axe de rotation, de visiter l'induit ou l'inducteur avec la plus grande facilité.

Ces groupes, outre l'excitation des alternateurs, servent à l'éclairage de l'usine et à la mise en mouvement des moteurs auxiliaires nécessaires aux manœuvres. Parmi ceux-ci, il convient de mentionner un petit moteur servant à faire démarrer l'inducteur de chaque alternateur lors de sa mise en marche, surtout s'il s'est arrêté au point mort de la manivelle de sa machine à vapeur. La place nous est malheureusement trop mesurée pour que nous puissions faire plus que signaler ce très intéressant appareil.

Tableau de distribution. — Le tableau, qui sert à la fois au contrôle de la marche des machines électriques, à leur couplage et à leur disjonction, est divisé en trois régions distinctes comprenant des panneaux indépendants d'alternateurs, d'excitatrices et de feeders.

Chacun de ces panneaux est, comme il est habituel, muni des appareils de mesure nécessaires, voltmètres, ampèremètres (un sur chaque phase), wattmètres, lampes de mise en phase, rhéostats d'excitation, etc.

Les interrupteurs destinés aux manœuvres assurent la rupture sur charbon d'une manière très efficace. L'appareil peut fonctionner soit automatiquement, soit à volonté par le jeu d'une came qu'on peut manœuvrer à la main. Ces coupe-circuit, isolés entre eux par de larges plaques de micanite et manœuvrés ainsi, présentent toute sécurité.

En outre, chaque panneau comporte un interrupteur du type « plongeur ». Les panneaux de feeders ont en plus un interrupteur dit « à temps différé », qui ne permet le passage d'une intensité déterminée que pendant un temps donné.

L'accrochage des alternateurs se fait selon la méthode habituelle.

••

Le caractère de cette installation, et c'est l'enseignement que nous désirons dégager du rapide coup d'œil que

(1) Extrait de la notice fournie par la Société Westinghouse au Congrès des Chemins de fer en 1900.

nous venons de jeter sur elle, est une très grande simplicité ; à tel point qu'après l'avoir examinée la solution semble si bien adaptée à la circonstance qu'on se prend presque à se demander comment on aurait pu en adopter une autre. C'est cette simplicité qui donne à l'exploitation la *sûreté* qui est son principal besoin.

Cependant, bien que les organisateurs fussent dans une situation relativement favorable, à proximité de l'eau, avec facilité de recevoir le combustible presque sans manutention, la solution ne laissait pas de présenter certaines difficultés d'ordre économique dues en partie à la cherté du terrain et à la nécessité de réunir les ressources nécessaires à une grande exploitation.

Ces difficultés ont été résolues avec élégance, ce qui permet de citer cette usine d'énergie (une des plus puissantes de France), comme un type à serrer d'aussi près que pourront le permettre les circonstances (1).

Commandant AUDEBRAND,
Ingénieur,
ancien Elève de l'École Polytechnique.

LA PROSPECTION DES MINES ET LEUR MISE EN VALEUR

Sous ce titre vient de paraître l'ouvrage le plus complet qu'il nous ait encore été donné de rencontrer sur pareille matière et nous pensons être agréable à nos lecteurs en en signalant les points principaux.

Il y a, en effet, un rapport très intime, plus intime même qu'il ne paraît au premier abord, entre l'utilisation de la *houille blanche* et la mise en valeur des mines.

Qui dit *Houille blanche* dit montagnes, torrents, phénomènes physiques témoins des grands bouleversements géologiques antérieurs, et c'est précisément au milieu de ce cadre que se meut le prospecteur de mines. De plus, les conditions économiques qui se font de plus en plus dures sont capitales pour l'ouverture d'une mine et le succès de celle-ci dépend maintenant, le plus souvent, aussi bien de sa richesse intrinsèque que des conditions extérieures de son exploitabilité.

Le progrès moderne a aiguillé, d'autre part, le travail des mines vers les engins mécaniques et l'une des premières préoccupations de l'ingénieur prospecteur, comme de celui qui a entre les mains un gisement minier est, dès qu'il s'est rendu compte de la valeur métallifère du gisement, de rechercher s'il n'aura pas à sa disposition l'énergie nécessaire pour faire arriver au jour ces richesses souterraines, pour les séparer de leur gangue, les rendre vendables et au besoin même les traiter.

C'est la période de mise en valeur de la mine qui précède l'exploitation proprement dite. Aussi, les contrats d'option ou d'achat de gisements miniers n'ont-ils de réelle valeur au point de vue des capitalistes, que s'ils comportent la possibilité d'une énergie motrice à bon marché. C'est presque le seul moyen (en tous cas c'est le plus important) de réduire le prix de revient.

Puis, lorsque vient la période intensive de travail, la production du gisement, c'est là qu'il y a lieu plus encore de s'assurer une énergie suffisante qui sera utilisée partout : éclairage des chantiers, perforation mécanique, transport de force, ateliers divers, commandes de pompe, roulage et, principalement, préparation mécanique des minerais.

A quoi, dans ces conditions, s'adresser sinon à la *houille blanche*.

On voit donc à quel degré existe la connexité entre ces deux sujets.

(1) Pour les détails qui n'ont pu trouver place ici nous renvoyons le lecteur au *Traité pratique de Traction électrique* de Barbillion et Griffiths.