ceux-là font œuvre nuisible. Qu'en cas de besoin, il y ait lieu de prendre sur cette réserve d'énergie utilisable et d'attaquer ce trésor de guerre, nous n'aurions garde de soutenir le contraire. Mais que l'on puisse impunément y puiser sans compter, c'est ce que nous contestons. A brûler en un an plus qu'il ne se reforme en un an, il y a, véritablement, *abus*. Et il y a abus encore, et abus singulièrement grave, à réduire, ou à détruire la faculté que garde la nature végétale de produire des transformations artificielles qui viennent compenser en partie les transformations naturelles. Là où la nature est bienfaisante, il faut l'aider, et non la contrarier ; et nulle part, elle n'est plus bienfaisante que là où il semble qu'elle fasse effort pour remonter le courant qui l'emporte vers la destruction de toute énergie utilisable. L'« abus » dans l'usage de la propriété de la terre, pourrait être défini, soit comme la provocation à de nouvelles transformations naturelles, s'ajoutant à celles qui se passeraient sans nous, soit comme la limitation du pouvoir que garde la nature de produire, en certains cas, des transformations artificielles.

Dans cette dernière partie de mon exposé, je n'hésite pas à reconnaître que je sors un peu du strict exposé scientifique, que j'énonce des idées qui me semblent dignes de méditation, mais qui ne s'imposent plus avec la même rigueur que le principe de dégradation lui-même. J'appelle toutefois l'attention sur la liaison qu'il y a, aussi bien dans l'ordre logique que dans l'ordre des faits, entre l'idée fautive d'un monde qui ne s'use pas, d'un monde où rien ne se dégrade, où, suivant la formule mensongère, « rien ne se perd », et la thèse qu'on peut, sans aucun souci de lointain avenir, faire du monde et des biens de la terre ce que l'on veut, qu'il n'y ait aucun danger à laisser à quiconque, sur sa propriété, le droit d'user et d'abuser.

On sait assez quels graves inconvénients ce laisser-faire a produits, comment le déboisement, pratiqué surtout en grand depuis la vente des biens nationaux, a ruiné notre navigation intérieure. Ces inconvénients, ces dangers, ce mal qui s'est fait et qui est devenu sensible en si peu de temps, — mal auquel la houille blanche a obligé à prendre garde, ce qui n'est pas le moindre service qu'elle ait rendu, — n'auraient-il pas plus tôt frappé les esprits, ne se seraient-ils pas imposés plus tôt à l'attention de quiconque réfléchit, si la vulgarisation courante, partielle et tronquée, de la « conservation de l'énergie » n'avait pas rendu longtemps les cerveaux réfractaires à l'idée que, dans le monde matériel, dans notre terre, quelque chose peut se perdre et s'user, et que, l'homme a, vis-à-vis du monde matériel, des devoirs en même temps que des droits ?

« C'est le droit d'user et d'abuser, écrivait Proudhon, en 1868, que le siècle s'efforce de retenir et avec lequel il ne peut plus vivre, qui produit de nos jours la désertion de la terre et la désolation sociale. La métaphysique de la propriété a déserté le sol français, découronné les montagnes, changé les rivières en torrents, empierré les vallées, le tout avec autorisation du gouvernement. Elle a rendu l'agriculture odieuse au paysan, plus odieuse encore la patrie : elle pousse à la dépopulation ». Cité par J. Reynardi *L'Arbre*, Clermont-Ferrand, Mont-Louis, 1904, p. 1966.

J'ai dit, ailleurs, comment la conception de la propriété que nous avons héritée du droit romain, en renchérissant sur le droit romain, nous a mis en état d'infériorité sur les peuples qui ont une conception moins absolue des droits de l'homme sur la nature. Mais je crois que cette conception romaine a largement bénéficié, en France, de la complicité d'une opinion maintenue, à l'égard de l'avenir du monde matériel, dans un optimisme béat par l'ignorance systématique de l'idée de dégradation et par la répétition à contre-sens de la formule : « rien ne se crée, rien ne se perd ».

A l'encontre de cette erreur, il nous semble particulièrement important de maintenir ou de rétablir ce qui est la vérité scientifique : pour cette raison, d'abord, qui pourrait

suffire, qu'elle est la vérité — et pour cette autre raison, que la vérité, ici, est particulièrement féconde.

Bernard BRUNHES,

Directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme.

Les grandes Centrales à vapeur et la distribution de l'électricité

Extrait d'une conférence faite par M. PALLIÈRE à la Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon

Il est actuellement essentiel que l'énergie soit produite en grande quantité et à bon marché, double considération qui détermine la puissance et les conditions d'installation des centrales modernes, qui doivent desservir des réseaux très étendus, mais souvent peu homogènes et très variés comme utilisation.

C'est par une situation appropriée, des groupes moteurs extrêmement puissants, et une automaticité complète des divers services, que l'on arrive aujourd'hui à produire le kilowatt-heure à 4, à 3 et même à 2, 5 centimes, tout frais compris.

