voit que le conducteur en ce dernier métal, bien qu'un peu plus gros, sera encore plus de deux fois plus léger qu'un câble de même force en cuivre ; en outre, il aura l'avantage de présenter une plus grande surface de refroidissement.

L'alumanium est également de plus en plus utilisé pour les barres collectrices et connexions postérieures des tableaux de distribution, dont le poids moindre permet alors d'employer des supports et des bâtis plus légers, ce qui réduit encore les frais d'établissement.

L'aluminium convient également à la fabrication des boulons, porte-lampes, etc., à la partie antérieure des tableaux ; l'effet en est très heureux sur une plaque de marbre sombre.

Les conducteurs en aluminium sont réunis d'après différents procédés, selon les conditions dans lesquelles ils sont appelés à être utilisés. Les fils de petit diamètre comme ceux servant à la fabrication des câbles sont soudés bout à bout, soit à la lampe ordinaire à souder, soit à l'électricité, comme les fils de cuivre.

Pour souder les câbles à torons non isolés, on coule ordinairement de l'aluminium fondu dans un moule en forme de cigare, à l'intérieur duquel se réunissent les deux extrémités du conducteur ; mais lorsque le câble est destiné à être soumis à une haute tension, on peut avoir recours à un joint mécanique resserrant les deux extrémités du conducteur au moment où s'exerce une forte traction, et, par suite, assurant le parfait contact Quant aux câbles souterrains isolés, il n'est pas toujours possible de les souder à chaud, en raison de l'espace restreint dans lequel ils sont contenus ; on peut, dans ce cas, utiliser un joint mécanique, ou bien faire une soudure protégée contre les influences atmosphériques. La méthode la plus simple consiste alors à glisser, par dessus les deux extrémités du câble, un tube muni d'une fente par laquelle la soudure puisse couler. Ce dernier procédé assure une résistance un peu supérieure à celle des joints soudés à chaud ; il donne des résultats bien plus satisfaisants avec l'aluminium qu'avec le cuivre.

La résistance d'un fil d'aluminium étiré à froid est environ moitié moindre que celle d'un fil de cuivre de même section ; mais étant donné qu'un conducteur d'aluminium est plus gros qu'un câble de cuivre de même conductibilité, cette proportion est élevée à 75 0/0 environ, la différence étant plus que compensée par le poids moindre du câble en aluminium.

Alliages. — Les alliages d'aluminium et de zinc, de cuivre ou de nickel sont presque les seuls utilisés ordinairement. En général, ces différents métaux ne peuvent être avantageusement alliés à l'aluminium dans une proportion supérieure à 20 0/0 pour le zinc, 6 0/0 pour le cuivre et 5 0/0 pour le nickel.

On obtient aussi des alliages très intéressants — spécialement en ce qui concerne les applications pour la marine — connus sous le nom de bronze d'aluminium, en alliant jusqu'à 10 0/0 d'aluminium au cuivre électrolytique.

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

(Suite)

Appareil dynamométrique pour l'essai des automobiles. — L'appareil que nous avons construit pour l'essai des automobiles (fig. 33 à 36 du texte, et PL III), se compose de deux grands volants A et B, en fonte, de 2 m. de diamètre, dont la jante est recouverte de planches en chêne, sur lesquelles viennent rouler les roues de la voiture automobile soumise aux essais.

Ces volants ou tambours sont clavetés sur un arbre CD, sur lequel ils peuvent se déplacer longitudinalement pour présenter un écartement réglable à la demande, suivant la voie de l'automobile à essayer; ils sont en deux pièces, et le serrage se fait au moyen de 4 boulons traversant chaque moyeu.

Tout cet appareil est contenu dans une fosse, et la partie supérieure des volants seule vient affleurer au niveau du sol *a b*. L'arbre CD est supporté par trois paliers réglables, E,F,G ; il porte, outre les deux tambours, un frein de Prony H, dont la couronne a été exécutée par les ateliers Delaunay-Belleville, tandis que les autres organes de l'appareil sortent des ateliers Piat. Ce frein est commandé par un volant I (fig. 33), il est muni d'une circulation d'eau, et peut absorber au moins 80 chevaux, sans échauffement anormal (voir PL III). Deux poulies K, également clavetées sur l'arbre CD, portent une courroie, qui vient actionner une dynamo Gramme L.

Cette dynamo, très largement exécutée, peut absorber 45 chevaux, entre 500 et 1.000 tours par minute, elle fonctionne à volonté comme moteur ou génératrice. En déplaçant la courroie sur les cônes K, on peut maintenir la vitesse de la dynamo entre ces limites, quelle que soit la vitesse des véhicules en essais. Comme génératrice, elle sert de frein et, comme moteur, elle sert à entraîner tout le système dynamométrique.

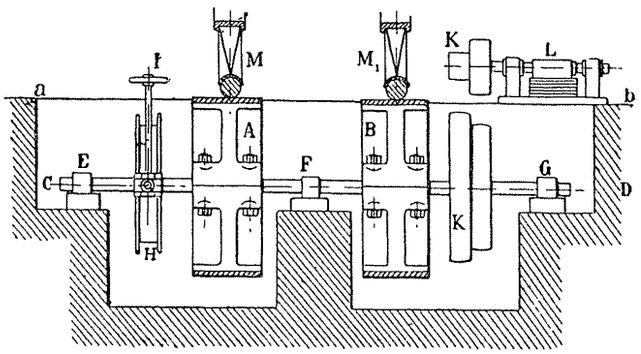

Fig. 33. — Coupe longitudinale de l'appareil dynamométrique.

Cette dynamo fonctionne sur un rhéostat servant soit à absorber l'énergie électrique qu'elle produit, soit au démarrage quand elle sert de moteur, dans le cas où le véhicule en essai n'est pas assez puissant pour actionner à lui seul le dynamomètre.

Ce rhéostat, par les subdivisions très nombreuses de ses résistances, permet, dans le cas où la dynamo sert de frein, de charger le moteur de la voiture avec toute la précision voulue. Chaque groupe de résistances compris entre deux touches peut absorber 5 ampères sous 450 volts. On peut, en outre, agir sur l'excitation de la dynamo, qui est indépendante et réglable par un rhéostat.

Fonctionnement du dynamomètre. — Il s'agit de mesurer, soit la puissance à la jante d'un automobile, ou encore, ce qui n'est pas exactement la même chose, le nombre de chevaux disponibles à la périphérie du pneumatique pour propulser le véhicule sur la route. Dans ce but, les roues motrices M et M_1 de l'automobile (fig. 33) viennent se placer sur les tambours A et B. On met très exactement l'axe des roues motrices dans le même plan vertical que l'axe des tambours. Les deux pneumatiques sont gonflés à la même pression, et les rayons r et r_1 des deux roues (fig. 35 et 36) mesurés avec soin, sont rendus égaux en tenant compte de l'écrasement. La voiture est attachée au point fixe K' par l'intermédiaire d'un dynamomètre hydraulique enregistreur D (fig. 35). Sur l'axe des roues motrices est montée une poulie actionnant un cinémomètre enregistreur Richard, contrôlé par un compteur de tours à main.

