1° Ceux qui figurent au tableau annexé à l'ordonnance du 10 juillet 1835, en tenant compte des modifications apportées à ce tableau par les décrets postérieurs de classement et de déclassement ;

2° Ceux qui sont entrés dans le domaine public à la suite de l'exécution de travaux déclarés d'utilité publique ou d'actes de rachat.

Les cours d'eau, portions de cours d'eau et canaux ainsi définis ne pourront être distraits du domaine public qu'en vertu d'une loi.

Toutes actions ou reconnaissance de droits acquis sur les cours d'eau compris au paragraphe 1^{er} ci-dessus devront, à peine de forclusion, être introduites dans le délai d'un an à partir de la promulgation de la présente loi.

ART. 15. — Les redevances domaniales à imposer aux usines autorisées sont établies conformément à l'article 44 de la loi du 8 avril 1898 et aux règlements rendus ou à rendre en exécution de cet article. Ces règlements devront déterminer les conditions spéciales auxquelles seront fixées les redevances applicables aux usines établies sur les canaux du domaine public.

ART. 16. — Des règlements d'administration rendus sur le rapport du ministre des Travaux publics détermineront :

1° Le modèle du règlement d'eau pour les usines autorisées ;

2° Le texte du cahier des charges-type des usines concédées ;

3° La forme de l'instruction des projets et de leur approbation ;

4° Les formes des différentes enquêtes relatives à l'autorisation ou la concession des usines, à l'établissement des servitudes spéciales d'appui et de passage ;

5° L'organisation du contrôle des usines concédées, contrôle dont les frais sont à la charge des concessionnaires ;

6° Les conditions générales de mise en vente des excédents d'énergie et des résidus d'exploitation dans les cas prévus aux articles 5 et 12 ;

7° Et, en général, toutes les mesures nécessaires à l'application de la présente loi.

ART. 17. — Les dispositions de la présente loi ne s'appliquent pas aux usines ayant une existence légale.

ART. 18. — Sont abrogées toutes les dispositions de loi ou de règlement contraires à la présente loi.

LE LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS (Suite)

Dans *La Houille Blanche* de mai dernier, nous avons décrit les installations relatives aux essais hydrauliques effectués au Laboratoire d'Essais. Nous nous sommes particulièrement étendus sur cette partie de l'installation, parce que nous l'avons crue de nature à intéresser tout spécialement les lecteurs de *La Houille Blanche*. On a pu remarquer avec quel soin avait été faite la vérification et l'étalonnage des appareils de mesure, particulièrement en ce qui concerne les jaugeages des déversoirs. Ces expériences de tarage, ainsi que les essais de pompe, turbine et venturi, qui ont été exécutés par M. Boyer-Guillon, chef de la section des Machines, et MM. Auclair et Laedlein, assistants, ont été publiés avec de plus grands détails dans le *Bulletin n° 15 du Laboratoire d'Essais*, auquel nous renvoyons le lecteur désireux de trouver quelques détails complémentaires sur ces expériences.

Dans ce qui va suivre, il nous reste à nous occuper des appareils divers et des machines thermiques autres que celles à vapeur d'eau, c'est ce qui va faire l'objet du 3^e et dernier groupe de cette étude.

III. — GROUPE DES ESSAIS DES MÉCANISMES DIVERS ET DES MACHINES THERMIQUES AUTRES QUE CELLES A VAPEUR D'EAU

Ce troisième et dernier groupe de la Section des Machines est de beaucoup le plus important par les essais qui s'y font, et par les dimensions du local occupé. Il se trouve installé dans la moitié du grand hall central des nouveaux bâtiments du Laboratoire.

Cette salle, desservie sur toute sa longueur par un pont roulant de 5 tonnes, construit par la maison Sautter-Harlé, à 86 m. de longueur sur 8^m25 de largeur. La figure 27 donnera une idée générale des dimensions de cette salle quand nous aurons dit qu'elle n'en représente que le tiers environ. La moitié non représentée sur la figure 27 est occupée par une partie de la section des métaux.

Les canalisations d'eau, degaz et d'air comprimé courent le long des murs de cette salle, et de nombreuses prises de courant sont également installées à proximité des plate-formes de montage des machines.

Compresseur d'air. — Cette machine, qui occupe le fond du hall, sort des ateliers de Fives-Lille. C'est un compresseur vertical qui peut comprimer par heure, à 12 kgs par

FIG. 26. — Coupe verticale et élévation du compresseur d'air.

centimètre carré, 120 mètres cubes d'air pris à la pression atmosphérique. Il refoule cet air dans un réservoir de 3,5 mètres cubes, d'où partent les conduites qui vont alimenter les différents services du Laboratoire.