La station centrale doit avoir un emplacement convenablement choisi permettant d'obtenir à peu de frais, et facilement, les combustibles qu'elle consomme en énorme quantité. Autant que le permettent les conditions locales, elle devra donc être située au voisinage d'un cours d'eau ou d'une voie ferrée, le cours d'eau lui fournissant en outre abondamment l'eau nécessaire à l'alimentation des chaudières et condenseurs. Ce sont ces considérations qui ont déterminé les emplacements des nouvelles centrales de la région parisienne : Saint-Denis (Sociétés d'électricité de Paris), Asnières (Triphasé), Moulineaux, Ivry et Vitry (Est parisien et Est Lumière). Des situations analogues sont occupées par les centrales des tramways Bruxellois (Cureghem), des tramways d'Anvers (Merxem-les-Anvers), de la Société d'électricité du pays de Liège (Sclessin), et de la plupart des colossales centrales américaines de New-York, Philadelphie, etc. C'est encore ainsi que sera placée la future usine de la Compagnie générale d'électricité, à Marseille, située au cap Pinède, à côté du port et de la ligne de l'Estaque-Joliette des chemins de fer P.-L.-M.

Il est, en effet, de la plus haute importance de recevoir le combustible dans les meilleures conditions possibles, et ne pas le grever d'un transbordement qui peut majorer son prix de 0,50 à 2 francs par tonne, sans compter les inévitables déchets qui en résultent. C'est là un point auquel jusqu'à ces dernières années on n'avait malheureusement apporté que trop peu d'attention.

La question en eau d'alimentation et de condensation mérite aussi un examen approfondi, pour ne pas avoir des eaux calcaires ou séléniteuses qui élèvent beaucoup les frais d'entretien des chaudières et donnent à ces dernières un mauvais rendement.

Toutes les usines modernes emploient des machines à surchauffe à multiples expansions, compound en général et d'une puissance de 1 000 à 10 000 chevaux.

A partir de 1 500 ou 2 000 HP, on emploie dans un assez grand nombre de cas la triple expansion, quelquefois la quadruple expansion. Cependant, on semble revenir un peu de ces expansions triples et quadruples qui conduisent à des appareils lourds et encombrants, sans présenter une grande supériorité économique sur le type compound simple. Ces machines sont le plus souvent du type hori-

zontal, tandem ou cross-compound, qui offre plus de commodités pour la surveillance ou l'entretien. Cependant, il faut citer la superbe usine du Métropolitain de Paris, quai de la Rapée, qui a des groupes compound verticaux de 2 000 et 3 000 HP; une des centrales de Berlin avec des machines verticales triple expansion de 3 600 HP, et plusieurs usines anglaises mues par des moteurs à vapeur du type Willans. A signaler aussi les centrales de New-York avec leurs colossales machines cross-compound de 10 000 HP, dont les deux cylindres, l'un horizontal, l'autre vertical, attaquent le même arbre.

L'encombrement de ces énormes machines, et le poids élevé de leurs divers organes, deviennent une véritable gêne pour les grosses centrales, situées dans des emplacements souvent réduits et où le terrain coûte cher. C'est ce qui a amené peu à peu à l'emploi des turbines à vapeur dont il est intéressant de dire quelques mots au point de vue production d'électricité.

La turbine horizontale occupe à peine le tiers de la place d'une machine horizontale de même puissance, et le type vertical ne prend même pas le cinquième de cet espace : toutefois, ce dernier type exige des sous-sols très importants pour le condenseur qui est bien plus encombrant que la turbine elle-même.

Les turbines, au point de vue électrique, conviennent surtout aux génératrices à courant alternatif. La dynamo à courant continu, avec son collecteur, devient délicate aux grandes vitesses atteintes par les turbines, et ce sont cependant ces grandes vitesses qui permettent d'installer des génératrices plus réduites et par suite moins coûteuses. Plusieurs turbines ont leur régulateur à commande électromécanique qui permet une auto-régulation à peu près parfaite.

Actuellement, deux types principaux de turbines se rencontrent dans les centrales : le type horizontal, genre Parsons et dérivés, qui est le plus ancien et qui a fait ses preuves depuis quatre ou cinq ans, et le type vertical qui nous vient d'Amérique et semble rivaliser heureusement avec le premier. Chaque type a ses avantages et ses inconvénients, le type vertical est mieux équilibré, mais reporte tout le poids de l'alternateur et de la turbine sur un pivot unique qui devient un organe délicat, et a le défaut d'augmenter la température de la génératrice électrique en plaçant l'appareil à vapeur exactement au-dessous d'elle.

Comme usine équipée avec turbines Parsons, on a l'usine de Saint-Denis dont nous parlerons plus loin. Comme type de l'usine à turbine Curtis, on peut citer les deux nouvelles centrales du New-York Central Hudson River Railroad qui vont fournir l'énergie aux lignes de la banlieue de New-York. L'usine de Yonkers, placée sur les lignes de la division de l'Hudson comprendra six turbo-générateurs de 5 000 kws à 11 000 volts et 50 périodes, et deux turbo-générateurs d'excitation de 150 kws. Les chaudières Babcock et Wilcox, au nombre de 24 sont chacune de 580 m² de surface de chauffe. La seconde usine, située à Port-Morris pour les lignes de la division de l'Hudson River est à peu près semblable (voir figure 1).

La machine à vapeur à piston ne semble pas cependant reculer devant ses nouveaux concurrents, et nous voyons aujourd'hui apparaître de nouveaux types plus ramassés, moins encombrants, à haute pression et à grande vitesse. Cet ensemble de turbine et machine moderne est présenté d'une façon très complète dans la récente installation à courant triphasé de la Nouvelle Compagnie Lyonnaise de

Tramways, où chaque espèce est représentée par une unité de 1 200 HP. Il y aura là une source d'intéressants essais comparatifs.