L'automobile, mis en route, exerce immédiatement un effort de traction sur le dynamomètre ; aussitôt les tambours A et B se mettent à tourner, et on freine à la demande, de manière à faire travailler le moteur à pleine charge, soit avec la dynamo L (fig. 33), soit au besoin avec le frein H, les deux appareils réunis pouvant absorber au moins 100 chevaux, auxquels il faut encore ajouter les résistances passives de tout le dynamomètre.

Article published by SHF and available at http://www.shf-lhb.org or http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1909081

La seule précaution à prendre est de mettre exactement les points d'attache a et b (fig. 34) sur la même horizontale; on y arrive aisément avec un niveau à vases communiquants; ils se placent d'eux-mêmes sur l'axe longitudinal.

Quand le régime est obtenu, le système est en équilibre (fig. 34) sous l'action des forces F et f qui sont égales et de sens contraire. Le travail par minute, en kilogrammètres, est donné par la relation :

$$T = f \times 2\pi r n$$

dans laquelle n est le nombre de tours par minute faits par l'automobile, r est le rayon de la roue motrice exprimé en mètres, F et f sont des forces en kilogrammes.

La puissance en chevaux est exprimée par :

$$\frac{T}{75 \times 60} = \frac{f \times 2\pi r n}{75 \times 60} \quad \text{ou} \quad Frn \frac{2\pi}{75 \times 60}$$

désignant par P cette puissance, et effectuant les calculs on a :

$$P = \frac{14}{10\,000} Fnr \qquad (1)$$

C'est la formule du frein de Prony, dans laquelle F est la charge que porte le frein, n le nombre de tours par minute, r le bras de levier de ce frein.

La mesure du rayon de la roue se fait d'une manière très exacte, avec la règle et l'équerre, en mettant la règle au contact du tambour de roulement et mesurant les distances de ce point aux points hauts et bas de la fusée. Prenant la moyenne de ces deux lectures a et b on a : $r = \frac{a+b}{2}$

L'effort de traction F est mesuré à moins de 1 pour 100 près avec un dynamomètre hydraulique enregistreur.

Le nombre de tours est enregistré par un tachymètre enregistreur qui donne l'allure générale de l'essai, il est contrôlé par un compteur de tours à main, comme dans les essais ordinaires de machines.

Le centrage de l'automobile, indispensable pour des raisons qui seront développées plus loin, est obtenu au moyen de deux fils à plomb, suspendus au plafond de la salle, déterminant un plan vertical passant très exactement par l'axe de l'arbre CD (fig. 33); l'un de ces fils est placé à droite, l'autre à gauche de l'automobile. On vise par ces deux fils le centre des chapeaux des roues motrices, et on agit sur un volant K' qui déplace le point d'attache du dynanometre sur la ligne horizontale (fig. 34) jusqu'à ce que l'automobile occupe la position correcte.

A cette manière de mesurer la puissance à la jante, on peut faire certaines objections que nous analyserons plus loin.

Appareils antérieurs. — Nous citerons tout d'abord l'appareil installé dans les ateliers Malicet et Blin, au moment du « *Concours de Moteurs* » en 1899.

L'automobile, fixé par des amarres, mettait en mouvement, par l'intermédiaire de rouleaux, un arbre portant un volant sur lequel on avait monté un frein de Prony. Connaissant les résistances passives de l'appareil, on obtenait la puissante à la jante en mesurant la puissance absorbée par le frein. L'appareil avait été taré très exactement par des expériences préliminaires faites par M. Carlo Bourlet (*).

Un autre appareil analogue fut étudié par M. L. Périssé, au moment des opérations du Jury du Concours de l'Alcool, organisé par le Ministère de l'Agriculture, en 1902 (*). Il se composait de deux rouleaux réunis par une courroie qui supportait l'automobile. Les mesures se faisaient exactement comme au Conservatoire des Arts et Métiers. L'inconvénient qu'a présenté cet appareil, installé au Laboratoire de la rue Jenner, a été l'écrasement de la courroie sous le poids des voitures très lourdes, circonstance qui rendait impossible la mesure du rayon r de la roue motrice. On a paré à cette difficulté, en mettant la voiture, non plus entre les deux tambours, mais sur l'un d'eux (**).

Au Laboratoire de l'Automobile-Club de France, on se sert des moulinets du Colonel Renard (***), qui sont directement accouplés aux roues motrices de l'Automobile, que l'on soulève sur un truc de manière à rendre libre les roues motrices.

Erreurs commises dans les mesures faites avec cet appareil. — L'erreur principale provient d'un mauvais centrage de l'automobile, suivant que l'axe de la roue arrière (motrice) est en avant ou en arrière du plan vertical déterminé par les fils à plomb et passant par l'axe des deux tambours. En effet, si cette roue est en arrière (fig. 35), le véhicule se trouve dans la situation d'un automobile gravissant une montée dont la pente serait donnée par la tangente commune aux cercles de la roue et des tambours; l'inverse a lieu, si la roue motrice est en avant de ce plan. Dans le premier cas, la composante de la pesanteur vient décharger le dynamomètre, dans le second cas, au contraire, elle vient s'ajouter à l'effort de traction et charger le dynamomètre; donc, dans les deux cas, on commet une erreur sur la lecture de l'effort de traction réel.

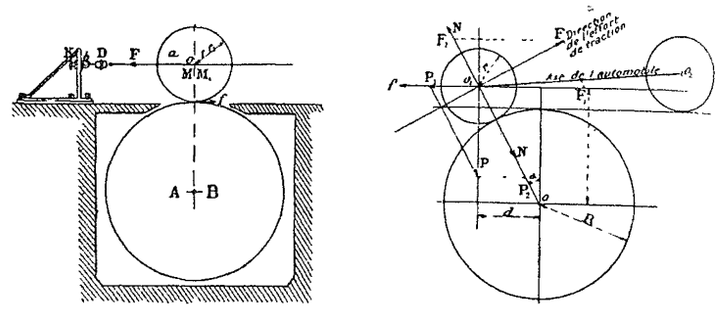

FIG. 34 et 35. — Coupes transversales schématiques du dynamomètre

Nous allons évaluer par le calcul l'erreur introduite par cette mauvaise position de la voiture. Soient (fig. 35) O_1 et O_2 les centres des deux roues de l'automobile, O celui du tambour sur lequel vient rouler la roue motrice O_1, r et R les rayons de la roue et du tambour, P le poids dont est chargé l'essieu arrière, f l'effort sur le dynamomètre, et F l'effort de traction que nous voulons mesurer et qui se trouve dirigé suivant la normale à la ligne O O_1.

L'essieu arrière de l'automobile se trouve en équilibre sous l'action des forces f, F, P et N. Puisqu'il y a équilibre, la somme de projections de ces forces sur deux axes de coordonnées est nulle, et l'on peut écrire :

$$P \cos \alpha - f \sin \alpha - N = 0$$
$$P \sin \alpha + f \cos \alpha - F = 0$$

de cette dernière équation on tire :

$$F = f \cos \alpha \pm P \sin \alpha \qquad (2)$$

(*) Les détails de ces essais ont été décrits dans la *Locomotion Automobile*.

(*) Voir le *Génie Civil*, t. XLI n° 8, p. 117.

(**) Le principe de cet appareil a été proposé par M. Gasnier dans la *Locomotion Automobile* du 21 décembre 1901.