Ce compresseur (figure 26) comporte deux cylindres compoindés ; il est actionné par courroie, par l'intermédiaire d'une transmission mise en mouvement par un moteur électrique d'environ 25 kilowatts.

Un petit servo-moteur, en connexion avec le réservoir d'air comprimé, actionne ou arrête le compresseur en faisant passer la courroie motrice sur la poulie fixe ou la poulie folle, suivant la pression qui règne dans le réservoir.

Cette manœuvre se fait automatiquement à 11 kgs et 12 kgs de pression au réservoir, à la condition de laisser le moteur électrique en marche continue.

Disposition générale de la salle. — Cette salle comporte dans toute son étendue des fers à double T, assemblés deux à deux et scellés dans le béton, qui permettent l'installation des machines à essayer en un endroit quelconque du local. Une série de plate formes en bois ou en acier, sont disposées çà et là; chacune comporte dans son voisinage les prises de courant électrique, d'eau, de gaz et d'air comprimé. Des caniveaux d'évacuation à l'extérieur des eaux et des gaz brûlés sont également ménagés autour de ces plateformes. La figure 27 montre, installé sur l'une d'elles, un moteur de 20 chevaux, à 4 cylindres, sur lequel on exécute un essai de puissance et de consommation.

Le fonctionnement d'une courroie ordinaire répond aux formules suivantes^(*) :

$$T = t + F$$

$$\frac{T}{t} = e^{f \frac{s}{r}}$$

dans lesquelles: T est la tension du brin conducteur en kilogrammes, t la tension du brin conduit en kilogrammes, F l'effort tangentiel également exprimé en kilogrammes; f est le coefficient de frottement de la courroie sur la poulie, s la longueur de l'arc embrassé, exprimé

FIG. 27. — Vue générale de la salle des essais du 3^e groupe.
Au premier plan, essai d'un moteur à essence de 20 HP, accouplé à une dynamo-dynamométrique.

Un gros compteur à gaz de 150 becs est placé à poste fixe sur la conduite de gaz, et un compteur contrôleur de 100 becs, plus facilement transportable, peut s'installer en divers endroits de la salle d'essais.

Une fosse de montage occupe le centre du hall; elle mesure 3 m. de profondeur, 4^m50 de largeur et 5 m. de longueur. Elle est recouverte de poutres amovibles, pour la fixation des machines à essayer dont le poids peut atteindre 8 tonnes. Cette fosse est intérieurement revêtue d'un réseau complet de fers à double T pour le montage et la fixation des machines à essayer.

Enfin, sur la dernière plateforme en bois, sont disposées deux machines électriques qui nous servent à faire des essais d'appareils divers, par exemple de courroies ou de poulies spéciales dont nous allons dire un mot.

Méthode d'essai des courroies et poulies. — Les expériences auxquelles sont soumises les courroies et les poulies ont pour but de mesurer le coefficient d'adhérence de ces appareils.

en mètres, et compté sur la poulie où il est le plus petit, r le rayon de la poulie en mètres; enfin, e est la base des logarithmes népériens, et est égal à 2,71828.

S'il s'agit d'essayer une courroie, on mesurera son coefficient d'adhérence sur une poulie-type appartenant au Laboratoire, et convenablement préparée pour cet essai; s'il s'agit de caractériser une poulie, on l'essayera, au contraire, sur une courroie-type appartenant au Laboratoire. Les essais consisteront à déterminer le coefficient f pour des vitesses et des tensions différentes de la courroie.

Les essais que nous exécutons sur ce genre de machines sont de deux sortes: essais statiques et essais dynamiques.

1^o Essais statiques. — Pour exécuter ces essais, on place la courroie sur une poulie, et les deux brins sont attachés au sol à l'aide de tendeurs par l'intermédiaire des deux dynamomètres destinés à mesurer les tensions exercées sur cha-

(*) La méthode relative à ces essais a été étudiée par MM. BOYER-GUILLON, chef de section des Machines, et AUCLAIR, assistant.

cun des brins. On met la poulie très lentement en mouvement, et l'on note à la fois la différence de tension que l'on produit entre les deux brins et la tension de l'un d'eux. On renouvelle cette mesure pour une série de tensions initiales différentes. Ces mesures permettent de calculer le coefficient de frottement ou d'adhérence.

