

Titre général : Comment on construit une automobile

Auteur : Zero, Miguel

Titre du volume :

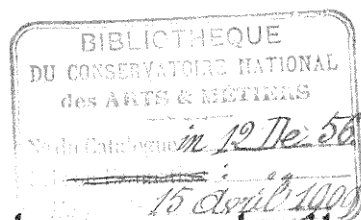
Mots-clés : Automobiles*Conception et construction*France*1870-1914

Description : 1 vol. (480 p.) ; 19 cm

Adresse : Paris : Garnier frères, 1908

Cote de l'exemplaire : 12 De 56.3

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?12DE56.3>



Comment on construit une Automobile

TOME III

DU MÊME AUTEUR :

MANUEL PRATIQUE D'AUTOMOBILISME. Voitures à essence, Motocyclettes, Voitures à vapeur, Canots automobiles, Pannes et leurs remèdes, Voiturettes. — 3^e édition, considérablement augmentée et mise à jour. 1 volume de 532 pages, orné de 169 figures, relié toile souple . 5 fr.

(Ouvrage honoré d'une souscription de M. le Ministre du Commerce et de la Ville de Paris).

COMMENT ON CONSTRUIT UNE AUTOMOBILE. Guide du constructeur d'automobiles. *Tome I^{er}* : « L'Outillage, Machines-outils et outils divers ». 1 volume de 408 pages, illustré de 252 figures, relié toile souple 5 fr.

(Ouvrage honoré d'une souscription de M. le Ministre du Commerce).

COMMENT ON CONSTRUIT UNE AUTOMOBILE. Guide du constructeur d'automobiles. *Tome II* : « Les matières premières », Essais mécaniques et chimiques, Métallographie microscopique. 1 volume de 404 pages, illustré de 84 figures, relié toile souple. 5 fr.

MOTOCYCLETTES ET TRICARS. Aide-mémoire du motocycliste. — *(En préparation).*

M. ZEROLO *12^e De 56*
INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

Comment on construit
une
Automobile

TOME TROISIÈME

PROCÉDÉS DE FABRICATION

La Fonderie. — La Forge. — Le Traçage.
Tournage. — Filetage. — Fraisage. — Taille des Engrenages.
Essais et réglage des Moteurs.

PARIS
GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

1908

Introduction

Nous arrivons, avec ce volume, à la conclusion du programme que nous nous étions tracé en écrivant *Comment on construit une automobile*.

Par les deux premiers volumes, nos lecteurs se seront familiarisés avec les matières premières employées dans la construction automobile et avec l'outillage dont sont pourvues les usines. Il nous reste donc maintenant à montrer de quelle manière sont travaillées ces matières premières pour aboutir à la fabrication des pièces qui constituent une voiture automobile.

C'est ce que nous avons cherché à exposer, le plus simplement et le plus clairement possible, dans le présent volume.

Nous allons donc passer en revue les opérations fondamentales ayant pour effet de transformer une masse informe de métal en un organe brut, puis de donner à cet organe brut sa forme et ses dimensions définitives.

Pour produire des pièces brutes, les deux moyens essentiels dont dispose le constructeur

Guide du constructeur d'automobiles

sont la *fonderie* et la *forge*. Exceptionnellement, une pièce finie sera tirée d'un morceau de métal directement, par « prise dans la masse ». Mais c'est là un procédé d'application limitée, ne convenant guère que pour des pièces de petite dimension et pouvant être obtenues, notamment, par décolletage, au tour revolver.

La fonderie et la forge restent donc les deux méthodes principales pour la transformation du métal en pièces brutes.

Aussi nous sommes-nous étendu assez longuement sur ces deux procédés, et plus particulièrement sur la fonderie qui comporte des méthodes très spéciales et très intéressantes.

Nous passerons donc successivement en revue la confection des modèles, les matières employées pour le moulage (moulage en sable et moulage en terre), ainsi que les appareils servant à la préparation des sables de fonderie.

Le moulage à la main est employé pour les pièces fondues à petit nombre d'exemplaires tandis que les méthodes de moulage mécanique s'imposent pour la fabrication en série, ce qui est de plus en plus fréquent dans la construction automobile.

Ces méthodes de moulage mécanique sont aujourd'hui très perfectionnées ; nous les avons exposées avec assez de détails. Il nous a fallu décrire ici les machines employées à cet effet, ayant préféré réserver l'étude de ces machines pour ce volume (au lieu du premier) afin de faire un tout complet du chapitre consacré à la fonderie.

Introduction

La forge donne, en général, des pièces moins finies que la fonderie, mais c'est le seul moyen d'obtenir les pièces qui ne peuvent être établies en métaux coulés (fonte, bronze, alliages d'aluminium, etc.)

Les pièces brutes fournies par la forge ou la fonderie doivent être travaillées au moyen des machines-outils pour être amenées à leur forme d'utilisation. Ce travail aux machines-outils est, le plus souvent, précédé d'une opération très importante, le *tracage*, ayant pour but de donner à l'ouvrier tourneur ou fraiseur, par exemple, des repères pour la bonne et exacte exécution du travail qui lui est confié.

Cette opération du tracage a été étudiée au chapitre IV : nous y avons exposé les méthodes générales employées et les règles à suivre dans la pratique ; des exemples complètent et illustrent ces indications théoriques.

Après l'étude de ces méthodes et procédés, en quelque sorte préliminaires, nous nous trouvons conduits à l'examen des opérations destinées à finir les organes, à les amener à la forme qu'ils doivent avoir pour être montés à leur place dans le mécanisme d'une voiture.

Ce sont les *travaux de tour* (chapitre V) qui permettent la production de tous les solides de révolution, le *filetage*, qui se fait le plus souvent sur le tour, mais qui constitue une opération d'importance suffisante pour justifier un chapitre spécial (chapitre VI). Nous avons donné quelque développement à ce chapitre, car le

Guide du constructeur d'automobiles

filetage pose quelques problèmes fort intéressants et qui méritent d'être considérés d'un peu près.

Le *fraisage* fera l'objet du chapitre suivant ; nous avons déjà eu l'occasion de mettre en lumière l'importance du fraisage comme moyen d'usiner des organes de machine ; nous n'y reviendrons donc pas ici. Signalons seulement que nous avons, dans ce chapitre, donné quelques indications qui nous paraissaient utiles sur l'affûtage des fraises dont l'importance est très grande.

Les engrenages sont parmi les organes les plus importants d'une voiture automobile, à la fois par le rôle qu'ils ont à remplir et par le nombre. Nous avons consacré à l'opération de la *taille des engrenages* un chapitre spécial dans lequel nous avons étudié les profils usuels, leur détermination et leur tracé, ainsi que les moyens de les produire industriellement.

