

# L'ALUMINIUM

## et quelques-unes de ses applications (\*)

L'aluminium, découvert dès 1827 par le chimiste allemand Wöhler, ne reçut aucune application jusqu'à ce que le procédé électrolytique, inventé simultanément par Héroult en Europe, et Hall en Amérique, eût permis d'entreprendre sa fabrication sur des bases commerciales, et d'obtenir un prix de revient comparable à ceux des autres métaux communs. Les méthodes perfectionnées adoptées depuis ont réduit les frais de fabrication dans des proportions telles que l'aluminium est aujourd'hui, à volume égal, l'un des moins chers parmi les métaux communs. Le tableau suivant, où le prix par tonnes est exprimé en livres sterling, montre l'abaissement progressif du prix de l'aluminium au cours des vingt dernières années :

1889.....	3.256	1901.....	130
1891.....	812	1905.....	130 à 170
1892.....	495	1907.....	200 à 100
1896.....	163	1908.....	100 à 65

Dès son apparition, le nouveau métal fut salué comme un remède universel à tous les maux de la métallurgie ; on voulut l'utiliser en toutes circonstances ; il fut employé par les usines de fabrication de plaques de blindages, et aussi par les laboratoires de chimie. Et c'est précisément cette idée très exagérée de l'étendue des applications de l'aluminium que l'on s'était faite au début, qui finit par empêcher son utilisation dans les cas où elle eût le mieux convenu : en effet, employé dans des conditions défavorables, l'aluminium ne donna pas, bien souvent, les résultats qu'on en attendait, ce qui conduisit à une défiance générale vis-à-vis de ce métal, qu'on avait mis des années à obtenir.

L'énorme demande d'aluminium qui se produisit pendant le boom du cuivre en 1906-1907, et les prix élevés qui en furent la conséquence, affectèrent sérieusement le développement des applications de l'aluminium. Cependant, cette activité de la demande conduisit les producteurs à entreprendre la fabrication sur une grande échelle, ce qui permit d'arriver aux prix actuels.

**Production.** — L'aluminium est maintenant obtenu par le traitement électrolytique de la bauxite, en utilisant la cryolite comme fondant. Les principaux perfectionnements apportés à ce procédé depuis son adoption consistent dans l'élimination des impuretés contenues dans les matières premières. Le métal de qualité courante obtenu au début contenait rarement plus de 98 0/0 d'aluminium ; la British Aluminium Co., Ltd., fabrique aujourd'hui couramment du métal à 99,5 0/0. L'aluminium ne contenant que 0,4 à 0,3 0/0 d'impuretés est réservé pour des usages spéciaux : une telle teneur n'est pas nécessaire pour les usages courants, et ses avantages ne justifiaient pas les frais supplémentaires qu'entraînerait la fabrication.

**Impuretés.** — Les impuretés que l'on rencontre ordinairement dans l'aluminium sont le fer, le silicium et le sodium. La présence du silicium en grande quantité rend l'aluminium très cassant, sans que cet inconvénient paraisse compensé par aucun avantage correspondant. Le silicium affaiblit aussi la résistance à la corrosion, particulière de l'aluminium pur, et favorise l'attaque du métal. A ce sujet, il est intéressant de remarquer que la mince croûte jaune qui se forme à l'intérieur des ustensiles de cuisine est en grande partie composée de silicium. Dans l'aluminium de haute qualité, la proportion de silicium ne doit jamais représenter plus de 0,4 à 0,5 0/0 ; cette proportion peut sans danger être élevée au double dans le métal utilisé par les fonderies et les aciéries.

L'aluminium très pur contient parfois jusqu'à 0,2 ou 0,3 0/0 de fer. La présence de ce métal réduit quelque peu la ductilité de l'aluminium, de la même façon que le silicium, mais augmente sa résistance ; elle ne paraît pas modifier la conductibilité électrique de l'aluminium au même degré que le silicium, mais elle a une influence défavorable sur sa corrosion.

Le sodium est l'impureté la plus nuisible car sa présence, même en petite quantité, affaiblit sérieusement la résistance à la corrosion. L'aluminium obtenu par les procédés perfectionnés actuels contient rarement plus de 0,006 0/0 de sodium, et cette proportion est le plus souvent réduite de moitié.

**Propriétés physiques.** — L'aluminium pur du commerce est un métal d'un blanc d'argent, qui fond à 657 degrés centigrades ; sa densité varie entre 2,56 et 2,72 suivant les procédés de traitement. La densité du cuivre étant de 8,8 environ, celle du zinc de 6,9 et celle de l'étain de 7,3, il s'ensuit que l'aluminium est environ 3,3 fois plus léger que le cuivre, 2,5 fois que le zinc et 2,7 fois que l'étain. L'aluminium est très bon conducteur de la chaleur ; parmi les métaux communs, le cuivre seul le surpasse sous ce rapport. Sa conductibilité électrique atteint 60 à 62 0/0 de celle du cuivre électrolytique pur ; sa résistance, comme celle du cuivre, est un peu moins élevée quand il est étiré à chaud que lorsqu'il est étiré à froid.