L'essai peut être fait sur des courroies de toutes sortes, et sur des poulies de rayons et de bombés très différents. En particulier, pour des courroies en cuir sur champ, il peut y avoir intérêt à mettre en évidence leur aptitude à adhérer sur les poulies très bombées, que l'on emploie quelquefois pour éviter d'avoir à régler les arbres d'une manière aussi rigoureuse.

2° Essais dynamiques. — L'essai précédent est susceptible d'une assez grande précision, mais il ne correspond pas tout à fait aux conditions de la pratique, aussi un autre dispositif a-t-il été adopté pour obvier à cette objection.

La courroie est montée sur les poulies de deux dynamos agissant, l'une comme moteur, la deuxième comme génératrice de courant. L'ensemble du système est mis en mouvement, un galet produit et mesure la tension du brin actif de la courroie; on note le couple moteur, la tension du brin actif de la courroie, le glissement en tours par minute. Ces éléments permettent de calculer le coefficient d'adhérence dans les conditions de glissement qui se présentent dans une installation industrielle.

Cet essai, bien qu'un peu moins précis que le précédent, a l'avantage de reproduire toutes les conditions de la marche de la courroie en atelier, sauf qu'il est un peu plus sévère au point de vue des arcs d'enroulement, par suite du dispositif de montage adopté.

Mesure de la vitesse et du débit des fluides. — Les mesures de la vitesse de l'air sont faites au Laboratoire avec le tube de Pitot-Darcy, qui donne une lecture directe de la pression dynamique du fluide.

La mesure de la pression h , fournie par cet appareil, étant une mesure absolue, la vitesse à laquelle elle correspond est déterminée par la formule :

$$V = \sqrt{2gh}$$

Cette méthode de mesure a été adoptée par nous pour le tarage des anémomètres et pour l'essai des ventilateurs.

Dans certains cas, les mesures de débits d'air se font aussi par écoulement à travers des orifices calibrés, sous charge constante, comme pour une véritable bêche hydraulique à orifices d'écoulement.

Essais des compresseurs d'air. — Ces essais se font, en général, en remplissant dans un temps donné un réservoir d'air d'une capacité connue, et en y maintenant une pression constante pendant un temps déterminé, en laissant l'air comprimé s'écouler à travers un orifice en mince paroi.

Essais des ventilateurs. — Nous faisons les essais des ventilateurs d'après deux méthodes différentes celle adoptée par la Marine Française, et celle du tube de Pitot-Darcy.

1° Méthode de la Marine Française. — Pour les réceptions de la Marine, le ventilateur est disposé de manière à refouler l'air dans une caisse formant réservoir de repos. Cette caisse est munie d'un orifice de sortie en mince paroi, dont on peut régler la grandeur au moyen d'une petite trappe. Dans le réservoir, parfaitement étanche, on établit une pression prévue au cahier des charges, et l'on mesure le débit du ventilateur par la formule :

$$Q = S \times 0,7 \times 396 \sqrt{\frac{h(1 + \alpha t)}{H + h}}$$

Dans laquelle : Q représente le débit en mètres cubes par seconde, S la section de l'orifice en mètres carrés, h la pression de refoulement en millimètres d'eau, mesurée en un point de la caisse où l'air est tranquille; α est le coefficient de dilatation de l'air, pris égal à 0,00367, t est la température de l'air en degrés centigrades pris à la sortie de l'orifice, et H la pression atmosphérique en millimètres d'eau.

La puissance utile est alors :

$$T_u = Q \times p$$

p étant la pression à l'intérieur du réservoir, exprimé en kgs par mètre carré.

Le rendement est :

$$\rho = \frac{T_u}{T_m}$$

T_m étant la puissance dépensée sur le ventilateur.

2° Méthode du tube de Pitot-Darcy. — La méthode de mesure ordinairement employée au Laboratoire est celle de la mesure du débit déterminé d'après la vitesse de l'air, cette dernière étant mesurée à l'aide du tube de Pitot-Darcy dont nous venons de parler. Cette méthode, spécialement étudiée par M. Boyer-Guillon, chef de la Section des Machines, et M. Auclair, assistant, découle des études si intéressantes faites par M. Rateau sur les ventilateurs, et publiée par lui dans le *Bulletin de l'Industrie Minérale*, année 1902.