Les chapitres ix à xii étudient diverses opérations intéressantes : le *meulage* et la *rectification* (très employée dans la construction automobile), *l'alésage des cylindres de moteurs*, dont la bonne exécution est capitale, diverses opérations de moindre importance, ainsi que les travaux de *Chaudronnerie* nécessaires pour la fabrication d'une voiture.

Dans le chapitre suivant (chapitre xiii) nous avons étudié en détail les méthodes *d'essai des moteurs*, des carburateurs et des voitures.

Introduction

L'utilité de ces essais n'est pas à démontrer : ils sont les meilleurs contrôles de la fabrication et il importe d'y donner les plus grands soins.

Trois méthodes sont aujourd'hui d'application courante pour les essais de puissance, l'essai au frein de Prony, l'essai à la dynamomètre et l'essai au moulinet du colonel Renard.

Ce dernier procédé présente l'avantage d'une grande simplicité qui ne nuit pas à la précision des résultats ; on l'emploie beaucoup aujourd'hui. Le moulinet Renard permet aussi la mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture.

Nous avons complété cette étude des méthodes d'essai par une description détaillée du laboratoire de l'Automobile-Club de France qui nous a fourni l'occasion de montrer, par des exemples, la conduite des expériences, ainsi que les essais préliminaires à effectuer pour « tarer », pour ainsi dire, les appareils de mesure de toute nature.

Le *réglage des moteurs* fait l'objet du chapitre xiv ; c'est là une opération de première importance, puisque du bon réglage d'un moteur dépend la perfection de son fonctionnement. Le réglage d'un moteur à explosion peut se faire d'un grand nombre de façons, le cycle *théorique* à quatre temps n'étant, pour ainsi dire, jamais employé aujourd'hui.

Nous avons donc examiné dans ce chapitre les principales variantes employées dans la pra-

Guide du constructeur d'automobiles

tique, en les figurant sur des épures de distribution qui permettent d'indiquer d'une façon schématique et très claire les caractéristiques d'un moteur déterminé.

Après l'étude du réglage, il ne nous restera plus qu'à donner quelques indications sur le montage des divers organes sur le châssis et sur l'essai des voitures finies (chapitre XV),

Enfin, dans un dernier chapitre, nous avons réuni les formules usuelles qui trouvent le plus couramment leur application dans la construction automobile : frottement, coefficients de frottement, principales formules de la résistance des matériaux (résistance à la traction, résistance à la compression, résistance au cisaillement, résistance à la flexion transversale, résistance à la torsion, etc., etc.), calcul des ressorts et des arbres de transmission, coefficients de dilatation et températures de fusion des métaux usuels.

M. Z.

Février 1908.

CHAPITRE PREMIER

Généralités.

Nous allons étudier, au cours de ce troisième et dernier volume de ce livre, les procédés les plus essentiels de fabrication des organes d'une voiture automobile. Nous connaissons maintenant l'outillage dont dispose une usine de construction automobile ainsi que les matières premières employées dans cette construction.

Il ne nous reste donc plus qu'à passer en revue les opérations principales au moyen desquelles les diverses matières premières que nous avons étudiées dans le deuxième volume sont transformées en organes de voiture automobile.

Etant donné un métal en barres ou lingots, trois procédés fondamentaux permettent d'en faire un organe de machine :

1° Le procédé le plus immédiat, celui qui se présente le premier à l'esprit, consiste à « prendre dans la masse » l'organe qu'il s'agit d'exécuter : en d'autres termes, au moyen d'outils

Guide du constructeur d'automobiles

appropriés, à sculpter en quelque sorte le dit organe dans une barre de métal.

Ce procédé est d'un emploi tout à fait courant pour certaines petites pièces que l'on fabrique par *décolletage*, par exemple au tour revolver pour une production en série (1). Il y a là, en effet, pour les pièces qui peuvent être entièrement faites sur le tour, en les tirant de la masse, un moyen de fabrication simple et rapide.

Mais ce procédé cesse d'être pratique pour l'obtention de pièces de forme compliquée ne pouvant se faire entièrement sur le tour et nécessitant, par exemple, la collaboration du tour et de la fraiseuse.

D'autres procédés permettent de fabriquer ces pièces d'une façon simple, procédés qui livrent ces pièces à *l'état brut*, prêtes à être finies rapidement et économiquement au moyen des machines-outils.

Toutefois, certaines pièces sont couramment prises dans la masse, malgré la complexité relative des opérations nécessaires à cet effet : il en est ainsi, dans beaucoup d'usines, pour les vilebrequins.

Dans certains cas particuliers, en outre, des pièces qui, en fabrication courante, sont obtenues par les procédés plus économiques de la fonderie ou de la forge, sont prises dans la masse : c'est ce que quelques usines font pour certains organes essentiels des voitures de

(1) Voir M. Zerolo, *Comment on construit une automobile*, tome 1^{er}, pages 175 et 190.

Généralités

course. Pour ces voitures, les constructeurs ont été conduits jusqu'ici, par suite de la limitation du poids imposée par les règlements, à établir des organes aussi légers que possible sans nuire à la résistance. Aussi ont-ils, dans beaucoup de cas, fabriqué pour ces voitures des organes pris dans la masse, dans des aciers de qualité exceptionnelle, notamment des pignons qui, pour les voitures ordinaires sont fabriqués en acier moulé.

Mais il ne peut y avoir là qu'un procédé exceptionnel, fort coûteux, uniquement justifié par le désir du constructeur de mettre toutes les chances de réussite dans son jeu et par les conditions toutes particulières de travail auxquelles sont soumises les voitures de course.

Pour les organes qui ne peuvent pas être obtenus d'une façon simple et économique par décolletage, on aura donc recours aux deux moyens de production suivants :

2° *La fonderie.* — Si la « prise dans la masse » d'une pièce peut constituer le mode de fabrication se présentant le premier à l'esprit lorsque l'on dispose d'un outillage suffisant pour le travail des métaux, il est incontestable que c'est là un procédé fort dispendieux, sauf dans certains cas très particuliers (notamment pour les pièces pouvant s'exécuter sur le tour et pour lesquelles la quantité de matière à enlever est faible). De plus, ce procédé nécessite un outillage déjà assez perfectionné. Aussi n'est-ce certainement pas le procédé le plus primitif et les premiers hommes ayant cherché à travailler les

Guide du constructeur d'automobiles

métaux ont dû avoir recours à d'autres méthodes : la fonderie et la forge.