(***) Voir le *Génie Civil*, t. XLV, n° 2, p. 28, et aussi la *Houille Blanche* de juin 1904.

Planche III

Installation d'un dynamomètre pour l'essai des Automobiles au Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers.

Fig. 1. Coupe transversale en avant du cône de transmission

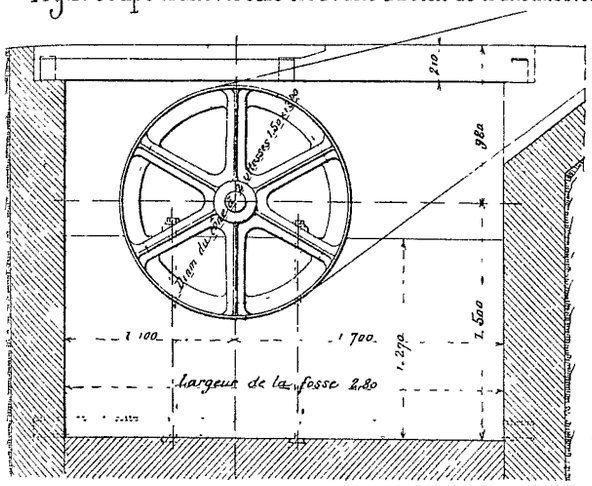

Fig. 2. Coupe longitudinale

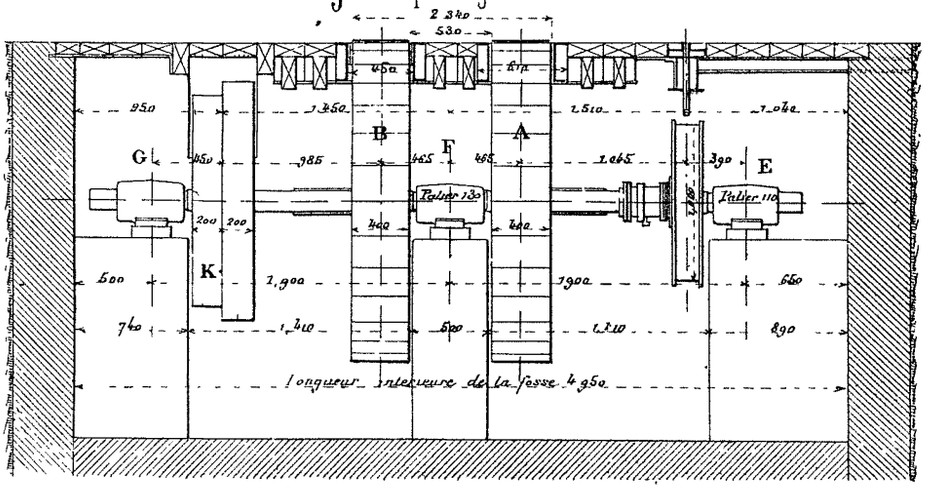

Fig. 3.
Coupe en avant des tambours d'entrainement

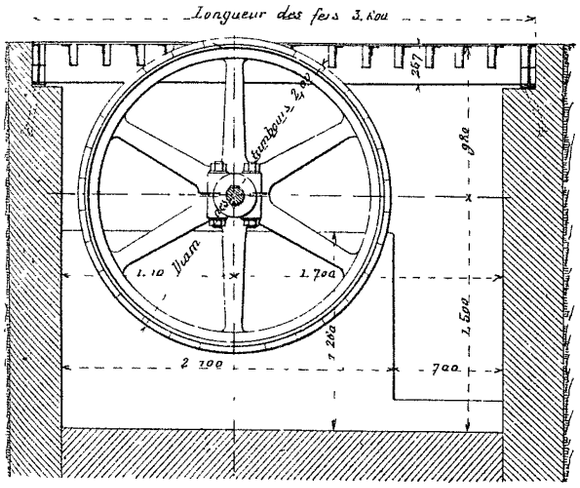

Fig. 4. Plan

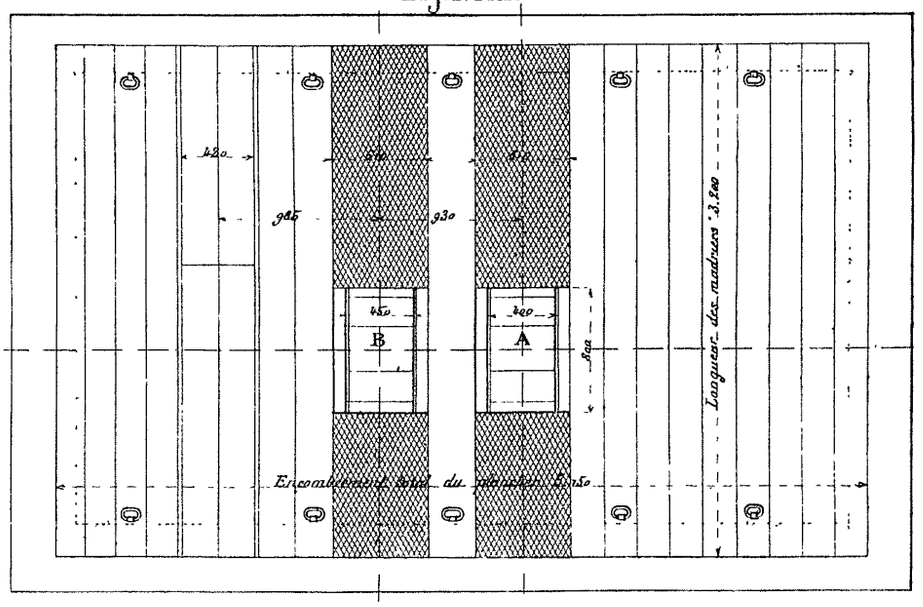

Fig 5 à 9. Boîte d'arrivée et de sortie d'eau de la poulie de frein.