Dans les centrales électriques, la vapeur reste donc toujours au premier rang et n'a pas, en somme, été atteinte par un concurrent qui semblait redoutable : le moteur à explosion.

On a cru à un moment que le moteur à gaz pauvre allait supplanter dans les centrales le classique groupe à vapeur. Il n'en a rien été jusqu'à présent du moins. Si nous trouvons bien des groupes électrogènes à gaz de 1 000, 1 500 et même 2 000 et 2 500 HP, comme aux usines Cockerill à Seraing, c'est à peu près exclusivement près des hauts fourneaux qui leur fournissent le gaz gratuitement.

On a reconnu, en effet, que le moteur à gaz pauvre est souvent plus quinquex, moins souple et moins régulier que le moteur à vapeur; toutes sorte de combustibles ne conviennent pas aux gazogènes et l'on perd en partie dans le prix d'achat supérieur du combustible ce que l'on gagne en rendement.

Cependant, les Américains ont établi un assez grand nombre de centrales pour traction avec des moteurs à gaz pauvre de 500 à 1 500 HP, dans les régions où le combustible à gazogène se trouvait à des prix avantageux. Ces centrales semblent donner de bons résultats.

La nature du courant que produit les centrales est très variable : continu à 2 ou 3 fils, sous 110, 220, 550 ou 1 000 volts; monophasé, 50 périodes; triphasé, 25 ou 50 périodes et quelquefois du diphasé. Cette variété de courant provient de conditions locales et du but proposé.

En France, Paris offre tous les genres de courant : monophasé, diphasé, triphasé et continu. Chaque secteur a le sien propre.

Il en résulte un ensemble hétérogène qui complique singulièrement la question de réorganisation du régime de l'électricité à Paris.

Dans le reste de la France, on a presque partout du triphasé 50 volts, sauf dans la région du littoral méditerranéen où la périodicité n'est que de 25. Les installations en monophasé, en nombre très restreint, sont sans importance; le biphasé est encore plus rare.

L'Allemagne a la préférence aussi pour le triphasé 25 périodes.

En Angleterre, le monophasé est très en honneur pour la lumière et la force.

Enfin, les Etats-Unis adoptent généralement le triphasé à 25 périodes et le transforment dans des sous-stations à courant continu.

Le courant continu série ne se prête qu'au transport d'une énergie considérable à très longue distance; il est employé entre Saint-Maurice-Lausanne, Moutiers-Lyon et au val Travers.

La question du choix entre ces divers systèmes est assez difficile à résoudre. D'une façon générale, le courant qui semble actuellement le plus souple est le courant triphasé 50 périodes; il est, d'ailleurs, le plus répandu; il est peut-être utilisé pour la lumière à arc ou à incandescence, la force, et les sous-stations de transformation pour traction. Ce courant à 50 périodes exige des transformateurs et moteurs plus économiques et moins encombrants que ceux à faible périodicité.

Par contre, les 25 périodes permettent l'emploi facile de commutatrices pour la transformation en courant continu; c'est dans ce but que la Société d'Electricité de Paris a

admis la périodicité de 25 pour son usine de Saint-Denis, destinée en partie à fournir le courant au Métropolitain (1).

Il n'est pas sûr, d'ailleurs, que dans l'avenir on n'ait pas de profondes modifications à apporter dans le type usuel du courant ; le courant monophasé qui commence à être appliqué à la traction et donne déjà de bons résultats pour les moteurs fixes pourrait bien revenir en honneur.

Quel que soit le genre du courant adopté, le type des génératrices est aujourd'hui assez uniforme. Toutes les grosses unités sont du type volant avec inducteur tournant et induit fixe. Un volant auxiliaire est cependant assez souvent nécessaire pour augmenter le coefficient de régularité.

courant produit par les génératrices est l'organe le plus délicat et le plus complexe d'une grande centrale.

Actuellement, on a une tendance de plus en plus marquée à « aérer » ces tableaux, c'est-à-dire à isoler les appareils en leur donnant le plus possible de place et de jour.

Un tableau moderne a souvent trois ou quatre étages. L'étage supérieur comprend le tableau proprement dit, les appareils de mesure et de contrôle, interrupteurs et rhéostats, disposés sur des panneaux correspondant à chaque unité génératrice à courant alternatif, au courant continu et aux feeders de départs. Chaque groupe est nettement séparé : courant continu d'un côté, courant alternatif de

FIG. 1.

Coupe transversale de la Station Centrale du New-York Central & Hudson River Railroad à Port-Morris.

- A. Arrivée des charbons par voie d'eau.
- B. Poche de 1 tonne à chargement automatique amenant le charbon aux trémies des broyeurs (capacité 80 t. par heure).
- C. Arrivée des charbons par voie ferrée.
- D. Broyeur à charbon.
- E. Élévateur du charbon broyé dans les silos, mû par moteur triph. 220 v. 40 HP.
- F. Silos à charbon.

- G. Chambre de chauffe.
- H. Trémie des foyers mécaniques.
- I. 24 chaudières Babcock et Wilcox, de 580 m² de surface de chauffe : pression 13,4 kgs : surchauffe.
- J. Wagonnets de 1 tonne pour enlèvement des cendres.
- K. Transporteur élévateur des cendres, capacité 25 t. à l'heure.