Le ventilateur, muni à la sortie d'un ajutage convergent pour régulariser les vitesses, refoule directement dans l'atmosphère par une conduite dont le diamètre est connu, à l'extrémité de laquelle on fait les mesures de vitesses en présentant le tube de Pitot-Darcy à différents endroits de la section de sortie de la conduite du ventilateur, qu'on a, à cet effet, divisée en sections très nombreuses, de manière à mesurer la vitesse moyenne.

On prend les températures de l'air et la pression barométrique, de manière à faire les corrections de densité par la formule :

$$d_t = \frac{d_0}{1 + \alpha \theta} \frac{H}{760}$$

La vitesse V de l'air, en mètres par seconde, se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$V = \sqrt{2gh_{air}}$$

avec

$$h_{air} = h_{eau} \times \frac{1000}{d_{air}}$$

formule dans laquelle la pression h doit être exprimé en mètres d'air. Si on appelle S la section de l'orifice en mètres carrés, le volume Q , en mètres cubes par seconde, sera donné par $Q = S \times V$, et la puissance T_u , en kilogrammètres, fournie par le ventilateur sera :

$$T_u = \frac{dSV^3}{2g}$$

le rendement sera comme ci-dessus :

$$\rho = \frac{T_u}{T_m}$$

Dynamo-dynamométriques. — Parmi les appareils d'essais intéressants, soit pour la mesure de la puissance des

moteurs, soit pour fournir et mesurer la puissance dépensée pour actionner une machine quelconque, le Laboratoire possède quatre dynamo-dynamométriques de 7,5 kw., 15 kw., 30 kw., et 100 kilowatts.

Toutes ces machines comportent un dispositif particulier d'engrenages, réducteurs ou multiplicateurs, permettant de les adapter aux essais les plus variés. Toutes les quatre, bien qu'ayant été construites par des constructeurs différents, sont identiques comme dispositifs mécaniques, elles ne diffèrent que par la puissance; aussi ne décrivons-nous que l'une d'elle, celle de 30 kilowatts par exemple.

Dynamo-dynamométrique de 30 K W. — Cette dynamo-dynamométrique, d'une puissance de 30 k w, se compose. Nous allons montrer que les lectures fournies par cet appa-

FIG. 28. — Vue de face et élévation d'une dynamo-dynamométrique.

pose d'un induit tournant dans une cage mobile constituant les inducteurs. Un bras de levier, fixé sur cette cage, porte à son extrémité un plateau, où l'on met les poids destinés à mesurer la valeur du couple-moteur.

L'induit de la dynamo est constitué comme un induit ordinaire, son arbre-moteur passe dans des coussinets à billes faisant bloc avec la cage oscillante qui porte les inducteurs. Cette cage peut tourner autour de l'axe de l'arbre du moteur dans deux coussinets à billes portés, par deux chaises boulonnées sur le bâti général en fonte du moteur, comme le fléau d'une balance.

La cage oscillante comporte encore deux coussinets destinés à recevoir un arbre secondaire portant un train d'engrenages, réducteurs ou multiplicateurs suivant le cas. L'arbre de l'induit est alors coupé en deux parties, dont chacune porte les séries d'engrenages convenables pour correspondre aux trains variateurs que l'on ajoute à la machine (fig. 28).

Le but de cette adjonction est le suivant: pour que la dynamo puisse développer sa puissance entière, soit comme

génératrice, soit comme motrice, il faut que l'induit tourne à sa vitesse de régime (1500 tours par minute). Or, comme les machines à freiner, ou celles à actionner, peuvent tourner à des vitesses fort différentes, nous pouvons, en mettant le train d'engrenage voulu, approprier la vitesse de la machine à essayer à celle de notre dynamo-dynamométrique, de manière à utiliser cette dernière avec sa puissance entière.

Mesures effectuées. — Lectures correctes de l'appareil. — reil sont parfaitement correctes, quel que soit le cas de son emploi; comme génératrice de courant (frein électrique), ou comme moteur électrique (dynamomètre de transmission).

Schématiquement, l'appareil que nous venons de décrire se compose (fig. 29) de l'arbre de l'induit, qui tourne dans ses coussinets en engendrant un moment dû au frottement, que nous appelons f_i ; sur la carcasse de l'inducteur, il existe un moment f , égal et directement opposé. L'induit recevant le courant électrique tourne dans les inducteurs en s'appuyant sur eux magnétiquement, et par suite en les entraînant ou en les repoussant, suivant que la machine est motrice ou réceptrice, et, là encore, nous avons à considérer des moments m de sens opposés. Enfin, à l'extrémité du bras de levier de la cage des inducteurs, nous avons un moment P résultant des poids P placés dans le plateau pour équilibrer la rotation des inducteurs; appelons M le moment résultant du moteur à freiner ou à actionner.