**Propriétés mécaniques.** — La résistance de l'aluminium dépend dans une large mesure de la méthode de traitement adoptée. Le tableau suivant donne, exprimée en tonnes par pouce carré, la résistance moyenne du métal sous ses différentes formes :

	Résistance à la traction.	Limite élastique.	Allongement 0/0	Module d'élasticité
Moulages au sable..	5	2,5	25	»
Moulages en coquille	5,25	2,5	35	»
Barres laminées..	7	5	35	»
Tôles laminées..	9	8,5	6	»
Profilés.....	8,75	8,5	20	»
Fils étirés à froid....	15	13	25	9.000.000
— a chaud....	7	4	30	10.000.000

**Méthodes de traitement.** — L'aluminium peut être fondu dans des creusets ordinaires en plombagine sur un feu de coke ; mais, pour de grandes quantités, on emploie généralement un four à réverbère, chauffé à la houille. Afin d'éviter la combustion, le métal ne doit pas être chauffé au delà de 725 degrés centigrades, car, à cette température, l'aluminium s'oxyde facilement au contact de l'oxygène de l'air.

L'aluminium peut être coulé dans des moules de sable, ou en coquille ; ce dernier procédé est généralement employé pour les petits moulages unis, lorsqu'on veut obtenir un travail très soigné. Les moulages d'aluminium obtenus à l'aide de moules en acier poli présentent une surface parfaitement lisse. L'aluminium destiné à être laminé est moulé en grands saumons, ou lingots, qui sont ensuite laminés à chaud, les opérations intermédiaires et le finissage étant exécutées à froid ; le recuit est réglé suivant la trempe et le fini qu'on désire obtenir.

L'aluminium peut facilement être étiré en profilés, tubes et fils, par des procédés à peu près identiques à ceux employés pour le cuivre. La bille est d'abord laminée à chaud, puis réduite par tréfilage à la dimension voulue ; la graisse froide est alors employée comme lubrifiant, tandis qu'on utilise la paraffine pour la fabrication des fils très fins à la filière. Le recuit dépend du degré de trempe que l'on désire obtenir. Des fils de 3/4 de pouce à 0,018 pouce de diamètre peuvent être fabriqués de cette façon, et peuvent remplacer les fils de cuivre, de laiton ou de maillechort dans toutes leurs applications.

On fabrique de même des profilés, des ronds et des tubes en aluminium, à une température de 80 degrés centigrades environ, en utilisant la presse hydraulique ; en raison du prix élevé du matériel nécessaire, ce procédé n'est avantageux que pour une fabrication importante.

L'aluminium doux en feuilles peut être étiré, estampé ou forgé à la presse en différentes formes ; l'huile de noix de coco, par exemple, peut être employée comme lubrifiant.

Pour tourner l'aluminium, il faut se servir d'un outil très tranchant, en ayant soin de réserver un espace suffisant pour l'évacuation des tournures ; la pièce d'aluminium tourne à une très grande rapidité, combinée avec un avancement lent ; il est nécessaire d'employer une grande quantité de lubrifiant, eau de savon ou paraffine.

On perce l'aluminium à l'aide d'un foret à diamant, avec un jeu suffisant ; une mèche hélicoïdale pourrait gripper. Les filets de vis peuvent être obtenus au taraud ordinaire ; on graisse avec un peu d'huile légère.

L'aluminium peut être soudé par les différents procédés spéciaux actuellement en usage, mais les soudures ainsi obtenues, étant toutes plus ou moins soumises à l'influence électrolytique sous l'action de l'humidité, doivent nécessairement être protégées du contact de l'air humide. Les joints soudés à chaud ne présentent pas le même inconvénient, et ce procédé se répand de plus en plus depuis que l'on peut obtenir de bons résultats au moyen des appareils portatifs à oxy-acétylène.

(\*) Note présentée par M. J. T. W. Echevarri, membre de l'*Institute of Mechanical Engineers*, à la première Assemblée générale de l'*Institute of Metals*, tenue à Birmingham les 11 et 12 novembre 1908.

On s'était rendu compte depuis longtemps qu'on devait poursuivre les études dans cette dernière voie, attendu que les joints ainsi obtenus, ne contenant absolument que de l'aluminium, ne sont pas plus soumis que le conducteur lui-même à l'influence électrolytique ; mais la difficulté consistait à éliminer la couche d'oxyde qui empêchait les deux parties de se souder convenablement. Pour réunir bout à bout les petits ronds et les fils, on surmonte aisément cette difficulté en pressant les deux extrémités l'une contre l'autre au moment de la fusion, afin de faire évacuer l'oxyde ; mais ce procédé n'est pas applicable aux feuilles et aux tôles. On a mis récemment en vente plusieurs fondants capables de dissoudre la couche d'oxyde, et permettant aux deux parties de métal de se fondre ensemble très facilement.