Il est, en effet, assez logique de chercher à rendre moins dures les matières à travailler, de chercher à les ramollir pour les façonner plus facilement (forge) ou même de les amener à un état de fluidité suffisante pour leur permettre de remplir la cavité d'un moule reproduisant la forme de la pièce qu'il s'agit d'obtenir (fonderie).

En fait, dans la construction mécanique moderne, la fonderie et la forge jouent un rôle très important. Certaines pièces, d'ailleurs, ne peuvent guère être obtenues que par la fonderie : on ne voit pas très bien, en effet, la fabrication d'un cylindre de moteur de motocyclette, à ailettes, par la prise dans la masse d'un bloc de fonte ou d'acier.

Nous étudierons donc, avec quelque détail, les diverses phases des opérations de fonderie.

Pour obtenir une pièce de fonderie, il faut commencer par en établir le *modèle*, presque toujours en bois : c'est le travail des modelleurs, qui exécutent ce modèle dans les conditions que nous exposerons plus tard, d'après les dessins cotés que leur fournit le bureau d'études.

Une fois le modèle établi, on fait le *moule*, en sable : cette opération se fait très souvent aujourd'hui, pour la fabrication en série, au moyen de machines à mouler qui permettent d'avoir une fabrication rapide et économique ; nous décrirons au chapitre spécial l'opération du moulage et les machines qui en permettent l'exécution, en quelque sorte, automatique.

Généralités

Il ne reste plus, enfin, qu'à couler le métal fondu (fonte, acier, bronze, alliages d'aluminium, etc.) dans le moule. Après refroidissement, en détruisant le moule, on retire la pièce « brute de fonte ». Elle sera terminée au moyen de machines-outils appropriées ; pour certaines pièces, d'ailleurs, surtout avec les procédés de moulage mécanique, la pièce brute de fonte n'a besoin que d'un simple ébarbage, généralement fait à la meule, pour être utilisée. C'est le cas, par exemple, de certains carters.

Pour d'autres pièces, au contraire, un travail important à la machine-outil est nécessaire ; citons, comme étant dans ce cas, le plus fréquent, les pignons en acier coulé (on peut faire aussi des pignons par la forge), les cylindres de moteurs, etc., etc.

3° *La forge.* — Un assez grand nombre de pièces sont obtenues par forgeage : les pièces brutes de forge ne peuvent jamais être utilisées telles quelles : elles doivent être finies ensuite.

Parmi les pièces pouvant être fabriquées par ce procédé, nous pouvons citer les vilebrequins des moteurs qui, dans certaines usines, sont obtenus par forgeage, et terminés ensuite sur le tour. Les constructeurs ont, toutefois, tendance à prendre les vilebrequins dans la masse, dans une plaque épaisse de métal, par la méthode que nous indiquerons plus tard.

Nous commencerons notre étude des PROCÉDÉS DE FABRICATION par la fonderie et la forge qui

Guide du constructeur d'automobiles

nous donnent des pièces brutes qu'il faut ensuite dégrossir et finir.

Nous nous trouverons donc conduits ensuite à étudier le travail des machines-outils, dont l'importance est, d'ailleurs, considérable. Nous examinerons successivement :

a) *Le traçage.* — Avant d'être livrées à la machine-outil, la plupart des pièces doivent être soumises au *traçage*. Cette opération consiste à indiquer, au moyen de points frappés au poin-teau et de lignes, comme nous le verrons plus tard, les axes principaux de la pièce, les plans, et, en général, toutes les lignes qui permettent d'orienter la pièce sur la machine-outil et donneront à l'ouvrier toutes les indications sur la matière à enlever pour amener la pièce à sa forme définitive.

Le traçage demande à être fait très soigneusement : il est confié à des ouvriers spéciaux qui l'exécutent d'après les dessins cotés.

Comme le traçage précède presque toujours le travail à la machine-outil, nous l'étudierons avant de décrire les diverses opérations de tournage, fraisage, alésage, etc., etc.

b) *Le travail du tour.* — Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire (1^{er} volume, page 134), le tour est la plus importante des machines-outils.

Le nombre des opérations se faisant sur le tour est très élevé.

c) *Le filetage.* — Le filetage est un cas particulier du travail du tour : cette opération se

Généralités

pratique en effet sur le tour à fileter, mais, par son importance, nous en ferons l'objet d'un chapitre spécial.

d) *Le fraisage.* — Nous avons vu que, après le tour, la machine à fraiser ou fraiseuse est la machine-outil la plus répandue. Le rôle de la fraiseuse tend d'ailleurs à devenir de plus en plus prépondérant, et nombre d'opérations qui se faisaient autrefois avec d'autres machines (par exemple le rabotage et le dressage de pièces planes de surface moyenne) se font aujourd'hui à la fraiseuse.

e) *La taille des engrenages.* — Cette opération, dont l'intérêt en matière de construction automobile, est évident, se fait souvent aujourd'hui sur la machine à fraiser, mais il existe aussi des machines à tailler les engrenages avec outils tranchants à mouvement rectiligne alternatif.

La taille des engrenages doit être faite avec la plus grande précision, et les machines, que l'on trouve aujourd'hui dans le commerce pour l'exécuter, donnent toute satisfaction à cet égard. C'est, d'ailleurs, une opération assez délicate et beaucoup d'usines préfèrent s'adresser à des industriels qui se sont spécialisés dans ce travail et l'exécutent avec perfection.

f) *Le meulage et la rectification.* — Le meulage précède parfois certaines autres opérations : c'est ainsi que beaucoup de pièces brutes de fonderie sont soumises tout d'abord à un *ébar-*

Guide du constructeur d'automobiles

bage à la meule avant d'être travaillées par les machines-outils. Elles sont aussi très souvent *dégrossies* au moyen de meules lapidaires. (Voir 1^{er} volume.)

La rectification, qui se fait à la meule sur les machines à rectifier, permet dans certains cas de travailler des matières très dures, difficiles à travailler au moyen d'outils en acier ; il existe, par exemple, des machines spéciales pour la rectification des segments de moteurs. (Voir 1^{er} volume, page 323.)

L'usage des machines à rectifier se répand, d'ailleurs, de plus en plus dans les usines de construction d'automobiles. La rectification rend de grands services et constitue souvent une méthode de travail simple et expéditive.

g) *L'alésage des cylindres.* — C'est là une opération fort importante et qui mérite bien qu'il lui soit consacré quelques pages. L'alésage doit être fait soigneusement et il y a intérêt à donner quelques indications sur les précautions à observer pour arriver à un résultat parfait ; nous ferons donc connaître dans un chapitre spécial les principaux tours de main qui permettent d'aléser un cylindre avec succès.

h) *Divers.* — Il ne nous restera plus, pour en finir avec le travail des machines-outils, qu'à dire quelques mots de diverses opérations moins importantes, telles que le perçage, le rabotage, le travail au jet de sable, etc.