On pourrait aussi parler du frottement des autres paliers, des balais, etc, mais nous admettons que le moment f dont nous avons parlé ci-dessus tient compte de tous ces frottements. On pourrait également raisonner de même pour les engrenages variateurs. Seule, la résistance que l'air oppose à la rotation de l'induit se trouve équilibrée par les poids du plateau, et vient fausser légèrement la mesure de

FIG. 29 — Schéma de la dynamo-dynamométrique (*).
a induit et son arbre. — b inducteur et ses paliers portant l'induit.

la puissance indiquée par l'appareil; mais cette quantité est si faible qu'elle est négligeable, au moins pour les petites vitesses de l'induit. On peut du reste en tenir compte, comme nous le verrons plus loin, par le tarage de la dynamo-dynamométrique. On introduit alors dans les lectures fournies par l'appareil un terme correctif relatif à la résistance de l'air.

Dans ces conditions, lorsque la dynamo-dynamométrique fonctionne comme moteur, l'équation d'équilibre de l'induit peut s'écrire :

(*) Les traits pointillés courts correspondent à l'appareil fonctionnant comme moteur, et les traits pointillés allongés à la machine fonctionnant comme génératrice.

$$M + f_I - m_I = 0 (*)$$

et celle de l'inducteur :

$$P + m' - f_i = 0$$

additionnant membre à membre, on a :

$$-M = P$$

Ce qui signifie que le moment à l'extrémité du bras de levier est bien la mesure du moment résistant de la machine en essai.

Dans le cas où l'appareil fonctionne comme frein (dynamo génératrice), les équations ci-dessus doivent s'écrire :

$$M - f_I - m_I = 0$$

$$-P + f_i + m_i = 0$$

et, en les additionnant, on a bien encore $M = P$.

En effet, dans ce cas, l'induit tourne en sens opposé, donc f change de signe, tandis que P , M et m restent de même signe (voir figure 29).

On peut mettre cette démonstration en évidence par le raisonnement suivant :

Dans le cas où la dynamo-dynamométrique fonctionne comme génératrice de courant, les frottements f tendent à entraîner l'inducteur dans le même sens que l'induit, et à relever l'extrémité du bras de levier de l'appareil, une partie des poids portés par le plateau correspond donc à la mesure de ces frottements. Les poids totaux mesurent ainsi la puissance fournie sur l'arbre de la dynamo-dynamométrique, et c'est bien ce qu'il faut dans ce cas.

Si la dynamo-dynamométrique fonctionne comme moteur, l'induit tourne en sens inverse, mais il ne tend plus alors à entraîner les inducteurs. Au contraire, il les repousse en s'appuyant sur eux; en conséquence, les frottements tendent à abaisser le bras de levier de la machine. Il semblerait donc que ce fait devrait se traduire par un manque de poids dans la plateau du bras de levier; il n'en est rien, comme on va le voir, si l'on veut bien réfléchir à ce qui se passe dans le moteur électrique : comme la machine fonctionne en moteur, à cause de ces frottements, et pour les vaincre, la quantité de courant qui passe dans l'induit s'accroît d'une quantité précisément égale à leur valeur : or, cette quantité de courant réagit en repoussant les inducteurs, c'est-à-dire en relevant le bras de levier exactement de la même quantité qu'il était abaissé par ces frottements. Il y a donc équilibre, et la mesure du moment P correspond bien à celle du moment M , et à elle seulement. Autrement dit, la puissance mesurée est exactement celle dépensée à actionner la machine en essai.

Dans le cas où la dynamo-dynamométrique fonctionne avec ses engrenages réducteurs ou multiplicateurs, le même raisonnement peut s'appliquer, et il montre encore que l'on a bien $P = M$, et que l'adjonction des organes variateurs de vitesse ne change en rien la qualité des mesures effectuées avec l'appareil. La seule précaution à prendre dans ce cas, pour calculer la puissance fournie ou absorbée, est de prendre comme vitesse, non pas celle de l'induit, mais celle de la machine en essai.