Fig. 5 Coupe longitudinale

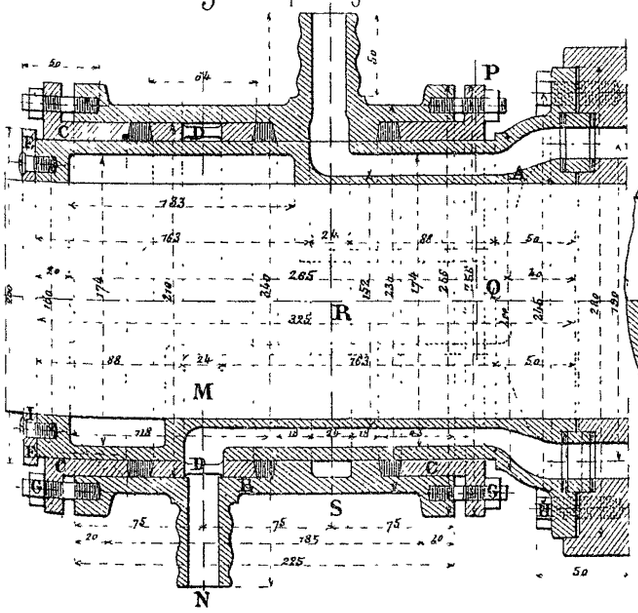

Fig. 6. Demi-vue en bout

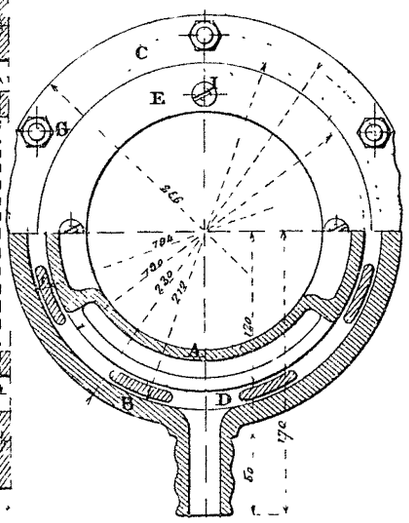

Fig 8. Demi-coupe suivant PQ

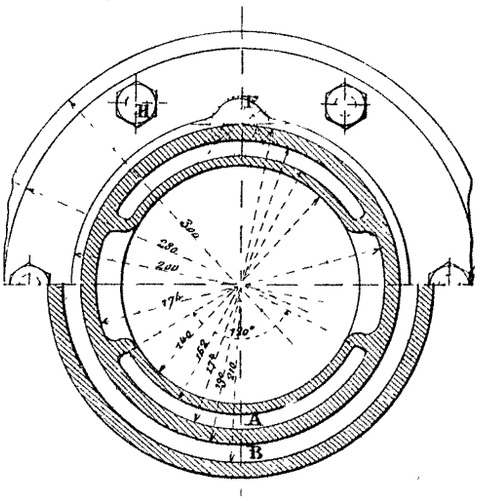

Fig 7. Demi-coupe suivant MN

Fig. 9. Demi coupe suivant RS

cette équation (2) peut se réduire à :

$$F = f \pm P \sin \alpha$$

En effet, cos α est très voisin de l'unité pour un angle très petit, dans le cas présent, on peut centrer l'automobile de telle façon que d (fig. 35) soit au plus égal à $0^m,005$ de part et d'autre de la verticale. Comme, par construction de l'appareil, $R = 1$ m., et que $r = 0^m350$ en général on a :

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{d^2}{(R+r)^2}} = \sqrt{0,9999863} = 0,99999$$

et

$$\sin \alpha = \frac{d}{R+r} = 0,0037037$$

d'où :

$$\alpha = 0^\circ\ 12'\ 44''$$

donc, la valeur réelle de l'effort de traction, pour un véhicule dont les roues motrices ont 0^m35 de rayon, est donné par la relation :

$$F = f \pm 0,74074 \times d \times P$$

dans laquelle la valeur de d est exprimée en mètres et P en kilogrammes.

Pour $d = 0^m005$ on a :

$$F = f \pm 0,0037037\ P \qquad (3)$$

Supposons que la voiture pèse 1 000 kgs, l'essieu arrière portant une charge de 600 kgs, l'effort de traction peut varier de 190 kgs pour la petite vitesse, à 50 pour la grande ; dans ce cas, et pour $d = 0^m005$, les erreurs qu'on peut commettre sont calculées dans le tableau suivant. Comme on le voit, cette erreur peut atteindre 7,5 % si l'effort de traction tombe à 30 kgs. Si P varie de 100 kgs à 1000 kgs, l'erreur variera de 0,37 à 3,7 kgs, mais c'est précisément pour les voitures légères que l'effort de traction est petit, et pour les voitures lourdes (camions) que l'effort de traction est grand. L'erreur relative reste généralement très acceptable.

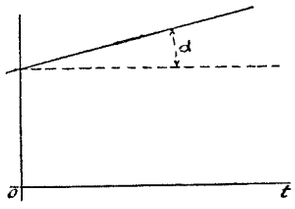

Fig. 36.

Effort F de traction	Effort f enregistré par le dynamomètre	Erreur maxima	Erreur relative
32,23 kgs	30 kgs	2,23 kgs	7,5 %
102,23 kgs	100 kgs	2,23 kgs	2,23 %
302,23 kgs	300 kgs	2,23 kgs	0,75 %

On voit aussi que, toutes choses égales d'ailleurs, il vaut mieux essayer une voiture avec un grand effort de traction f. Cet effort de traction sera grand pour les petites vitesses, ce qui conduit à essayer de préférence les voitures aux petites vitesses.

Si nous écrivons la relation (3) sous la forme :

$$y = K + 0,0037037\ x$$

et que nous construisions cette droite, nous voyons (fig. 37) que son coefficient angulaire, tg $\alpha = 0,0037037$, est très faible, ce qui montre que l'erreur ne croit pas très vite avec la charge portée par l'essieu moteur. Sur la figure 37, nous avons traéc une série de droites correspondant à des valeurs différentes de d. En portant sur O x la valeur de P, on lit sur O y les valeurs des corrections en fonction de P et de d. En portant au-dessous de O x une longueur égale à f, on peut lire immédiatement la valeur de F mesurée par l'ordonnée totale.

Mais, dans la pratique, on peut presque toujours prendre $F = f$ avec une exactitude suffisante, dans le cas où la voiture est bien centrée sur l'appareil dynamométrique.

Si f et r sont très petits, et P très grand, ou fera la correction à l'aide de l'abaque de la figure 37.

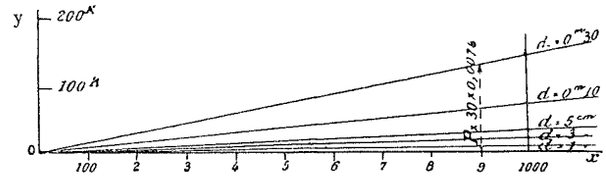

Fig 37. — Abaque de correction.

Remarques sur les mesures effectuées par cet appareil (*). Nous avons établi plus haut que la mesure de la puissance nous conduirait à appliquer la formule (1) :

$$P = \frac{14}{1\,000} Frn \qquad (1)$$

Dans laquelle F représente la valeur de l'effort de traction, r le rayon de la roue motrice, et n le nombre de tours par minute de l'essieu moteur.

On peut également mesurer le chemin parcouru par le véhicule en essai, en comptant le nombre de tours par minute N des tambours, dont on connaît le rayon R en mètres.

Alors la formule (1) deviendra :

$$P = \frac{14}{10\,000} FRN \qquad (4)$$

Quelle différence y a-t-il entre ces deux formules ? Aucune, si la roue motrice parcourt exactement le même chemin que le tambour sur lequel elle roule, et si l'on néglige certaines pertes correspondant à l'élasticité pneumatique. Mais il n'en est jamais ainsi pour deux raisons : 1° la roue motrice peut glisser sur le tambour ; 2° si cette roue est munie de pneumatiques, il y a toujours un glissement fonctionnel dont nous allons parler.

1° *Du glissement mécanique.* — Dans le cas où il y a glissement réel, la formule (1) compte le travail correspondant à ce glissement comme travail utilisable à la propulsion du véhicule ; or, il ne l'est pas, c'est du travail perdu. La formule (4) au contraire, qui n'en tient pas compte, se rapproche plus de la réalité ;

2° *Du glissement élastique.* — En raison de sa souplesse et de son laminage entre la route et la partie rigide de la roue motrice, le pneumatique tend à s'accumuler en avant du point de contact avec le sol. Puis, au moment où il quitte le sol, il tend, en vertu de son élasticité, à reprendre sa forme primitive en se détachant brusquement du sol. C'est à ce moment qu'il soulève et projette en arrière la poussière si désagréable aux voyageurs et surtout aux piétons. De ce que nous venons de dire, il résulte que le chemin parcouru par l'automobile est sensiblement plus petit que celui obtenu par le produit $2\pi rn$, ou chemin parcouru par la roue, de rayon r mesuré sur l'appareil en tenant compte de l'écrasement du pneumatique. C'est là ce qui constitue ce que nous avons appelé le glissement élastique.