Un autre procédé semble devoir donner de bons résultats, et inviter à de nouvelles recherches, c'est la soudure électrique, qui est appliquée très fréquemment pour les tôles de cuivre et de fer. La soudure électrique, telle qu'elle est appliquée aux fils de cuivre et de fer, convient également aux fils d'aluminium, mais avec certaines modifications.

**Applications aux usines sidérurgiques.** — L'aluminium est utilisé par l'industrie sidérurgique pour absorber notamment l'oxygène contenu dans les oxydes de fer ; la chaleur produite par cette réaction est telle qu'elle peut être utilisée pour élever la température de grandes masses de fonte.

La présence de l'aluminium en petites quantités empêche les soufflures. Les soufflures sont dues au dégagement partiel, au moment où le métal refroidit, des gaz absorbés pendant la fusion ; or, l'aluminium semble avoir la propriété de se combiner chimiquement avec ces gaz.

Dans les petites usines, il arrive souvent qu'un moulage exige deux coulées. En ce cas, la difficulté qui consiste à maintenir le métal chaud dans l'intervalle peut être facilement surmontée en ajoutant de temps en temps de petites quantités d'aluminium ; l'élévation de température ainsi obtenue préserve le métal d'un refroidissement excessif. A cet effet, on peut employer l'aluminium sous différentes formes ; beaucoup de fonderies de fer et d'acier se servent d'un alliage connu sous le nom de ferro-aluminium, et qui consiste en 90 0/0 de fer et 10 0/0 environ d'aluminium ; cet alliage est si cassant que l'on peut facilement en détacher la quantité nécessaire au moment de l'employer. Cependant, il est bien préférable d'utiliser l'aluminium pur, qui est alors livré en barres entaillées, ou en barres demi-rondes faciles à couper.

Quelques métallurgistes emploient l'aluminium sous forme de « granules » : la grosseur des grains peut varier entre celle du riz et celle du sucre en poudre. Pour élever seulement la température du métal, il y a avantage à utiliser l'aluminium sous cette dernière forme ; on le mélange alors ordinairement avec assez d'oxyde pour produire l'oxygène nécessaire à sa combustion.

Les producteurs d'aluminium livrent aussi de petits blocs réguliers pesant exactement 1/8 ou 1/4 d'once, ce qui évite au consommateur d'avoir à peser le métal avant de l'employer, et lui permet d'ajouter telle quantité déterminée d'aluminium à son fer ou à son acier, avec un minimum de perte de temps et de difficulté.

Le procédé de soudure Thermit, dû au Dr Goldschmitt, constitue une autre application de ce principe ; la chaleur produite par la combustion de l'aluminium en présence de l'oxygène est utilisée ici pour porter les moulages de fonte et d'acier, etc., à la température de soudure.

L'aluminium est utilisé par l'industrie de l'automobile dans maintes circonstances où l'on recherche à la fois la rigidité et la légèreté, et notamment pour la fabrication des carters de manivelles, boîtes d'engrenages, radiateurs, carburateurs, garde-boue, ainsi que de beaucoup de petits accessoires, tels que les leviers de freins, graisseurs, etc. ; de plus, les ateliers de constructions mécaniques, les fonderies de laiton et d'autres industries en font une consommation importante et croissante pour des moulages courants.

Il est avantageux d'ajouter aux moulages d'aluminium du cuivre, du zinc et du nickel qui augmentent la résistance, et rendent le travail du métal plus facile sans élever considérablement son poids.

**Aluminium en feuilles.** — Les applications de l'aluminium en feuilles sont trop nombreuses pour être toutes citées ; tous les jours, en effet, ce métal s'ouvre de nouveau débouchés, où il remplace les métaux plus anciens. On s'expliquera facilement la faveur dont jouit l'aluminium, en consultant le tableau ci-des-

sous, dressé pour une feuille laminée de 6 pieds × 3 pieds × 1/16 pouce :

En aluminium	pois 16 ll s.,	à 1 sh. 1 d.,	prix 17 sh. 4 d.
En laiton	....	— 49 1/2 lbs.,	à 0 sh 6 1/2 d., — 26 sh 40 d.
En cuivre	....	— 52 lbs.,	à 0 sh. 7 d., — 33 sh 7 d.
En maillechort	....	— 50 lbs.,	à 1 sh 2 d., — 58 sh. 4 d.
En étain pur..	....	— 42 1/2 lbs.,	à 1 sh 5 d., — 59 sh. 10 d.