- L. Trémie pour chargement des cendres.
- M. Salle des machines et pont roulant électrique de 50 t.
- N. Turbines Curtis de 5 000 kws, 11 000 v.
- O. Condenseurs à surface (1560 m²).
- P. Pompes des condenseurs.
- Q. Chambre de tuyauteries.
- R. Echappement libre.
- S. Galerie des tableaux de distribution.

Avec les turbines, on a des alternateurs entièrement fermés, ayant juste deux ouvertures nécessaires pour la ventilation qui doit être très énergique.

L'excitation à 120 ou 220 volts, ordinairement séparée, est fournie par un groupe moteur générateur servant en même temps à actionner les monte-charges, élévateurs, ponts roulants et autres appareils de la station et à fournir l'éclairage. Un groupe auxillaire à vapeur sert de secours.

Le tableau de distribution qui recueille et contrôle le

l'autre. Enfin le courant à basse tension existe seul à cet étage, mettant le personnel et les appareils délicats entièrement à l'abri d'une décharge intempestive de la haute tension. Aujourd'hui, on a une tendance marquée à donner à ces tableaux contenant les organes de manœuvre à basse tension la forme du pupitre, qui permet au chef électricien de voir l'ensemble de la salle des machines en même temps que ses appareils et favorise ainsi la surveillance et la bonne marche de l'usine.

L'étage au-dessous, à haute tension, comprend les transformateurs de voltage et d'intensité servant aux appareils du tableau. Le troisième étage, en descendant, com-

(1) Voir aussi *Le Bulletin de la Société Internationale des Electriciens*, n° de février 1906, et *La Houille Blanche*, n° d'avril 1906.

prend les interrupteurs à haute tension commandés à distance par des leviers ou servo-moteurs (électro-aimants ou petits moteurs). Enfin, le dernier étage est, d'ordinaire, réservé aux arrivées des câbles allant aux génératrices et aux départs de feeders.

L'ensemble de ces divers étages doit être absolument incombustible, le bois en est proscrit. Tous les appareils à haute tension et les conducteurs sont logés dans des cases en ciment armé où chaque phase a son conduit propre et chaque appareil son alvéole correspondante.

Le chef électricien préposé au tableau doit, de sa place, commander l'usine complète. Des boutons placés à sa portée, à côté des appareils de chaque génératrice, allument, pour chaque machine, des lampes ou signaux optiques colorés pour la transmission des ordres aux mécaniciens. D'autres lampes placées sur le tableau, à côté des boutons

centrale type, la nouvelle usine de la Société d'Electricité de Paris à Saint-Denis, qui a été mise en marche le 15 novembre dernier et qui est déjà, quoique inachevée, la plus importante centrale de France et sera, une fois terminée, une des plus grandes du monde.

Elle comprend actuellement quatre turbo-alternateurs Brown Boveri-Parsons de 6.000 kws. à 750 tours, donnant du triphasé à 10 500 volts, 25 périodes. L'usine est prévue pour six autres unités semblables qui, avec deux autres projetées, donneront un total de 72 000 kws., soit plus de 100.000 chevaux. Trois des nouvelles unités fourniront du biphasé 12 000 volts 42 périodes.

Le régulateur centrifuge, du système Tolle, actionné par l'arbre moteur au moyen d'une vis sans fin, actionne un petit piston servant de servo-moteur à la soupape équilibrée d'admission de vapeur : cette admission se fait par inter-

1. Pompes d'alimentation des chaudières.
2. Compteurs de l'eau de condensation.
3. Turbo-alternateurs de 6 000 kws construits ou en construction.
4. Turbo-alternateurs de 6 000 kws projetés.
5. Turbo-dynamo de 300 kws 230 volts courant continu.

6. Fosses des machines auxiliaires et pompes pour 4 turbo-alternateurs.
7. Fosse pour la turbo-dynamo de 300 kilowatts.
8. Groupes moteurs générateurs triphasé-continu.
9. Groupe convertisseur de 1 750 kws, triphasé, biphasé, continu.

10. Survolteur pour la batterie d'accumulateurs.
11. Pompes à air du condenseur.
12. Pompes de circulation du condenseur.
13. Chambre des galeries d'évacuation.
14. Chambre des galeries de prise d'eau.
15. Tableaux courant continu et tableaux des moteurs générateurs.
16. Tableaux des alternateurs et des feeders.

commandant les servo-moteurs des interrupteurs, avertissent du fonctionnement régulier de ces appareils.

Quelquefois, comme à la centrale des tramways bruxellois, le chef électricien peut régler de sa place la marche des machines à vapeur par un petit moteur électrique agissant sur le contre-poids des régulateurs.

C'est peut-être dans les tableaux où l'on a réalisé le plus de progrès de ces dernières années. Quelle différence entre le tableau moderne, large, net, aux conducteurs droits, rigides et reconnaissables à leur couleurs variées, avec ces tableaux datant presque d'hier, où l'enchevêtrement des câbles formait une perruque fantastique, où l'œil le plus habitué ne pouvait souvent arriver à se reconnaître !

Avant de terminer cette question des centrales, il est intéressant de dire quelques mots des installations d'une

mittences et le servo-moteur, donne une sensibilité très grande à l'appareil : on a une variation de 2 pour 100 environ sur le nombre de tours entre la marche à vide et la marche à pleine charge. L'échauffement des alternateurs à pleine charge est de 40 degrés environ.

La consommation de vapeur est de 6,7 à 6,8 kgs de vapeur par kilowatt à pleine charge, et de 8,25 kgs à demi-charge avec une pression de 12 kgs et une surchauffe de 300 degrés.