(*) Voir sur cette question le *Bulletin du Laboratoire*, n° 12. « Mesure de la puissance des Automobiles », par J. Auclair, assistant.

L'élasticité du pneu, la résistance opposée par la déformation du tore qu'est le pneumatique pour s'appliquer sur le sol (*), plan, etc., occasionnent aussi des pertes d'énergies que nous considérons, à juste titre, comme de la puissance perdue en appliquant la formule (4).

Enfin, il y a dans la voiture automobile d'autres pertes encore, dont nous allons parler, et qu'il y a lieu d'étudier dans un essai complet.

Mesure de la perte de puissance due aux roues directrices. — Dans la mesure que nous venons de faire, nous avons obtenu la puissance disponible à la jante des roues motrices; mais encore faut-il actionner les roues avant, ce qui se traduit par une légère perte de puissance à déterminer.

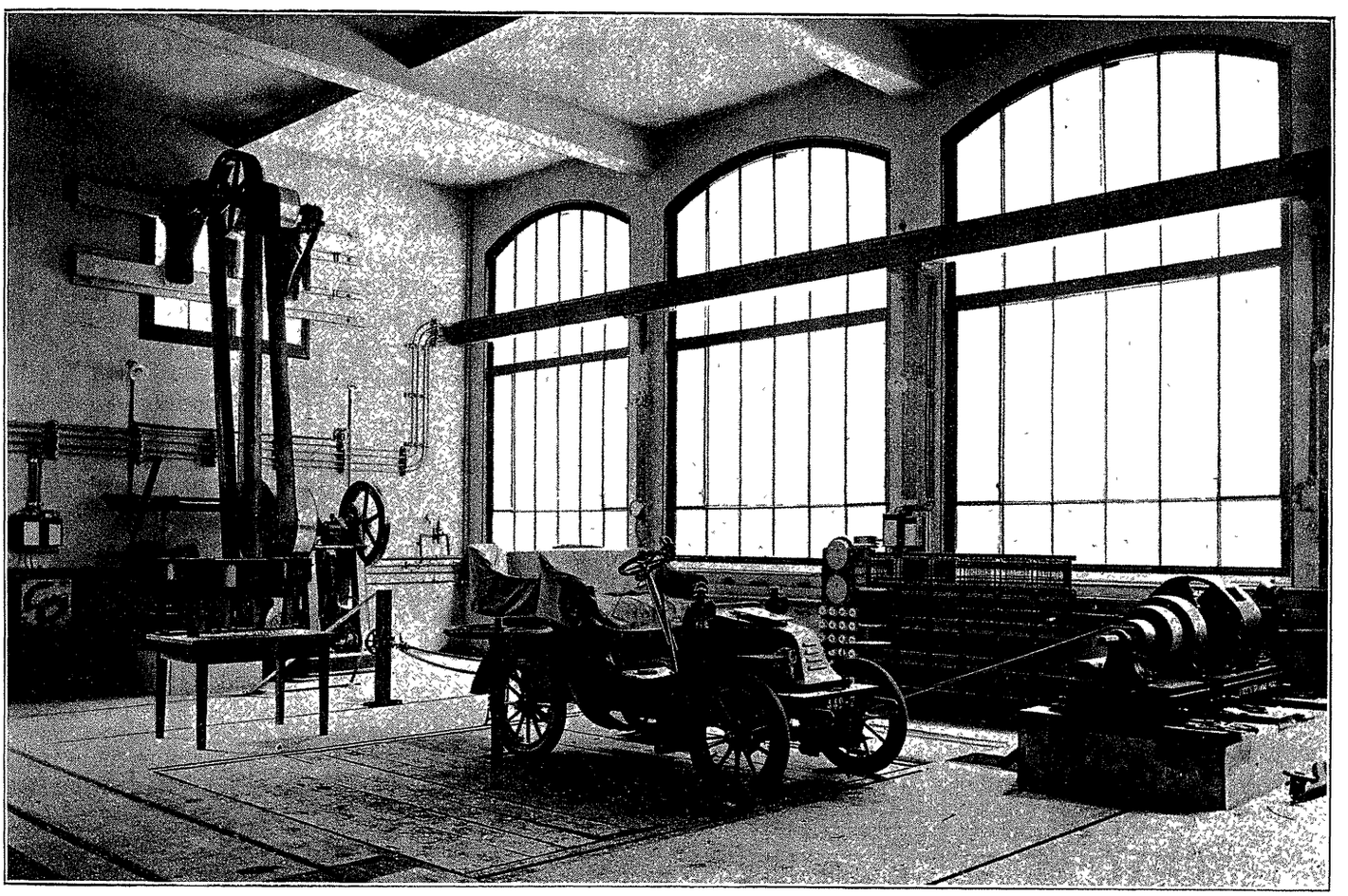

Fig. 38. — Vue générale d'un essai pour la mesure de la puissance développée à la jante d'une voiture automobile.

Ce qui nous restera de la puissance du moteur servira entièrement à actionner le véhicule; c'est-à-dire à le faire progresser sur la route, à vaincre la résistance du vent, et à l'élever dans les montées.

Cette perte due aux roues directrices se compose de la résistance au roulement, et du frottement de la fusée dans la boîte à graisse; pour la mesurer, il suffit de placer les roues directrices sur les tambours et, à l'aide de la dynamo L, de faire tourner les tambours jusqu'à ce qu'ils actionnent les roues de l'automobile à la vitesse de l'essai. On lit sur le dynamomètre un effort de traction f qui, multiplié par le chemin parcouru, mesure le travail absorbé par les roues directrices.

La même opération peut également se faire pour les roues motrices, dans le cas des voitures à chaînes, en démontant ces dernières. Et l'on peut ainsi séparer des pertes afférentes au châssis celles qui proviennent de la résistance au roulement, et du frottement des fusées des roues motrices. Cependant, dans ce dernier cas, il convient de remarquer que la roue motrice se comporte comme une roue libre, et non comme une roue motrice, la résistance au roulement dans les deux cas n'est évidemment pas la même. Elle est plus grande dans le cas de la roue motrice surtout à cause du glissement élastique.

Rendement d'un automobile. — Soit p la puissance disponible à la jante d'un automobile, déduction faite de la puissance nécessaire à la mise en mouvement des roues directrices, et soit P la puissance disponible sur le volant du moteur, mesurée en mettant le moteur seul en essai et en ayant soin, bien entendu, de le faire fonctionner exactement à la même allure que pendant l'essai de la voiture.

Rendement de l'automobile. — C'est le rapport $\frac{p}{P}$ de la puissance à la jante à la puissance du moteur.

S'il s'agit d'une voiture électrique, les deux mesures peuvent se faire simultanément. Dans ce cas, en même temps que les appareils de mesure placés sur le moteur enregistrent la puissance consommée par lui, le dynamomètre enregistre la puissance disponible à la jante.