En raisonnant d'une manière plus générale, on peut encore dire que : Dans le cas où la dynamo-dynamométrique fonctionne avec ou sans ses engrenages variateurs, son ensemble peut se considérer comme formant un sys-

tème matériel en mouvement, qui ne renferme que des corps de révolution tournant autour d'axes parallèles avec une vitesse angulaire constante, *puisque dans un tel système l'ensemble des forces extérieures et des forces élémentaires d'inertie forment un système en équilibre, et que dans notre cas particulier les forces d'inertie se font équilibre*, il faut qu'il en soit de même des forces extérieures agissant sur ce système; donc on a encore dans ce cas : $P = M$ (*).

Pertes dues au frottement de l'air sur l'induit. — Nous avons dit plus haut que les pertes dues au frottement de l'air sur l'induit n'étaient pas comprises dans les indications du frein dynamo-dynamométrique. Il importe donc d'examiner l'ordre de grandeur de ces pertes, et l'erreur que l'on fait en les négligeant.

FIG. 30. — Courbe A.

Nous savons qu'en faisant tourner à vide une dynamo à excitation séparée, la puissance électrique fournie aux bornes représente les pertes magnétiques, hystérésis et courant de Foucault (l'effet Joule dans l'induit est négligeable), et les pertes mécaniques par frottement ordinaire et par frottement de l'air.

Il est possible de séparer les pertes mécaniques des pertes électriques en opérant de la manière suivante :

Si l'on porte en abscisses les ampères d'excitation, et en ordonnées les watts, en faisant varier successivement l'induction, tout en maintenant la vitesse constante, on obtient une courbe A (fig. 30) qui, prolongée par extrapolation jusqu'à l'origine, donne la valeur OP des pertes mécaniques seules pour ce régime de vitesse.

En répétant cet essai pour une série de vitesses différentes, on obtient la courbe B des pertes mécaniques (fig. 31). Par le calcul, on trace la droite C des pertes par frottement mécaniques des paliers, balais, frottement des tourillons :

Poids de l'induit..... $P' = 200^k$.
Coefficient de frottement des paliers (à billes) $f = 0,002$
Diamètre des tourillons (induit)..... $d = 60^{\text{mm}}$

$$T_f = \frac{\pi n}{60} d \times P f = 0,00126 n$$

Les frottements sur les balais sont calculés de même (6 balais de 20×20 mm.; collecteur de 300 mm. de diamètre; pression 100 gr. par cm^2 ; $f = 0,3$).

La somme de ces frottements donne $T_f = 0,012566 n$ (droite C), n étant la vitesse angulaire en tours par minute.

Par différence, on obtient la courbe D due aux frottements de l'air, soit environ 1 pour 100 de perte pour 26 HP, à 1200 tours.

(*) Les indices I ou i indiquent simplement que les moments f et m sont appliqués à l'induit ou aux inducteurs.

(*) Voir *Bulletin du Laboratoire d'Essais* n° 7, p. 26 et suivants, Remarques sur la dynamo-dynamométrique Panhard et Levassor par M. AUCLAIR, assistant.

Approximation des mesures faites avec cette machine. — La formule de la puissance est :

$$(HP) = \varphi P l n \quad (1)$$

dans laquelle (HP) désigne la puissance en chevaux, φ une constante numérique égale à 0,001396, P la charge en kilos portée par le plateau, l la longueur en mètres du bras de levier du frein, et n le nombre de tours faits par la machine en une minute.

FIG. 31. — Courbes B, C, et D

L'erreur relative que l'on peut faire dans une mesure est petite par rapport à la quantité à mesurer, donc on peut la considérer comme la différentielle de cette quantité, et poser, en différentiant (1).

$$d(HP) = \varphi l n dP + \varphi P n dl + \varphi P l dn \quad (2)$$

l'erreur relative s'obtient en divisant (2) par (1).

$$\frac{d(HP)}{(HP)} = \frac{dP}{P} + \frac{dl}{l} + \frac{dn}{n}$$

Donc l'erreur relative commise sur la puissance sera la somme des erreurs relatives des différentes mesures.

Si nous prenons un exemple dans lequel :

$$P = 16^k, \quad n = 1200 \text{ tours}, \quad l = 1 \text{ mètre}$$

La puissance observée sera :

$$(HP) = 0,0014 \times 16 \times 1 \times 1200 = 26,88 \text{ HP}$$

La lecture de la vitesse, faite sur une minute, au compte tour muni d'un compte seconde à embrayage automatique, peut facilement se faire à deux tours près (et avec plus de précision si on opère à régime très constant, en comptant les tours au compteur totalisateur), alors :

$$\frac{dn}{n} = \frac{2}{1200} = \frac{1}{600}$$

La longueur du bras de levier, qui est de 1 mètre, a été déterminée à moins de 1 millimètre près.