L'usinage des vilebrequins pris dans la masse rentrera dans ce genre de travaux.

Généralités

Lorsque nous aurons passé en revue ces diverses opérations, nous connaîtrons les moyens de fabrication des divers organes d'une voiture automobile. Il nous restera, toutefois, pour être complet, à dire quelques mots de la *chaudronnerie* : fabrication des réservoirs d'eau et d'essence, montage des tuyauteries, etc., etc.

Pour avoir une voiture, il va donc suffire maintenant de réunir ces organes les uns aux autres ; auparavant, il y aura lieu, pour certains d'entre eux, de faire le montage des diverses parties qui les composent : c'est notamment le cas des moteurs, des carburateurs, des changements de vitesse, des différentiels, etc.

En ce qui concerne les moteurs, le montage se complique d'une autre opération délicate, le *réglage*. C'est là une question fort intéressante ; aussi en ferons-nous l'objet d'un chapitre spécial dans lequel nous indiquerons, entre autres choses, les principaux modes de réglage adoptés par les constructeurs aujourd'hui, avec les raisons qui les ont fait adopter. Nous donnerons, avec des exemples, les épures de réglage de ces moteurs.

Avant de monter le moteur sur son châssis, toutes les usines consciencieuses le soumettent à un *essai au banc* ayant pour but d'en vérifier le bon fonctionnement, de s'assurer que le moteur donne bien toute sa puissance et, parfois, d'en mesurer la consommation.

Il existe plusieurs méthodes pour effectuer ces essais ; toutes sont également bonnes : cer-

Guide du constructeur d'automobiles

taines présentent l'avantage d'être d'application plus facile et sont, pour cette raison, préférées dans beaucoup de laboratoires d'usines. Nous en donnerons la description dans un chapitre consacré aux essais.

Ce chapitre donnera également les méthodes *d'essai des carburateurs*, des *silencieux* et des *tuyauteries d'échappement*.

Nous y dirons aussi comment on peut *mesurer la puissance à l'axe moteur d'une voiture finie*.

Le moteur ayant été monté, réglé et essayé, les principaux organes de la voiture ayant été montés, il n'y aura plus, pour achever une voiture, qu'à assembler ces divers organes, qu'à les monter à leurs places respectives sur le châssis.

C'est cette opération que nous décrirons dans le chapitre *Montage des châssis*.

À ce moment, le châssis sera en état d'être essayé « en blanc », avec une carrosserie d'essai. Au sortir de cet essai, le châssis sera envoyé au carrossier (ou passera à l'atelier de carrosserie, dans les quelques usines qui font elles-mêmes leurs carrosseries). Enfin, une fois la carrosserie montée et finie, avant de livrer la voiture au client, le constructeur la soumet à un dernier essai et à une dernière mise au point, essai et mise au point indispensables, car il arrive assez souvent que le montage de la carrosserie dérègle tel ou tel organe.

Nous aurons ainsi passé en revue, successivement, toutes les phases de la construction

Généralités

d'une voiture automobile. Nous aurons volontairement laissé de côté la fabrication de la carrosserie. C'est là, en effet, une industrie spéciale et qui, en ce qui concerne l'automobile, ne présente guère comme particularité que l'établissement de formes spéciales, créées en vue de cette application déterminée, et l'emploi de moyens de production en général plus puissants que ceux dont disposaient autrefois les carrossiers pour les voitures hippomobiles.

Nous écarterons également la fabrication des pneumatiques qui constitue aussi une industrie toute spéciale et dont l'étude nous entraînerait trop loin.

CHAPITRE II

La Fonderie.

Nous avons à examiner successivement, pour étudier la fonderie, les opérations suivantes :

1^o La confection du modèle ou modelage ;

2^o La confection du moule ou moulage ;

Cette opération peut se faire à la main, ou au moyen de machines spéciales (moulage à la main, moulage mécanique) ;

3^o La coulée du métal qu'il a fallu préalablement amener à l'état fluide, soit au cubilot (fonte), soit au creuset (bronze, acier, alliages divers).

C'est là la suite normale des opérations de fonderie ; dans quelques cas tout particuliers (dont on ne trouve guère d'exemples, d'ailleurs, dans la construction automobile), on se dispense de faire un modèle : on opère ainsi, parfois, pour quelques pièces de formes simples, et surtout pour celles qui sont limitées par des surfaces de révolution, notamment quand elles ne doivent pas être reproduites à un grand nombre d'exemplaires.

On moule de cette façon généralement les volants de dimensions un peu importantes, les poulies, etc.

Examinons maintenant chacune des opérations de fonderie que nous avons énumérées plus haut.

I. — Le Modelage. — Les ouvriers modelleurs exécutent, d'après les dessins cotés, les *modèles* en bois des pièces, au moyen desquels la fonderie pourra ensuite reproduire ces pièces à un nombre d'exemplaires quelconque.

Dans l'exécution d'un modèle, l'ouvrier doit tenir compte de deux considérations d'ordre pratique :

- 1^o le retrait ;
- 2^o la dépouille.

1^o *Le retrait.* — Lorsque, le moule en sable ayant été fait au moyen du modèle, on y coule le métal fondu et que, celui-ci étant refroidi, on peut démouler la pièce, les dimensions de cette pièce sont sensiblement inférieures à celles du moule qui lui a donné naissance et, par suite, à celles du modèle dont le moule a pris rigoureusement les dimensions : c'est que, en effet, la solidification du métal fondu est accompagné d'une diminution de dimensions ou, en d'autres termes, d'un *retrait*.

Il faut donc tenir compte de ce retrait au moment de la confection du modèle et, pour y parer, donner au modèle des dimensions linéai-

Guide du constructeur d'automobiles

res supérieures à celles de la pièce que l'on veut obtenir, dans la proportion du retrait que subira la pièce coulée.

Ce retrait est d'ailleurs variable. Il varie surtout avec le métal dont sera faite la pièce considérée : on admet généralement les valeurs moyennes suivantes, pour le rapport *linéaire* entre le modèle et la pièce obtenue :

Pour l'acier fondu	$\frac{1}{72}$
Pour la fonte grise	$\frac{1}{96}$
Pour la fonte malléable	$\frac{1}{48}$
Pour le bronze	$\frac{1}{130}$
Pour le laiton	$\frac{1}{65}$

Ces moyennes n'ont rien d'absolu, En effet, le retrait est très variable suivant les circonstances et peut très bien s'écarter de 20 ou 25 % en plus ou en moins des moyennes généralement admises. Il dépend de la température de coulée et de la vitesse de refroidissement. Les petits objets rapidement refroidis prennent moins de retrait ; les grosses pièces en prennent davantage.