Quelques résultats d'essais. — On trouvera dans le tableau suivant quelques chiffres extraits d'essais faits au

(*) Cette manière si rationnelle d'envisager le pneumatique au point de vue de son élasticité se trouve développée dans le volume du Baron de Mauni. *Les bandages pneumatiques*, édition de 1899, chez Dunod — Voir en particulier de la page 130 à la page 136.

Laboratoire du Conservatoire National des Arts et Métiers. Dans ces expériences, il n'a été tenu compte ni du glissement élastique, ni de la puissance absorbée pour actionner les roues avant. En outre, les moteurs n'ayant pas été essayés par nous, leur puissance résulte, soit du calcul d'après leurs courses et leurs alesages, soit des renseignements fournis par les constructeurs ou les propriétaires des voitures essayées.

TYPES	Nombre de cylindres	DIMENSIONS DES CYLINDRES		Nombre de tours par minute	Puissance probable du moteur	Puissance mesurée à la jante	Rendement %	OBSERVATIONS
		Alesage	Courses					
Course.	4	»	»	1 300	50 HP	37,6	75	Neuve ou en très bon état
Course	4	»	»	1 000	72	53,4	74	Id.
10 chevaux.	»	»	»	»	11	8	73	Id.
10 chevaux	»	»	»	800	10	6,66	66	Carrosserie très lourde
»	4	110mm	150mm	850	29,6	21,3	72	Neuve ou en bon état
16 chevaux.	4	»	»	»	16	12,77	79	Id.
12 chevaux	4	»	»	850	12	8	66	Usagée
15 chevaux	4	91mm	130mm	893	15	9,33	63	Très lourde
»	2	102mm	105mm	835	7	2,33	34	Complètement usée
»	1	110mm	120mm	1 200	6,63	3	45	Usée

D'après ce tableau, on peut estimer à 70 % le rendement d'une voiture neuve, ou en très bon état, à 60 % celui d'une voiture ayant fait un certain service, et enfin à 30 ou 40 % seulement le rendement des voitures usagées, ou ayant fait un service très prolongé.

Accéléromètre à Maxima. — Cet appareil a pour but la mesure des propriétés élastiques des bandages de roues des véhicules, ainsi que celles des suspensions générales des châssis d'automobiles.

Les véhicules ont à supporter de la part de la route, sur laquelle ils circulent, des chocs faisant naître des vibrations qui dépendent de l'état de la route et de la construction des véhicules. Les vibrations détériorent le châssis et les organes mécaniques de la voiture. Pour atténuer, dans la mesure du possible, leur effet désastreux, on a placé entre le chassis et les essieux des ressorts, et entre la roue et la route, des bandages élastiques.

Une bonne suspension élastique doit pouvoir procurer aux voyageurs le confortable souhaité, et amortir les vibrations nuisibles au véhicule.

En vue de déterminer les propriétés élastiques des systèmes de suspension, le Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers a établi un dispositif étudié tout particulièrement par MM. Boyer-Guillon, chef de la section des machines, et Auclair, assistant.

Cet appareil, qui n'est autre qu'un accéléromètre à maxima, se compose d'une masse pesante M en bronze, cylindrique, du poids de 1kg772, guidée par un levier L en acier en forme de T, assujetti à tourner autour de l'axe D_1 D_2. Le réglage de ce bras de levier se fait à l'aide de deux vis à pointes D_1 p_1 et D_2 p_2 munies de contre-écrous E_1 E_2, qui viennent les bloquer après le réglage précis. Le levier de guidage L, et ses tourillons, sont portés par les deux chaises en bronze Q", Q" boulonnées sur le socle général H de l'appareil.

La masse M, destinée à osciller suivant la verticale est soulevée par un ressort R, qui est logé dans un évidement cylindrique percé dans l'axe de la masse. Ce ressort, du type de ceux employé dans les indicateurs de Watt pour machines à vapeur, est interchangeable, et peut être à volonté remplacé par un autre, dont la flexibilité doit être choisie de manière à correspondre à l'essai en cours. Il est vissé à sa partie supérieure, en V, dans la pièce à tête moletée U, qui est elle-même vissée dans la pièce M dont elle fait pour ainsi dire partie Son autre extrémité est supportée par la tige guide NN_1, qui fait corps avec la vis S *m n*, mais dans laquelle elle peut tourner. Cette vis se termine à sa partie inférieure par une partie soigneusement taraudée pénétrant dans un écrou correspondant T, qui fait partie du fer à cheval Q'TTQ', boulonné sur le socle et supportant tout le système de suspension.

La tige NN_1 est guidée à sa partie inférieure par un écrou tubé G, vissé en dessous du socle H. La vis S *m n*, dont nous venons de parler, a pour objet de mesurer et de faire varier à volonté la tension du ressort R qui vient appliquer