Chaque turbine comprend un condenseur à surface situé dans le sous-sol au dessous même de la turbine. On a par condenseur une pompe à air triplex, mue par un moteur de 50 HP, et une pompe rotative de circulation, à axe vertical, mue par un autre moteur de 120 HP.

Le courant continu, pour l'excitation et les divers services de l'usine, est fourni soit par une turbo-dynamo de 300 kws à 230 volts 2 700 tours, soit par deux groupes générateurs

de 375 HP, 230 volts 375 tours, mus par des moteurs générateurs triphasés synchrones à 10 000 volts. Une batterie de 1 350 ampères-heures avec survolteur et réducteur complète l'installation.

Pour permettre de réaliser la charge sur les génératrices triphasés ou diphasés, on a installé un groupe moteur générateur réversible de la Société Parisienne Electrique, comprenant deux alternateurs moteurs synchrones de 1 850 kws chacun, tournant à 500 tours par minute, l'un à courant triphasé 10 500 volts, l'autre à courant diphasé, 6 600 volts. Ce groupe comprend, en plus, à chaque extrémité, deux génératrices de 750 kws, courant continu à 550 volts, devant fournir le courant aux lignes de tramways de la région de Saint-Denis.

Les tableaux forment tout un côté de la salle; les tableaux courant alternatif comprennent deux grandes divisions: l'une pour les alternateurs, l'autre pour les feeders. L'étage supérieur comprend les pupitres de manœuvres divisés en deux rangées correspondant aux deux grandes divisions du tableau. Pour chaque alternateur on trouve un voltmètre de phase, deux lampes de phases, un ampèremètre 0-400 ampères, un voltmètre de 0 à 12 000 volts, un ampèremètre et un voltmètre d'excitation, un rhéostat d'excitation pouvant s'enclencher avec une barre générale de commande de ceux-ci, un interrupteur principal, un interrupteur des barres de charge; chacun de ces interrupteurs est mû par une commande, électrique ou mécanique à volonté, au moyen de deux petits interrupteurs. Enfin, on trouve un interrupteur d'excitation et un interrupteur de mise en phase.

Un tableau pupitre général comprend trois ampèremètres (un par phase), un voltmètre et un volant de commande des divers rhéostats d'excitation.

Chaque feeder possède un interrupteur principal et un interrupteur de barre de charge, avec leurs mécanismes de commande, un ampèremètre et un voltmètre.

Au même étage se trouvent encore les compteurs d'énergie électro-automatiques, à raison d'un par feeder.

L'ensemble des tableaux alternatifs comprennent quatre étages pour les rhéostats, interrupteurs haute tension

FIG. 3.

- A. Turbo-alternateurs de 6.000 kws.
- B. Régulateurs Tolle.
- C. Colonne portant les appareils de mesure électrique de chaque alternateur.
- D. Condenseurs à surface.
- E. Pompe rotative de circulation à axe vertical et son moteur courant continu de 120 HP.
- F. Pompe triplex à air et son moteur courant continu de 5 HP.
- G. Galeries d'arrivées d'eau de Seine.
- H. Galeries du départ de l'eau.

- I. Puits d'aspiration.
- J. Tableau à courant continu et tableau des groupes moteurs générateurs.
- K. Compartiment d'arrivée des câbles des alternateurs.
- L. Compartiment des interrupteurs principaux des alternateurs.
- M. Compartiment des interrupteurs des barres de charge des alternateurs.
- N. Compartiment des rhéostats d'excitation.

- O. Pupitre de manœuvre des alternateurs.
- P. Pupitre de manœuvre des feeders.
- Q. Compartiment des interrupteurs principaux des feeders.
- R. Compartiment des interrupteurs des barres de charge des feeders.
- S. Compartiment des limiteurs de tension des feeders.
- T. Compartiment de départ des feeders.
- X. Compteurs électriques.

et limiteurs de tension et, enfin, pour les arrivées de câbles et les départs de feeders.

En contre-bas, au niveau de la salle des machines, est le tableau à courant continu et celui des divers moteurs générateurs et du survolteur.

Située au bord de la Seine et destinée d'autre part à être reliée au chemin de fer du Nord à la Plaine Saint-Denis, l'usine a toutes facilités pour recevoir son combustible.

Un des points remarquables de l'usine est l'automatisme absolu de son fonctionnement au point de vue alimentation en combustible. Le charbon, pris sur la Seine dans des chalands par une grue électrique, passe successivement par trois transporteurs pour être emmagasiné dans quatre (et plus tard dix) énormes silos de 3 000 tonnes qui, au nombre d'un par turbine, peuvent assurer une réserve de combustible pendant vingt à trente jours. D'autres transporteurs le reprennent pour passer à des concasseurs, des bascules automatiques et aux trémies d'où il s'écoule d'une façon régulière sur les foyers mécaniques des 60 chaudières de 420 mètres carrés de surface de chauffe que possèdera l'usine. Chaque chaudière, du type Babcock et Wilcox, comprend en outre un surchauffeur et un économiseur placés au-dessus d'elle. Les mêmes transporteurs servant à amener le charbon sont utilisés aussi pour l'évacuation des cendres et mâchefers dans des soutes, et de là dans des tombereaux ou sur la Seine dans les chalands.