Le retrait est moins sensible sur les parties inférieures des moules, et il y a avantage à couler les parties les plus minces toujours vers le bas.

Le retrait des alliages de cuivre est d'autant plus fort qu'ils contiennent plus de zinc et d'étain. Quand on refond des débris de prove

nance variée, on est plus exposé aux retraits inégaux.

Pour tenir compte du retrait d'une façon simple et, pour ainsi dire, automatique, les modelleurs font usage de *mètres à retrait* ou règles graduées de telle manière que les dimensions indiquées par les cotes du dessin (dimensions finales de la pièce coulée) se trouvent reportées sur le modèle dans les proportions du retrait, sans qu'il soit besoin de se livrer à aucun calcul à cet effet.

Pour le moulage de pièces en fonte, par exemple, le retrait étant, pour ce métal, d'environ 1 %, ainsi que nous l'avons vu plus haut, le modelleur emploiera une règle graduée de 101 centimètres de longueur (improprement appelé *mètre*), divisée en dixièmes, centièmes, millièmes. Une division de un dixième de cette règle correspondra à un décimètre sur le dessin coté et, sur la pièce fondue, la dimension correspondant à ce dixième sera réellement de un décimètre.

Dans le tracé des modèles, les formes doivent, en outre, être calculées pour faciliter le retrait, sans déchirures : ainsi, pour une poulie à bras coulée d'un bloc, les bras doivent être courbés et s'élargir aux extrémités : un bras rectiligne se briserait à la jonction du noyau pendant le refroidissement.

Il faut éviter les changements brusques d'épaisseur : il en résulterait une rapidité de refroidissement très inégale en deux points voisins, et, par suite, des ruptures ou des

Guide du constructeur d'automobiles

dépressions locales aux points où le métal reste plus longtemps liquide. On peut y parer dans une certaine mesure, lorsque l'on coule en sable, en découvrant rapidement les parties épaisses aussitôt solidifiées, tandis qu'on laisse les parties minces plus longtemps entourées. On placera de préférence les jets de coulée au voisinage de parties minces.

Remarquons encore que, pour les pièces — et ce sont les plus nombreuses — qui ne sont pas destinées à être utilisées brutes de fonderie, mais qui doivent être travaillées à la machine-outil, il y a lieu de prévoir, dans l'établissement du modèle, un excédent de matière sur toutes les parties qui seront travaillées.

2° *La dépouille.* — Il est indispensable que le modèle puisse être retiré du moule en sable (voir plus loin) sans que le moule soit détérioré; cela n'offre aucune difficulté pour certaines pièces, mais il n'en est pas de même pour des pièces de forme compliquée.

Le modelleur a soin, alors, d'établir le modèle en plusieurs pièces, de démontage facile, réunies par des tenons, des chevilles ou des vis.

On comprendra aisément que nous ne puissions donner de règle à ce sujet; cela nous entraînerait trop loin : dans chaque cas particulier, le bon ouvrier modelleur connaissant bien son métier, trouvera les meilleures façons de diviser le modèle dont l'exécution lui est confiée.

La confection des *boîtes à noyaux* est un des

points les plus délicats de l'art du modelleur ; ces boîtes doivent être faites avec le plus grand soin et établies de manière à rendre facile l'extraction du noyau.

La place du noyau est indiquée sur le modèle par une partie en relief dont la tranche est généralement peinte en noir. Cette partie en relief donnera dans le moule une cavité dans laquelle on viendra placer le noyau avant la coulée.

Les bois les plus employés pour les modèles sont : le pin, le sapin, l'aulne et le pin rouge ; on emploie aussi parfois le hêtre, le noyer, le chêne ; il est bon de les choisir bien secs pour éviter que le modèle ne joue une fois terminé.

II. — Le moulage. — En possession de notre modèle, établi comme il vient d'être dit, il s'agit de l'employer à confectionner un *moule* présentant, en creux, la forme de la pièce que nous voulons obtenir, afin de pouvoir y couler le métal en fusion.

Dans les petits ateliers ou pour la fabrication de pièces isolées, l'opération du moulage se fait à la main.

Mais, dans le cas de production en série de pièces fondues, les procédés de moulage mécanique donnent des résultats fort intéressants, aussi bien au point de l'économie de la production qu'au point de vue de la régularité des pièces fondues. Aussi ces méthodes tendent-elles à devenir d'un emploi de plus en plus fréquent dans la construction automobile, plus

encore que dans les autres branches de la mécanique.

Nous en ferons donc une étude un peu détaillée, — justifiée en outre par l'intérêt que présentent ces ingénieuses méthodes, — après avoir dit quelques mots du moulage à la main.

Mais auparavant il convient de passer en revue les *matières employées dans le moulage*, pour la confection des moules. D'après les matières employées au moulage, on peut distinguer, parmi les procédés usuels, trois grandes catégories :

- a) Le moulage en *sable* ;
- b) Le moulage en *terre* ;
- c) Le moulage en *coquille*, c'est-à-dire dans des moules métalliques.

Nous ne citons ici que pour mémoire ce troisième procédé de moulage, dont nous parlerons toutefois rapidement à la fin de ce chapitre.

a) MOULAGE EN SABLE. — *Propriété des sables de fonderie.* — « On peut employer tout sable qui possède la propriété de devenir plastique à l'état humide, tout en conservant une certaine porosité. Les grains ne doivent pas décrépiter à la chaleur de la fonte et ils ne doivent pas contenir d'éléments volatils, tels que carbonates et matières organiques.

» Le sable doit aussi être exempt de corps fusibles, ce qui fait qu'on ne peut pas employer le sable de mer, à moins de le laver pour le débarrasser du chlorure de sodium.

La Fonderie

» Le sable contient trois éléments : les gros grains, les grains fins et l'argile. Les grains trop fins (*farine*) ne contribuent pas à la solidité et diminuent la porosité. Les grains gros peuvent être de formes variées. Les grains anguleux ont plus d'adhésion (tout en restant poreux). Les gros grains peuvent éclater au feu et la proportion de farine augmente alors avec l'usage.

» Les meilleurs sables sont les produits de décomposition sur place de grès à grain moyen, un peu argileux.

» Les sables diluviens sont moins bons. On peut les améliorer par un lavage enlevant une partie de l'argile et du schlamm.

» Pour les améliorer, on peut broyer les sables très gros et irréguliers, afin de les rendre homogènes (le défaut d'homogénéité provoque des retraits inégaux à la chaleur). On peut encore mélanger du sable frais et du sable calciné.