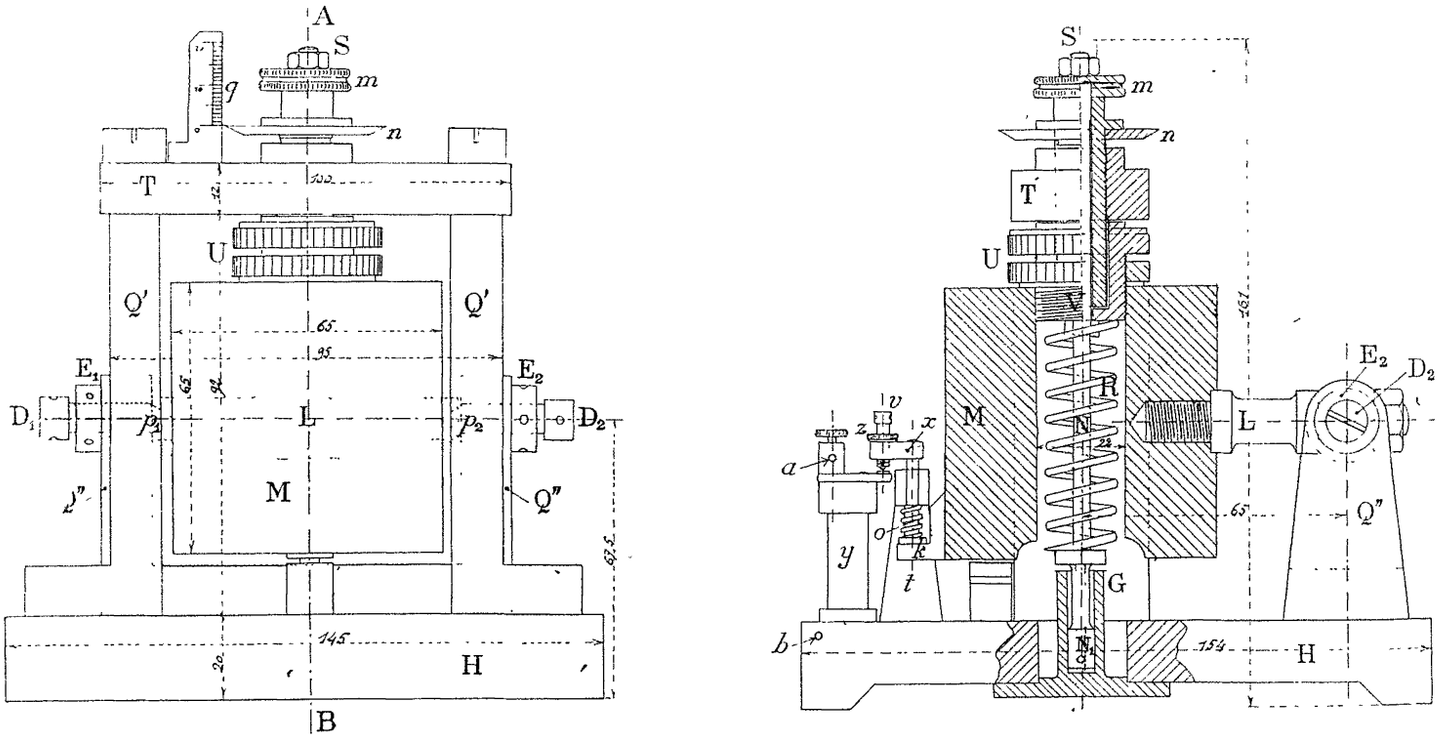

FIG. 39. — Elévation de l'accéléromètre à maxima, et coupe verticale suivant AB.

la masse M contre la buttée T. C'est dans ce but qu'elle porte à sa partie supérieure la pièce molletée *m* qui, saisie par l'opérateur entre le pouce et l'index, permet, en tournant la vis de gauche à droite, de remonter d'autant la tige NN_1, et partant d'augmenter la compression du ressort R. Une échelle *q*, graduée en millimètres, et fixée sur l'étrier Q'TTQ', permet de lire exactement la quantité dont on a comprimé le ressort R. A cet effet, la vis tendeur S *m* porte un plateau *n*, gradué sur sa circonférence, permettant de lire le centième de millimètres comme sur un palmer.

Enfin, l'appareil est complété par l'interrupteur de courant *a*, *z*, *t*, qui permet de se rendre compte du moment précis où la compression du ressort est suffisante pour correspondre à la valeur de l'accélération que l'on mesure. Cette condition est atteinte quand la rupture du courant n'a plus *que tendance à se produire.*

Cet appareil "interrupteur" comporte une borne *a* montée sur un support isolant *y*, et une pièce mobile *zx o*, servant à établir ou à couper le courant, et montée sur le support *t* non isolé. Cette pièce mobile est constituée par un axe *x* passant à frottement doux dans la tête du support *t*, elle est rappelée vers le bas par le ressort O. Une vis *v* à pointe platinée, munie d'un contre-écrou *z*, sert à régler le contact avec précision. Une butée *k*, portée par la masse M, vient actionner l'interrupteur en agissant sur l'axe *x*. Le contact est rompu quand la masse M bute en T, il est au contraire établi quand la masse M a tendance à quitter sa butée T. Le passage de la position de rupture à celle de contact, ou *vice-versa*, est transmise à l'oreille de l'expérimentateur par une membrane téléphonique, montée en série avec un accumulateur entre les bornes *a* et *b*.

L'instrument se place, soit sur le plancher de la voiture, soit sur les essieux, en un mot à l'endroit du chassis où l'on veut étudier les vibrations qu'il supporte.

La tension du ressort R donne la valeur de l'accélération du point du chassis où l'on a placé l'appareil.

Il est bien évident que pour comparer entre eux des bandages pneumatiques, et des roues élastiques, ou deux chassis analogues, dont les suspensions sont différentes, il faudra, non seulement opérer à des vitesses connues, avec des charges égales, mais encore les faire passer exactement sur les mêmes obstacles. C'est pourquoi ces essais doivent se faire, non pas sur une route quelconque, mais sur un chemin de roulement spécial, et sur des obstacles de profil et de hauteur exactement calibrés.

Ce chemin de roulement est constitué par les deux grands tambours de 2 m. de diamètre, servant aux essais de détermination de puissance des voitures automobiles que nous venons de décrire, sur la jante desquels on vient visser les obstacles de profils et de hauteur calibrés. Ces obstacles sont fixées à des distances convenables, suivant la vitesse à laquelle les expériences ont lieu, et suivant les effets qu'on désire produire. Ces tambours enregistrent le chemin parcouru et le temps, pendant que l'appareil de mesure des propriétés élastiques des bandages enregistre la valeur de l'accélération à l'endroit du véhicule où *il est placé.*

Mesure fournie par l'accéléromètre. — Au moment où le poids a tendance à se décoller, l'équilibre des forces auxquelles la masse M est soumise, nécessite que l'on ait :

$$T = P + m\gamma \qquad (5)$$

avec $P = t$.

T est la tension du ressort au moment de la mesure, exprimée en kilogrammes d'après l'échelle du ressort, *t*, la tension du ressort au repos, *P*, le poids de la masse mobile ($1^{kg}772$); *g* l'accélération due à la pesanteur, soit $9^{m}81$ à Paris.

En remplaçant, dans l'équation (5), *P* et *m* par leur valeur, on a :

$$\gamma = (T - t)\frac{g}{P} = 5{,}54\,(T - t) \qquad (6)$$

Il nous a paru intéressant de donner ici l'équation générale de cet appareil comparé aux appareils analogues, cette note résulte d'études faites en collaboration par MM. Boyer-Guillon et Auclair.

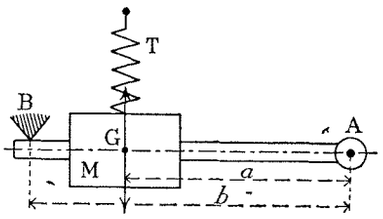

FIG. 40.

L'ensemble de l'appareil est porté par un bâti disposé de telle manière, que les conditions suivantes soient réalisées :

1° L'axe A est horizontal ;

2° Lorsque la masse M est en contact avec la buttée B, le centre de gravité G de cette masse est dans le plan horizontal passant par l'axe A ;

3° La ligne d'action du ressort T est verticale, et elle passe par le centre de gravité G de la masse M.

Nous supposons enfin que la masse du levier et de l'axe d'oscillation est négligeable par rapport à la masse de M.

Dans ces conditions de construction bien définies, l'appareil est fixé sur le chassis d'une voiture automobile. Nous supposons que les déplacements de ce chassis, dus aux inégalités de la route, peuvent être assimilés à des mouvements d'ensemble purement verticaux, et nous nous proposons de définir d'une manière rigoureuse comment les accélérations du chassis peuvent être mesurées à l'aide de de l'appareil.

Ce que nous observons, c'est le mouvement relatif de la masse M par rapport à son bâti ; faisons pour un instant abstraction de la buttée.

On sait que le mouvement relatif peut être défini par les mêmes équations que le mouvement absolu, à la condition d'adjoindre aux forces réellement agissantes les forces dites de Coriolis. Dans le cas où le mouvement d'entraînement est une translation, ces forces de Coriolis se réduisent à la force centrifuge $\frac{P}{g}\gamma$; c'est notre cas.

Nous devons donc étudier le mouvement de la masse M, sous l'action combinée de cette force et des forces réellement agissantes. Ces forces sont le poids *P* de la masse, la traction du ressort T, les réactions de ses supports sur l'axe de suspension A.

Le mouvement de la masse M est une rotation, de vitesse angulaire ω, autour de l'axe A. Nous le définirons par l'équation qui résulte du théorème de la variation du moment de la quantité de mouvement.