$$\frac{dl}{l} = \frac{1}{1000}$$

L'erreur que l'on peut faire sur la détermination de P dépend de la sensibilité de la suspension du frein. On la

mesure expérimentalement à vide, et au repos, en plaçant des poids sur le plateau, la sensibilité en marche est certainement supérieure. Dans nos essais, nous avons trouvé environ 50 gr., auxquels il faut ajouter 20 gr. correspondant à la limite des poids minimums employés en essais industriels, ce qui fait : $dP = 75$ grammes,

Donc :

$$\frac{dP}{P} = \frac{75}{16000}$$

et

$$\frac{d(HP)}{(HP)} = \frac{1}{600} + \frac{1}{1000} + \frac{75}{16000} = 0,0074$$

On a donc la mesure à moins de 1 pour 100 près.

Essais des Carburateurs et des Carburants. — **Groupe électrogène De Dion et Bouton.** — Un moteur De Dion, vertical monocylindrique, de 84 mm. d'alésage, et de 90 mm. de course, faisant 4 5 HP, à 1800 tours, accouplé à une dynamo, est disposé pour faire des essais comparatifs d'essences spéciales ou d'alcool, ainsi que pour les études de carburation. Ce groupe (figure 32) a été réglé et

FIG. 32. — Vue du groupe électrogène de DION-BOURON.

étudié avec soin, au point de vue de la puissance et de la consommation, avec une essence type, « la Stelline », sur son carburateur type. La canalisation raccordant le carburateur au moteur comporte un robinet à deux voies, permettant de faire fonctionner le groupe, soit avec son carburateur, soit avec le carburateur en essai, monté sur l'autre branchement de la canalisation.

Groupe électrogène Panhard et Levassor. — Ce groupe électrogène, d'une puissance de 15 chevaux, est destiné, comme le précédent, aux essais comparatifs de carburants et à ceux de carburateurs. Il se compose d'un moteur Panhard et Levassor, à 4 cylindres verticaux de 130 mm. de course et 91 mm. d'alésage, tournant à 850 tours par minute, à allumage par magnéto à haute tension et bougies, et actionnant à accouplement direct, par un double cardan, une génératrice de 11 kilowatts.

Ce moteur est disposé pour prendre les mesures des températures de l'air secondaire admis au carburateur, ainsi que celle des gaz carburés aspirés par le moteur. Les températures et le volume de l'eau de réfrigération sont également relevés, les températures des gaz brûlés sont enregistrées à l'aide d'un couple thermo-électrique; les consommations des combustibles expérimentés sont mesurées, soit en

réservoirs jaugés, ou par pesées, ou en consommations instantanées lues sur un compteur spécial d'essence, basé sur le principe de la perte de charge éprouvée par un liquide coulant à travers un orifice d'étranglement.

Grand moteur horizontal fixe de 20 HP. — Ce moteur, monocylindrique et horizontal, est également un moteur d'expérience servant à l'étude des carburants et des carburateurs; ses dimensions caractéristiques sont les suivantes :

Course du piston (*)	390 mm.
Alésage	260 mm.
Nombre de tours par minute	200 mm.

Il peut fonctionner indifféremment au gaz de ville, au pétrole, à l'essence, à l'alcool, à l'alcool carburé, et enfin au gaz pauvre, en utilisant un gazogène que nous décrirons plus loin.

Bien entendu, pour que ce moteur fonctionne convenablement avec ces différents combustibles, il est indispensable de modifier sa compression; cette opération se fait aisément en changeant la longueur de la bielle, au moyen de cales interposées entre le pied de la bielle et son coussinet. La distribution, et dans certains cas le mode de régulation lui-même, sont également modifiés pour l'utilisation de certains combustibles.

Pour les combustibles gazeux, la régulation se fait en agissant sur la levée de la soupape d'admission, et partant sur la quantité de mélange explosif admis; pour certains combustibles liquides, la régulation se fait par le tout ou rien.

Ce moteur est disposé pour la mesure des combustibles, et il comporte un frein de Prony à circulation d'eau, pour absorber la puissance qu'il fournit. Il peut développer de 17 à 28 chevaux, suivant les combustibles employés.

Gazogène. — A l'extérieur de la salle des moteurs thermiques, et près du moteur précédent, est installé un gazogène d'une puissance correspondante à celle du moteur. Dans l'étude de cet appareil, son constructeur s'est attaché à maintenir une haute température au centre de la cuve, de manière à se mettre autant que possible à l'abri de la formation des goudrons, nuisibles au bon fonctionnement des moteurs.