La main-d'œuvre est ainsi réduite au minimum : un homme suffit à surveiller le feu de douze chaudières, un autre à l'alimentation de vingt-quatre, grâce à des signaux optiques situés dans le compartiment des pompes d'alimentation et indiquant le niveau exact de chaque unité. Soixante-dix personnes, y compris la Direction, suffiront à assurer le service de l'usine complète, les équipes de jour et de nuit comprises.

Le transport de l'énergie électrique prend d'autant plus d'extension que les centrales augmentent d'importance. Augmenter l'importance d'une usine c'est augmenter son rayon d'action, car on ne peut songer à utiliser les milliers de chevaux produits dans un périmètre restreint. Aussi arrive-t-on à des tensions toujours plus élevées. De 3 000 volts on est monté à 10 000 volts pour les réseaux primaires urbains, et de 20 000 à 50 000 pour les grands transports de force.

En 1900, on voyait un câble de 30 000 volts, fait spécialement pour l'exposition, et aujourd'hui nous voyons employer industriellement à Lyon même des câbles à 50 000 volts pour le transport de Moûtiers.

Le problème des canalisations souterraines dans les villes se complique aussi de jour en jour : il devient difficile de se reconnaître dans les multiples câbles qui se croisent sous nos rues avec les conduites d'eau ou de gaz, et cet enchevêtrement n'est pas sans danger pour le bon fonctionnement des réseaux. Les Américains, là comme pour bien d'autres points, nous ont montré la voie à suivre et, suivant leur exemple, on commence à créer de véritables alvéoles en poterie de grès qui peuvent contenir jusqu'à 20 ou 40 câbles parallèles. De loin en loin les regards permettent de visiter et même de changer les câbles. Une fois les alvéoles placées, on n'a pas à craindre les coups de pioche des terrassiers ou les effondrements. Le câble est de plus placé ainsi dans un conduit bien isolé et peut être facilement retrouvé et réparé.

Au point de vue lignes aériennes, on arrive aujourd'hui couramment à 40 et 50 000 volts en Europe. Aux Etats-Unis on a atteint 70 000 (courant triphasé) avec des fils placés à 1 m. 20 les uns des autres.

Les isolateurs se font presque toujours en porcelaine. Le verre prend cependant une extension assez grande et semble offrir une meilleure résistance aux gelées et aux

variations de température : sa teinte sombre l'empêche de servir de cible aux gamins.

A noter aussi l'emploi de l'aluminium comme fil de ligne qui ne peut manquer de prendre un plus grand développement avec la hausse persistante du prix du cuivre et à l'avantage de la légèreté.

L'énergie électrique, que produisent actuellement en si grande abondance la houille blanche et la houille noire, trouve toujours de nombreuses et intéressantes applications, notamment dans la traction, la métallurgie et les usines.

Le développement de la traction électrique se continue régulièrement et l'Amérique reste toujours en avant, devançant de beaucoup les autres pays.

Jusqu'à ces dernières années, l'extraordinaire poussée des tramways aux Etats-Unis s'était limitée aux lignes urbaines et suburbaines ; mais depuis quelque temps, c'est sur les tramways interurbains que se concentre l'effort des Américains. Les lignes directes de 100, 200 et même 250 kilomètres sont actuellement courantes, et servent à relier entre elles des villes importantes concurremment avec les chemins de fer à vapeur.

Les vitesses obtenues atteignent normalement de 60 à 90 kilomètres à l'heure ; sur certaines lignes, on arrive même à plus de 100.

Les voies de ces « interurbains » sont sur plateforme séparée, à part les traversées des villes et leurs approches, où les voitures empruntent les voies des tramways urbains placés dans les rues. La ligne aérienne est montée sur des poteaux en bois de 10 mètres de hauteur moyenne, portant la console pour le fil de trolley, et, au-dessus, des lignes triphasées haute tension alimentant les sous-stations, ainsi que les feeders, les fils téléphoniques, etc.

Le matériel roulant, d'un type uniforme dans ses grandes lignes, se rapproche plutôt des voitures des Wagons-lits que de celles de nos tramways. Les véhicules ont 13 à 20 mètres de long, sont montés sur deux boggies à roues égales, portant 4 moteurs de 40 à 150 chevaux chacun.

Toutes les voitures sont à plateformes vestibulées et entièrement fermées ; les sièges de l'intérieur sont transversaux, à banquettes reversibles et recouverts d'imitation cuir.

Il y a deux compartiments pour les fumeurs et les non-fumeurs. Assez souvent, il y a en plus un lavabo avec water-closet et un petit compartiment pour les bagages à une des extrémités.

Les voitures sont presque toujours reversibles, allant dans les deux sens, et portent à leurs extrémités des chasse-corps comme les locomotives à vapeur américaines.

D'ailleurs, le matériel roulant des tramways américains urbains ou interurbains est toujours très bien étudié, répondant parfaitement aux besoins auxquels il est destiné. La largeur du gabarit, qui varie de 2,40 à 2,60 (sauf à New-York, où le gabarit du Metropolitan Street Ray Co est 2,25 et sur certaines lignes de Philadelphie), permet de construire des voitures confortables et de grande capacité. Les plateformes sont presque toujours protégées contre les intempéries et souvent très spacieuses, surtout dans les tramways urbains, où elles contiennent jusqu'à 20 personnes. Les portes et escaliers d'accès sont disposés de façon à éviter aux voyageurs de l'intérieur de traverser la plateforme qui a même dans plusieurs voitures, comme à Détroit et à Saint-Louis, une entrée séparée.