La même proportion existe naturellement pour les feuilles d'épaisseurs différentes, les tubes, ronds, moulages, cornières, U, etc.

Au début, l'industrie de la construction navale utilisait une certaine quantité de tôles d'un alliage de cuivre et d'aluminium. On a reconnu depuis qu'il ne devait être employé à ces travaux que de l'aluminium pur de première qualité ; il est probable que les constructeurs de navires apprécieront fort les tôles, U, moulages, rivets, etc., en aluminium pur pour la construction des cabines, roufles, et autres parties des grands bâtiments au-dessus de la ligne de flottaison, dont il est important de réduire le poids pour augmenter la stabilité du navire.

En 1907, on a utilisé d'importantes quantités de tôles d'aluminium pour la construction du rouffe du vapeur *Celtic* ; les armateurs s'en déclarent satisfaits.

**Tubes d'aluminium.** — On utilise beaucoup les tubes en aluminium spécial pour le traitement des acides qui n'attaquent pas l'aluminium pur.

En vue de démontrer la supériorité de l'aluminium pour les tubes à fumée, etc., des essais ont été poursuivis il y a quelque temps aux usines de Milton ; ils ont donné les résultats suivants :

Longueur en Ponces.	Calibre —	Diamètre extérieur. Ponces	Pes en livres par pouce carré.
12	40	3 1/4	1.200 (1)
12	12	2 11/16	1.200 (2)
12	14	2	1.200 (3)
12	19	1 1/8	1.200 (4)
12	19	1 1/8	1.200 (4)

Les mêmes essais furent répétés avec une pression de 100 lbs par pouce carré pendant une demi-heure, excepté le second qui fut prolongé pendant douze heures sans que le tube ait paru subir aucune détérioration ; après cet essai, le même tube fut soumis à une pression hydraulique de 1 200 lbs., sans présenter aucune trace de fracture.

**Industrie électrique.** — Le champ des applications de l'aluminium comme conducteur électrique est vaste et se développe ; les difficultés rencontrées au début, notamment pour la soudure, étant surmontées à l'heure actuelle. L'économie résultant de l'emploi d'aluminium au lieu de cuivre pour les conducteurs aériens est telle que, dans les pays où l'on établit de longues lignes de transmission aérienne, c'est l'aluminium qui est employé presque exclusivement. En Grande-Bretagne, on n'a pas eu jusqu'ici l'occasion d'établir de longues lignes aériennes ; mais dans ces dernières années, on a installé un certain nombre de câbles aériens en aluminium pour l'éclairage et la fourniture de l'énergie électrique aux usines, mines de houille, etc.

L'emploi des conducteurs en aluminium se développe en même temps que l'utilisation de l'énergie électrique elle-même, car entrepreneurs et consommateurs apprécient l'immense économie qui en résulte dans les frais de premier établissement.

En outre, aux cours actuels de l'aluminium, la différence de prix de revient des conducteurs aériens non isolés est telle que la demande devient très importante également pour les câbles souterrains isolés, malgré la plus grande quantité de matière isolante qui est nécessaire par suite des dimensions un peu plus fortes des conducteurs en aluminium.

La conductibilité de l'aluminium utilisé pour les applications électriques est égale à 61 0/0 environ de celle du cuivre électrolytique pur ; un câble en aluminium doit donc avoir une section supérieure de 64 0/0 à celle d'un câble en cuivre de même conductibilité ; pour un câble rond le diamètre sera augmenté de 28 0/0. Le cuivre étant 3,3 fois plus lourd que l'aluminium, on

(1) Dilaté de 1/32 de pouce au centre, mais revenu aux dimensions primitives après la cessation de la pression.

(2) Même observation (à peine 1/32 de pouce).

(3) Comme ci-dessus avec dilatation plutôt moindre.

(4) Par ait. Supporterait probablement une pression beaucoup plus forte.

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'aluminium 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 Delau-

nay-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 dépla-

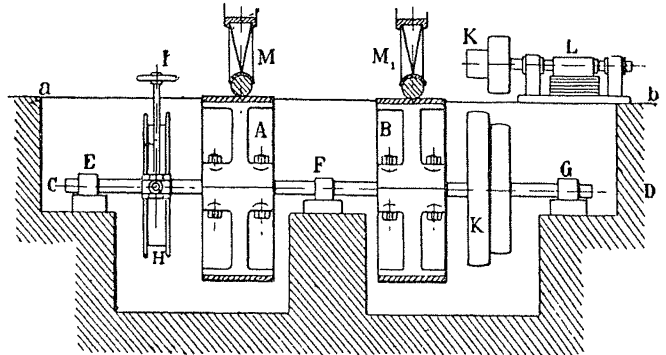


FIG. 33. — Coupe longitudinale de l'appareil dynamométrique.

çant 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.

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<sub>1</sub> 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*<sub>1</sub> 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.