» Sous le rapport du liant, on distingue les sables gras et les sables maigres. Les sables riches en alumine sont généralement gras. Les sables pauvres en éléments fins sont presque toujours maigres et ne peuvent pas s'employer seuls.

» Le sable de rivière est généralement trop maigre. On maigrit un sable trop gras par la dessiccation ou une légère calcination, ou par une addition de vieux sable. On augmente le liant d'un sable maigre par un mélange de farine de seigle, de sirop, d'huile, de levure ou

Guide du constructeur d'automobiles

de mauvaise bière, etc. On peut aussi donner de la porosité au sable en le mélangeant avec du goudron.

» Le sable peut être employé sous trois formes :

» 1^o Le *sable vert*, c'est-à-dire cru, à l'état naturel.

C'est évidemment le procédé le plus économique. Il y a, au moment de la coulée, un dégagement de vapeur d'eau qu'il faut faciliter; aussi, doit-on épingle le sable tout autour du creux, y enfoncer des broches pour ménager de petits événements. Pour les grosses pièces, on ménagera autour du moule un réseau de canaux et on placera au dessous des tuyaux à claire-voie. Cependant il ne faut pas employer le sable vert pour des moulages trop profonds; on risquerait d'avoir des explosions.

» Le sable humide provoque à la surface de la fonte un refroidissement rapide, qui la trempe et le durcit toujours un peu.

» 2^o Le *sable séché* s'emploie pour les grosses pièces dont la surface doit rester douce. Il ne doit pas être trop maigre pour ne pas perdre sa cohésion au séchage. Après avoir fait le moule en sable vert, on le sèche avec des gueuses de fonte rouges, ou avec un feu de charbon de bois. Les parois se détériorent toujours un peu. Parfois, on les enduit d'abord d'une mince couche d'argile.

» 3^o Le *sable étuvé* ou *recuit* convient pour les

petites pièces qui doivent être bien finies, et dont la surface doit rester douce pour se bien travailler. On emploie alors des sables un peu plus gras et le moule est séché à l'étuve, où on peut le chauffer, si on veut, jusqu'au rouge.

» Dans tous les cas, on recouvre la surface des moules d'un enduit très mince de poussière de charbon, plus ou moins mélangé d'argile ou de fécule, délayés dans l'eau et étendus avec un pinceau. Cet enduit empêche les grains de sable de s'attacher à la fonte.

» Pour les pièces très délicates, on noircit les surfaces en les exposant à la fumée, afin de ne pas les détériorer avec le pinceau. On peut encore saupoudrer les surfaces de talc.

» Le sable recuit est généralement employé pour des bronzes et aussi pour les aciers.

» b) MOULAGE EN TERRE. — La *terre de moulage* est un mélange d'argile et de grains sableux, qui a plus de liant que le sable, mais qui doit, du reste, posséder les mêmes qualités. C'est, en somme, un sable plus gras, auquel on incorpore un peu plus d'eau et ce genre de moulage se différencie moins par la nature même de la matière que par la façon dont on l'emploie.

» Tandis que les moules en sable se font d'un bloc tassé et battu, les moules en terre se bâtissent par couches successives que l'on applique sur le modèle ou qu'on dresse au gabarit. Les couches intérieures doivent être mélangées de matières organiques (paille, crottin, bouse de

Guide du constructeur d'automobiles

vache, etc.), pour leur donner de la porosité. La terre est toujours cuite à haute température; elle est préférable pour les grandes pièces et pour les parties où le moule doit offrir plus de solidité. On l'emploie notamment pour les *noyaux* destinés à réserver les vides, pour les profils fouillés présentant des parties minces où le sable ne se tiendrait pas.

» Dans les moulages délicats, la terre peut s'employer sous forme de coulée, c'est-à-dire délayée dans beaucoup d'eau. On l'étend alors au pinceau, par couches successives très minces qui font prise lorsque l'eau s'évapore.

» *Préparation des sables.* — Quelques sables peuvent être employés sans autre préparation qu'un *blutage*. Mais, le plus souvent, il faut d'abord les broyer et les mélanger de manière à obtenir une matière bien homogène, à disséminer régulièrement l'argile, qui sans cela se mettrait en pelote, et les matières étrangères qui pourraient être nuisibles par leur concentration locale.

» On passe le sable dans un broyeur à cylindres cannelés, avec une ou deux fois son poids de sable vieux. La proportion de ce dernier doit être d'autant plus faible que l'on veut avoir une matière plus plastique; ainsi on la réduit pour les grandes pièces difficiles à mouler, et pour les moules destinés à être cuits. Si on n'a pas de sable convenable, on peut faire, dans cet appareil, un mélange de diverses qualités; par exemple, ajouter de l'argile à un sable trop sec.

La Fonderie

» Le laminage se fait mieux quand le sable a été préalablement séché ; avec le sable sec, on peut employer aussi des meules ou des broyeurs à boulets (voir plus loin).

» Le sable, ainsi broyé, est bluté sur des toiles (numéros 50, 60 et 70). Les fondeurs en fonte l'amaigrissent avec du poussier de charbon, dont la teneur varie de 8 à 10 % et se réduit à 5 ou 6 pour le sable étuvé (un excès de charbon durcit la surface des pièces). Pour le moulage du bronze, on emploie le sable pur.

» Les mélanges peuvent se faire dans les broyeurs, ou à la pelle, en étendant des couches successives des diverses matières et en les retournant. On peut employer aussi des malaxeurs mécaniques.

» Enfin, on arrose les *sables préparés*, pour leur restituer la quantité d'eau qui convient à la plasticité (environ 10 % en volume) (1). »

La préparation des sables n'est pas toujours, dans les fonderies, l'objet de soins bien particuliers : les méthodes sommaires généralement employées ne sont pas sans inconvénients.

Ainsi que nous venons de le voir, les sables destinés au moulage subissent, en résumé, le traitement suivant :

Le sable sortant de la carrière est d'abord séché à l'étuve, puis broyé à sec pour l'amener

(1) Le Verrier, *La Fonderie*.

Guide du constructeur d'automobiles

à un degré de division convenable ; il est ensuite tamisé, additionné de vieux sable et humecté ; enfin, on le mélange grossièrement à la pelle et on le passe au diviseur pour lui donner « de l'air ».