Les portes, à simple ou double battant, sont toujours la-

gement comprises pour permettre une montée et une descente rapides et faciles, condition essentielle d'une bonne exploitation.

Les glaces très hautes sont, d'ordinaire, en deux parties, celle du haut fixe ou rentrant dans le plafond, et celle du bas descendant dans le panneau. Dans certaines voitures « convertibles », tout l'ensemble peut être éclipsé dans le plafond, de même que le panneau plein du bas, ce qui permet une transformation instantanée de voiture fermée en voiture ouverte et réciproquement.

Il est à signaler que, depuis un an, il y a une tendance marquée à construire des voitures tout en acier et, par suite, incombustibles. L'accident du Métropolitain de Paris a poussé d'abord le « Subway » (Métropolitain souterrain) de New-York à mettre en circulation des voitures de ce type. Les avantages de ce mode de construction, solidité, rigidité et légèreté, ont conduit les autres Compagnies à suivre cet exemple, et, maintenant, beaucoup de Compagnies de Tramways et de Chemins de fer, le Métropolitain Street Railway Co, de New-York, et le New-York Central

FIG. 4. — Vue d'un groupe turbo-générateur Brown-Boveri-Parsons de 6 000 kilowatts.

En résumé, le modèle américain de tramway électrique semble réaliser l'idéal du genre, et il serait à souhaiter que nos constructeurs européens s'inspirassent un peu des dispositions qu'elles présentent, dispositions qui assurent le confortable et la commodité du voyageur, tout en facilitant les conditions d'exploitation.

Comme voitures de types spéciaux, on trouve un assez grand nombre de voitures-salons et privées, « parlor cars », luxueusement installés ; une compagnie exploite même des wagons-lits.

Railroad, par exemple, adoptent la voiture en acier. Les fréquents incendies qui se déclarent dans les dépôts américains sont aussi une des causes qui militent pour le développement de ce genre de construction.

Après plusieurs années qui furent une période d'essai, l'électricité semble aujourd'hui s'implanter d'une façon plus complète dans les mines, et l'on compte actuellement un certain nombre de sièges, avec une centrale électrique et des moteurs pour l'extraction et les divers services.

L'Exposition de Liège (1), assez complète à ce point de vue, nous a montré une série de plans et notices d'installations récemment exécutées.

Les charbonnages du Grand Hornu (Belgique) ont une centrale comprenant une unité de 2 680 HP (4 180 en surcharge), avec alternateur de 4.000 KVA sous 1 100 volts et 23,5 périodes. On a trois machines électriques d'extraction

mues par moteurs triphasés asynchrones donnant 600 et 800 HP au démarrage. On a en plus 1.100 HP répartis en divers moteurs : 2 ventilateurs de 200 HP chacun, pompe, triage, etc.

Les charbonnages Elisabeth, à Velaines-sur-Sambre (Belgique), possèdent une centrale triphasée de 700 KVA à 3.000 V. actionnant, par un groupe transformateur Ilgner, une machine d'extraction à courant continu de 300-400 HP

FIG. 5. — Voiture électrique à grande vitesse, tout en acier, du New-York Central & Hudson River Railroad. — Prise de courant par troisième rail (d'après *The Street Railway Journal*).

L'été, les voitures motrices ouvertes sont très en faveur. Saint-Louis a même des voitures sans toit, pour les excursions des soirs d'été (monlight car). Les trucks et moteurs sont amovibles et servent indifféremment pour les caisses du matériel d'hiver et celles du matériel d'été.

Des fourgons spéciaux font le transport des messageries (express cars). Enfin, les réseaux nord américains ont des chasse-neige électriques très puissants.

Toutes ces voitures sont généralement automotrices et les remorques restent peu employées.

(1) Voir *Bulletin de l'Industrie minière*, t. IV, 1905p. 1037 et 1127.

et les accessoires, ainsi qu'un transport de force. Une installation analogue se trouve aux charbonnages Espérance et Bonne Fortune, près Liège.

Les charbonnages du Hasard, près Liège, possèdent une centrale triphasée avec groupe transformateur en courant continu et groupe régulateur monté en série sur le circuit à courant continu, actionnant un moteur d'extraction de 180 HP.

En France, le charbonnage de Ligny-les-Aires (Nord) a une machine d'extraction de 500 HP actionnée par deux moteurs à 500 volts courant continu et survolteur dévolteur formant dynamo auxiliaire de démarrage.

Enfin, il faudrait citer un grand nombre de charbonnages allemands ; Zollern II (Gelsenkirchen), Preussen II (Harpener) les premiers en date, Scharnhorst, Dahlbusch, tous en Westphalie, Thierderhall (Brunswick) (extraction avec deux moteurs en série parallèle), Lubtheen, etc. La Gelsenkirchener Bergwerks A. G. a 11.900 HP électriques dans ses centrales, contre 21.340 à vapeur ; la Harpener Bergbau A. G. a 15.000 HP électriques contre 66.354 à vapeur (1). Ces chiffres donnent une idée de l'importance prise actuellement par l'électricité dans quelques mines allemandes.

L'emploi pour les pompes électriques se généralise de plus en plus avec des dynamos ou alternomoteurs donnant jusqu'à 150 et 250 HP à vitesse réduite et actionnant directement des pompes à pistons. On a essayé aussi avec succès des moteurs accouplés à des pompes rotatives pour grandes hauteurs, mais le rendement est un peu moins bon.