Cet appareil se compose essentiellement d'une cuve, légèrement évasée de bas en haut, depuis l'endroit où l'on introduit l'air et où se forme la zone de combustion. Le reste de la cuve, à peu près cylindrique, et construit en parois réfractaires, est très légèrement évasé vers le bas, où le charbon repose sur une grille ordinaire. L'air arrive par une tuyère centrale dans l'axe de la cuve; la combustion est renversée. Dans le voisinage de la grille, la température n'est pas très élevée; les cendres, après avoir glissé sur la grille inclinée, aboutissent à un joint hydraulique par lequel on les retire facilement. L'air, avant d'entrer dans la tuyère centrale, traverse un récupérateur formé de deux cylindres concentriques, l'un parcouru par les gaz chauds sortant de la cuve du gazogène, et l'autre (le plus grand) par l'air à réchauffer.

On fait arriver un léger filet d'eau dans la partie inférieure du récupérateur, de manière à mélanger un peu de vapeur d'eau à l'air frais.

(*) La compression est variable suivant les combustibles employés. La variation est obtenue en faisant varier la longueur de la bielle, dont la longueur maxima est de 1^m070 et la longueur minima de 0^m967.

Comme il faut, en outre, un corps à transformer, qui produise une réaction endothermique pour absorber une partie de la chaleur formée par la combustion incomplète du carbone, on fait pénétrer, avec l'air frais, une partie des gaz brûlés provenant de l'échappement du moteur.

Le gaz produit, aspiré par un ventilateur, traverse d'abord le scrubber, puis le ventilateur, servant d'épurateur à force centrifuge; il est ensuite refoulé dans un gazomètre, dans lequel le moteur l'aspire.

Vérification et tarage des indicateurs de Watt, des manomètres, des appareils tachymètres, compte-tours, etc. — Le Laboratoire s'occupe également du tarage des ressorts d'indicateurs dynamométriques de Watt, soit à froid, soit à chaud, ainsi que de la vérification des manomètres par comparaison avec des étalons souvent contrôlés par les soins de la section de physique. Il exécute également les essais des tachymètres et compteurs de tours, ou tous autres appareils de mesure pour essais mécaniques.

(A suivre).

BOYER-GUILLON,
Ingénieur civil des Mines,
Chef de la section des essais de machines au Laboratoire
d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.

LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES

pour la traction des trains de marchandises et des trains à grande vitesse

Communication faite le 7 août 1908, au Congrès de Clermont-Ferrand de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. de MARCHENA, ingénieur en chef de la Compagnie Française Thomson-Houston.

L'idée de l'électrification des grands réseaux de chemins de fer a fait dans ces deux ou trois dernières années de très grands progrès aussi bien en Europe qu'en Amérique, et maintenant la possibilité de cette électrification apparaît comme plus prochaine que ses optimistes partisans ne l'eussent cru il y a peu de temps encore.

Ces progrès sont dus aussi bien aux nouvelles possibilités qu'ont ouvertes les inventions et les progrès effectués par l'électricité dans ces dernières années, qu'aux résultats, très bons dans leur ensemble, qu'ont donné les expériences de traction électrique déjà faites à l'heure actuelle avec les procédés déjà connus. Ces résultats ont presque toujours été des satisfaisants, et ont dépassé les espérances qui avaient été conçues.

Nous pouvons ajouter aussi qu'à l'époque actuelle les ingénieurs-électriciens sont beaucoup plus familiarisés avec les règles, les exigences et les besoins de l'exploitation des chemins de fer, et que, de leur côté, les ingénieurs de chemins de fer se rendent un compte plus exact des possibilités qui leur sont offertes par l'électricité. Il n'y a donc plus à l'heure actuelle entre les deux éléments fondamentaux du problème à résoudre la séparation qui existait avant. Ce problème est maintenant bien connu des deux côtés, condition essentielle pour son heureuse solution.

Dans certains pays tels que : la Suède, la Suisse, l'Allemagne et l'Italie, les études et les projets de transformation sur une grande échelle de réseaux entiers de chemins de fer sont très activement poussés, et peuvent être considérés comme presque entrés dans la période d'exécution.

Le moment paraît venu, en étudiant les questions de traction électrique, non point d'examiner, comme cela a été fait jusqu'à présent, les cas particuliers, c'est-à-dire de se borner à étudier pour chaque ligne ou tronçon, dont l'électrification est