La figure 1 représente un *broyeur à meules verticales* pour le broyage des sables ; l'appa-

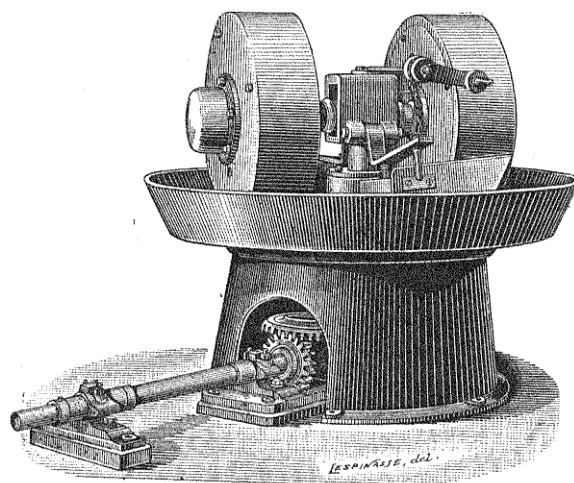


FIG. 1. — Broyeur à meules verticales pour sables de fonderie.

reil est commandé par courroie ; les auges sont généralement munies de plaques en fonte dure, insérées dans le chemin de roulement des meules.

On emploie aussi des broyeurs à boulets avec raclettes ou des frotteurs à cylindres tournant à des vitesses différentes.

Les *cribles* comptent certainement parmi

ceux des appareils de fonderie qui sont le plus négligés. Il existe encore un grand nombre de fonderies qui emploie l'antique claie inclinée pour les vieux sables, malgré le prix énorme de la main-d'œuvre qu'elle nécessite.

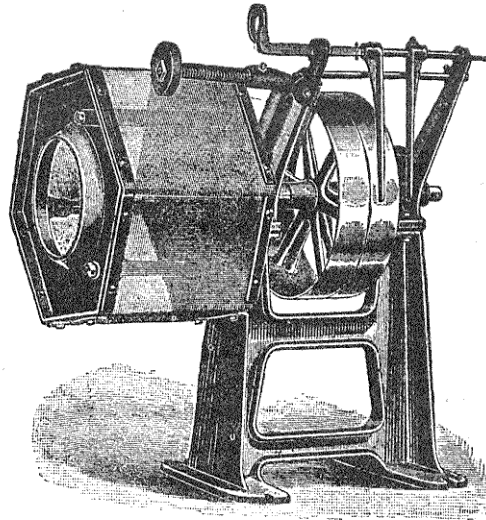


FIG. 2. — Crible rotatif automatique Bonvillain et Ronceray.

MM. Bonvillain et Ronceray, qui ont apporté de notables perfectionnements au matériel pour fonderies, ont imaginé divers systèmes de cribles automatiques qui donnent des résultats beaucoup plus réguliers, tout en réalisant une importante économie de main-d'œuvre.

Ces cribles sont de deux sortes : les uns sont mis en mouvement par un moyen mécani-

que, les autres par l'air comprimé : ce dernier système est le plus pratique toutes les fois que l'on dispose d'une canalisation d'air comprimé.

La figure 2 représente un *crible rotatif automatique* Bonvillain et Ronceray, composé d'un tambour hexagonal muni d'une toile métallique de maille appropriée. La forme polygonale du tambour fait que le sable est constamment secoué et assure un grand débit à l'appareil ; de plus, un ingénieux dispositif fait de temps à autre frapper un galet sur la toile métallique, dans le but de le débarrasser des corps étrangers.

Cet appareil peut servir aussi de mélangeur de sable.

Dans les autres cribles mécaniques, dits à *secousses*, le tamis est monté sur un cadre oscillant mû par un mouvement à bielles et manivelles.

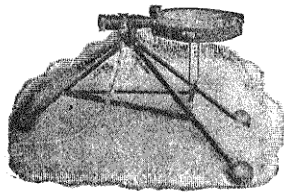


FIG. 3.
Crible à air comprimé.

La figure 3 montre le crible à air comprimé Bonvillain et Ronceray, type transportable ; on fait usage aussi parfois

d'un appareil analogue placé à demeure en un point de l'atelier et disposé, par exemple, pour débiter directement dans une brouette.

L'appareil portatif est très commode : on peut, notamment, le disposer à proximité du moule, ce qui est fort pratique surtout lorsqu'il

s'agit du moulage de pièces de grandes dimensions.

Ainsi que nous l'avons dit tout à l'heure, la préparation des sables par ces méthodes présente d'assez graves inconvénients, dont les principaux sont :

L'irrégularité des produits suivant le plus ou moins d'attention apportée par l'ouvrier à son travail ;

La nécessité de nombreuses manœuvres pour passer d'un appareil à un autre, d'où main-d'œuvre trop importante ;

La trop faible production ;

L'usure considérable des organes.

Dans la fonderie d'automobile, le travail en série devient la règle à peu près générale, ce qui explique le succès des machines à mouler dont nous parlerons plus loin. Cette production en série entraîne comme conséquence la nécessité de produire de *grandes quantités de sable à bon marché*, afin de pouvoir alimenter la machine à mouler dans de bonnes conditions.

Aussi les inconvénients des méthodes un peu primitives consistant à faire usage de broyeurs, de cribles et de mélangeurs séparés, se font-ils surtout sentir lorsqu'on fait usage de machines à mouler en vue de la fabrication en série.

Pour remédier à ces inconvénients, MM. Bonvillain et Ronceray ont étudié un intéressant appareil qu'ils appellent *broyeur-frotteur automatique*, pour rappeler sa méthode de travail,

Guide du constructeur d'automobiles

appareil qui remplace toute la série de ceux utilisés à ce jour.

La figure 4 représente cet appareil.

Il présente l'avantage important de permettre l'emploi du sable neuf, tel qu'il vient de la carrière, sans avoir ni à le sécher, ni à le broyer, ni à le tamiser au préalable ; il se prête à l'alimentation et à l'enlèvement du sable d'une façon continue et automatique.

La machine se compose d'un cylindre rotatif plus ou moins incliné sur l'horizontale et roulant sur deux paires de galets munis d'un graissage perfectionné par l'intérieur. Ce cylindre est entraîné par un système de poulies et d'engrenages.

Il est divisé en deux chambres d'inégales grandeurs par une cloison transversale. La partie comprise entre cette cloison et la partie la plus haute de l'appareil sert de chambre de mélange ; le sable vieux s'y associe intimement avec le sable neuf, et le tout est ensuite déversé progressivement dans la seconde chambre en plus ou moins grande quantité, suivant la qualité du sable à obtenir. Pour régler ce déversement du mélange de sable, on incline plus ou moins le diaphragme mobile, en forme de secteur, fixé à la cloison.

La seconde chambre, qui est de longueur variable suivant la qualité du sable à traiter, contient des séries de rouleaux de différents diamètres. Ces rouleaux sont entraînés par la rotation du cylindre et tournent avec des vitesses tangentielles différentes, de telle sorte

que le sable qui passe entre eux est non seulement écrasé, mais encore *frotté*.