La quantité de mouvement de la masse M tournant autour de l'axe A, à la vitesse ω, est :

$$M(\rho^2 + a^2)\,\omega$$

expression dans laquelle *a* est la distance de l'axe A au centre de gravité G de la masse M, et ρ le rayon de giration de cette masse par rapport à un axe parallèle à A, et passant par son centre de gravité. On a ainsi, en remarquant que les lignes d'action des trois premières forces agissant sur M sont verticales, et passent par son centre de gravité :

$$M\,(\rho^2 + a^2)\,\frac{d\omega}{dt} = -\frac{P}{g}\,\gamma\,a + (T - P)a \qquad (7)$$

Cette équation est rigoureuse tant que l'on suppose que la masse d'inertie s'écarte assez peu du plan horizontal de l'axe A pour qu'il soit permis de négliger l'obliquité des forces $\frac{P}{g}\gamma\,a$, T et P. Elle nous suggère trois manières de concevoir l'application de l'instrument.

1° *Vibromètre.*— Nous pouvons supposer que l'action du ressort T est constamment égale au poids de la masse d'inertie; l'équation prend alors la forme :

$$M(\rho^2 + a^2)\,\frac{d\omega}{dt} = -\frac{P}{g}\,\gamma a$$

par conséquent, l'accélération angulaire $\frac{d\omega}{dt}$ est proportionnelle à l'accélération linéaire γ du chassis sur lequel est fixé l'accéléromètre. Il en résulte que les écarts angulaires de la masse M sont proportionnels aux déplacements linéaires du support de l'instrument, et celui-ci peut tracer un diagramme de ces déplacements. Il est clair que l'amplitude maxima du déplacement doit demeurer inférieure à la valeur à partir de laquelle la condition d'applicabilité de l'équation cesse d'être remplie.

L'instrument ainsi employé est le vibromètre, dont on se sert dans la marine pour l'étude des trépidations des navires;

2° *Pendule Desdouits.* — On peut disposer l'appareil de manière à faire varier la tension du ressort d'une façon continue, de telle sorte que $\frac{d\omega}{dt}$ reste nul : dans ces conditions, si, au début de l'expérience, la masse M était au repos relatif, la vitesse angulaire $\frac{d\omega}{dt}$ aura toujours une valeur très faible, et si la tension du ressort est proportionnelle à l'élongation angulaire de M, ce sera cette élongation qui mesurera l'accélération. Mais on conçoit que l'appareil ne puisse ainsi être employé que pour la mesure d'accélérations assez lentement variables;

3° *Accéléromètre à Maxima du Laboratoire.* — Enfin, s'il s'agit de déplacements d'amplitude quelconque, et d'accélérations rapidement variables, il faut avoir recours à une autre disposition pour que la buttée de l'appareil, aux extrémités de sa course, ou ses lancés, ne perturbent pas les mesures.

Imaginons donc que T soit supérieur à P, mais que la masse M soit maintenue immobile par une buttée. Tant qu'elle restera en contact avec cette buttée, $\frac{d\omega}{dt}$ demeurera nul, et l'équation (7) devra être remplacée par la suivante, qui définit la réaction K de la buttée. :

$$O = -\frac{P}{g}\,a\gamma + (T - P)\,a - bk$$

De cette équation, on ne peut en général pas déduire la valeur de K, puisqu'on n'a qu'une relation pour définir γ et K, mais, au moment ou γ atteint une valeur telle que la masse M se met en mouvement, la valeur de la réaction de la buttée passe par zéro, et par suite, à cet instant, la valeur de γ se trouve mesurée ; et l'on retombe ainsi sur l'équation (6) donnée plus haut.

On voit ainsi le caractère qui différencie cet instrument des deux précédents; un asservissement plus grand de la masse d'inertie a permis d'aborder un cas où les deux autres appareils étaient impuissants, le premier à cause de l'étendue des déplacements du chassis, le second à cause de la rapidité avec laquelle varie l'accélération du chassis. Toutefois, cette extension de l'emploi du pendule d'inertie n'a pu être obtenue qu'en sacrifiant la continuité des mesures.

Enfin, pour terminer, nous citerons l'appareil créé, quelques temps après celui dont nous venons de parler, par M. Marié, Ingénieur en chef en retraite du Matériel et de la Traction des Chemins de fer P.-L.-M, qui lui est analogue. Il consiste, en principe, en 3 ou 4 plans inclinés juxtapposés, et de pente variable, sur lesquels glissent des masses de même poids. Le frottement de la masse sur le plan incliné équivaut ici a la tension du ressort.

(*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.

INSTRUCTIONS SUR LE MONTAGE
DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Instructions rédigées par les Associations françaises de Propriétaires d'Appareils à vapeur ayant un service électrique (Amiens, Lyon, Marseille, Mulhouse-Nancy, par l'Association des Industriels du Nord de la France (Lille), et par l'Association normande pour prévenir les accidents.

(Suite)

LAMPES ET ACCESSOIRES

§ 14. — *Lampes à incandescence et douilles* — *a*) Dans les douilles des lampes à incandescence les parties conduisant le courant doivent être montées sur des supports isolants, incombustibles et inaltérables à l'air ; l'ébonite et les produits en bois comprimé ne peuvent donc pas servir.

b) Les parties conduisant le courant seront protégées contre tout contact extérieur par des enveloppes qui, ainsi que les clés des douilles à clé, seront bien isolées des parties conductrices. Les douilles à baïonnette doivent être cloisonnées au-dessus de 150 volts.

c) Dans les locaux où il peut se produire une explosion par inflammation de gaz, poussières ou de fibres, les lampes à incandescence doivent être munies de globes hermétiques recouvrant aussi les douilles ; les lampes à incandescence à air libre (Nernst) ne peuvent y être tolérées. Dans les locaux contenant des matières inflammables, ces dernières lampes doivent être munies d'un dispositif empêchant la chute de particules incandescentes.

d) Les lampes à incandescence qui pourraient venir à toucher des matières inflammables doivent être pourvues de globes ou de treillis protecteurs, rendant impossible le contact immédiat des lampes avec ces matières. Les globes et tulipes en celluloïd ou autres matières facilement inflammables sont interdits.

e) Dans les locaux humides et mouillés, on ne doit pas employer de douilles à clé. Dans les locaux mouillés ainsi que dans ceux où il peut se dégager des vapeurs, les douilles doivent être en porcelaine ou matière similaire non sensible à l'action de l'humidité, et les lampes et douilles recouvertes de globes hermétiques.

f) Pour la moyenne tension les clés des douilles doivent être en matière isolante

g) Pour la haute tension les douilles à clef sont interdites ainsi que les lampes mobiles.

§ 15. — *Lampes à arc.* — *a*). Les lampes à arc doivent être munies d'un dispositif empêchant la chute de particules incandescentes.

b) Dans tous les locaux contenant des matières facilement inflammables, le globe simple n'est pas suffisant et il faut :

Soit deux globes (arc en vase clos) ;

Soit un globe et un cendrier ;

Soit un abat-jour métallique renversé (arc renversé).

c) Dans les locaux contenant des poussières ou duvets facilement inflammables, les arcs à feu nu ne peuvent être tolérés, c'est-à-dire que les arcs semi-directs ou renversés doivent être couverts.