En France, nous avons encore bien à faire pour nous mettre au niveau des installations étrangères, et il est à souhaiter que, maintenant que des exemples nous ont ouvert la route en montrant les avantages et la sûreté de l'exploitation minière avec du matériel électrique, ces applications se développent pour nous remettre au niveau des pays voisins.

Dans la métallurgie, les progrès, pour être moins brillants, n'en sont pas moins fort sensibles. Le courant continu sert depuis plusieurs années à manœuvrer des ponts et grues de coulées, pouvant porter jusqu'à 100 tonnes. Le courant triphasé devient maintenant très intéressant pour permettre un transport plus commode de l'énergie et on ne craint plus de l'employer pour les manœuvres délicates d'une aciérie. On peut citer comme exemple type la belle installation électrique des Aciéries de Sambre-et-Moselle, à Montigny-sur-Sambre, et qui comprend exclusivement du courant triphasé 500 volts, 50 périodes, pour tous les appareils.

Dans les salles de laminage, c'est à l'électricité que l'on s'adresse pour la commande des multiples rouleaux, chargeurs, basculeurs, etc., que nécessitent les immenses installations modernes. Ces derniers temps même c'est l'électricité que l'on emploie dans plusieurs cas pour la commande des trains de laminoirs.

On a actuellement des machines électriques de laminoirs de 500 et 1.000 HP, en attendant qu'on arrive aux puissantes forces de 1.500 et 3 000 HP que la vapeur fournit aux trains des bloomings. Malgré les à-coups terribles qui se produisent dans le laminage, les quelques essais faits jusqu'à présent laissent espérer que l'électricité pourra trouver là encore une nouvelle voie pour se développer.

(1) Ces chiffres sont extraits de la notice publiée par le Syndicat Rhénan-Westphalien pour l'Exposition de Liège, en 1905.

On voit donc qu'actuellement, malgré l'extension considérable donnée à la « houille blanche » et aux transports de force qu'elle dessert, la « houille noire » continue à garder son rang comme productrice d'énergie électrique. Elle reste indiquée dans les régions de plaines où le charbon abonde, et où des industries nombreuses forment des débouchés assurés. Et l'on peut voir déjà houille blanche et houille noire s'unissant pour se prêter mutuel appui et distribuer partout, et à bas prix, l'énergie électrique indispensable à la maison comme à l'usine.

Antoine PALLIÈRE.

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Electrometallurgie du Nickel (*)

Fabrication électro-métallurgique du nickel. — Le traitement direct des minerais de nickel de la Nouvelle-Calédonie est peu avantageux, et il est préférable de traiter un produit de concentration, tel que l'oxyde ou le sulfate.

D'autre part, il est rationnel d'opérer la concentration sur place et le traitement électro-métallurgique en Europe. En effet, pour traiter en Europe des minerais bruts contenant généralement 20 pour 100 d'humidité et ne titrant sur le sec que 6 à 7 pour 100 de nickel, on transporte en pure perte un poids mort 16 à 20 fois plus considérable que celui du métal à en extraire. Le tableau suivant montre que la dépense supplémentaire correspondante est supérieure à la valeur intrinsèque du minerai.

FRAIS QUI GRÈVENT LE PRIX DE REVIENT DES MINERAIS BRUTS EXPORTÉS EN EUROPE

DETAIL DES DÉPENSES	TENEURS		
	Analyses sur minerai sec		
	6 %	7 %	8 %
Prix de l'unité de métal à Nouméa.	0 fr. 60	0 fr. 65	0 fr. 75
Tonnage de minerai brut à 20 pour 100 d'humidité pour une tonne de nickel affiné ... tonnes.	22	18,750	16,500
Prix d'achat sous palan à Nouméa.	fr. 633 60	fr. 682 50	fr. 792 »
Livraison, prise d'essai, analyses..	36 »	39 30	42 25
Frêt à 35 francs	770 »	656 25	557 50
Sacs : 22 par tonne à 0 fr 35..	169 40	144 40	127 05
Intérêts sur avances.....	21 »	23 »	25 »
Assurances.....	25 »	27 »	29 »
Frais de livraison en Europe..	34 »	32 »	32 25
Perte de route et imprévus..	34 »	32 »	32 25
PRIX TOTAL EN EUROPE....	1 723 »	1 636 45	1 657 30
Majoration par tonne de métal....	1 089 40	953 95	865 50

Si la concentration sur place est indispensable au point de vue économique, il est visible, au contraire, que l'on n'a pas grand intérêt à tenter à la Nouvelle-Calédonie la fabrication électrométallurgique. En effet, les chutes d'eau calédoniennes sont nombreuses, mais peu puissantes, difficiles à aménager et généralement éloignées des voies de communication ; enfin, la création d'usines hydro électriques à si grande distance de la métropole comporte une foule d'aléas que ne présentent pas les puissances hydrauliques d'Europe.

Au surplus, si l'on considère que le poids de l'oxyde ne surpasse que de 27 pour 100 celui du métal contenu, on voit que la majoration due au transport en Europe du concentré sous forme d'oxyde ne dépasse pas 25 francs par tonne de métal, chiffre bien inférieur à l'écart entre le prix des opérations électro-métallurgiques en Europe et en Nouvelle-Calédonie, où l'on devra impor-

(*) Communication faite au VI^e Congrès International de chimie appliquée tenu à Rome.