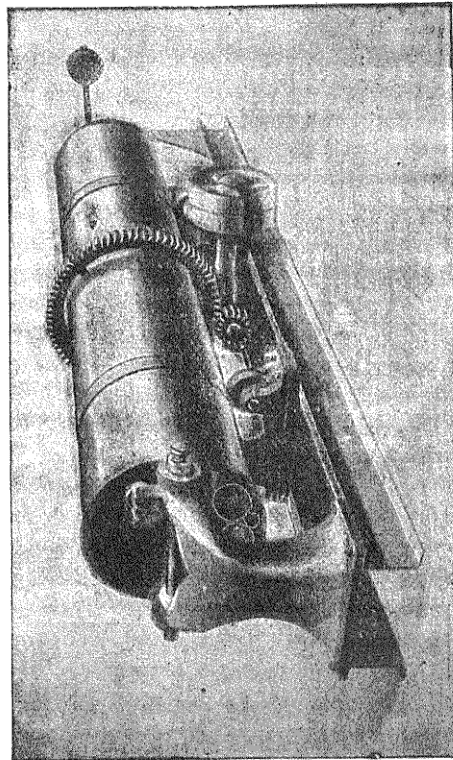


FIG. 4. — Broyeur-frotteur automatique
Bonvillain et Ronceray.

C'est là un point excessivement intéressant et nouveau dans la construction des broyeurs.

Guide du constructeur d'automobiles

Le sable qui passe entre les rouleaux se colle partiellement à la paroi du cylindre, d'où il est détaché par un racloir à lames flexibles et à rattrapage automatique d'usure. En raison de l'inclinaison du cylindre, le sable chemine petit à petit vers la sortie et est évacué après un temps variable suivant la vitesse de rotation et l'inclinaison du cylindre, qu'on règle une fois pour toutes suivant la qualité du sable à traiter.

Le cylindre est maintenu longitudinalement par deux galets fixés sur un support de forme appropriée. L'ensemble est monté sur un châssis métallique qui permet d'incliner facilement l'appareil.

Avec la description de cet appareil, nous terminons l'étude des sables de moulage et de leur préparation. Nous allons maintenant examiner les procédés de moulage eux-mêmes, moulage à la main, d'abord, moulage mécanique ensuite.

A. — MOULAGE A LA MAIN. — Le moulage à la main a été longtemps la seule méthode employée; il en est encore fait usage pour des pièces de très grandes dimensions ou pour celles qui ne doivent être fondues qu'à un très petit nombre d'exemplaires, les procédés de moulage mécanique ne devenant réellement intéressants que pour la fabrication en série.

Le matériel nécessaire pour le moulage à la main se compose essentiellement de *châssis*, de

lanternes servant surtout à la confection des gros noyaux, et de quelques outils, *truelles*, *spatules*, *lissoirs*, *tranches*, *couteaux*, *brosses à mouler*, *aiguilles*, *clous*, *crochets*, *battes*, *maillets*, *soufflet*, etc.

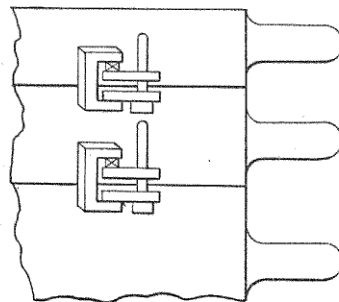
Les *châssis* constituent la partie la plus importante du matériel de moulage. Ce sont des cadres en fer, dont les côtés sont reliés par des tringles formant une sorte de grillage, ou par des traverses d'une certaine hauteur ; ces traverses peuvent elles-mêmes se rejoindre par des croisillons faits avec des sortes de crochets qu'on nomme clous de mouleur. Ainsi, le fond du cadre forme une ossature, une carcasse métallique à laquelle le sable peut s'accrocher. On enduit ces barres d'argile ; une fois bien battu, le sable y adhère et constitue avec lui une masse solidaire, qu'on peut enlever et manier sans craindre aucun dégât.

Des clous de mouleur, de hauteur variable, suspendus aux entretoises, permettent de soutenir et de consolider le sable jusque près du modèle dont leur extrémité suit les contours.

Les châssis portent, sur leurs côtés, des oreillettes pour les soulever, et des pattes avec des boulons clavetés pour les réunir. Il faut les repérer avec le plus grand soin, afin de les superposer exactement quand on les rassemble pour constituer le moule.

Les châssis portent alternativement des pitons et des matrices qui s'emboîtent les uns dans les autres, quand on superpose deux châssis

(figure 5). On peut aussi placer, sur le côté des châssis, des glissières verticales où s'engagent des



tenons en queue d'aronde fixés au cadre voisin. (Le Verrier.)

FIG. 5. — Assemblage des châssis.

L'étude détaillée des divers procédés de moulage à la main, suivant les cas qui peuvent se présenter dans la pratique, nous entraînerait beaucoup trop loin ; nous allons donc nous borner à passer rapidement en revue les points caractéristiques essentiels de ces opérations.

Moulage à un châssis, dans le sol de l'atelier.

— Ce mode de moulage ne se fait guère que pour les pièces de grande dimension : on dispose le modèle, sur des cales, dans une fosse creusée dans le sol de l'atelier, et on tasse du sable tout autour du modèle, à la main d'abord, au fouloir ensuite, puis on épingle tout autour du modèle.

On obtient ainsi, dans le sol, un demi-moule, sur lequel on viendra placer le châssis servant de chapeau. On doit avoir soin de charger ce châssis pour l'empêcher de se soulever.

Moulage à deux châssis. — C'est le mode de

moulage le plus usuel, quand il s'agit de pièces dont la forme n'est pas trop compliquée. Le moule est pratiqué par moitié dans chacun d'eux, ou (si la forme est de dépouille), tout entier dans l'un d'eux, qui prend le nom de *corps*; le second se pose alors seulement sur la face supérieure de la pièce, et prend le nom de *chapeau*.

On commence, en général, par battre le sable sur le modèle dans le châssis inférieur; on installe ensuite ce châssis, avec son modèle, sur une surface plane pour dresser le joint.

« Si la pièce a sa face supérieure plate, ou si le modèle est divisé en deux parties par un plan correspondant au joint, le battage peut se faire sur la planche à mouler (surtout pour les petites pièces). On place, sur une planche bien dressée, le modèle entouré du châssis qui l'encadre (ou la moitié du modèle correspondant à la partie inférieure), et on recouvre de sable en achevant le remplissage avec du sable vieux. On bat le sable avec un fouloir en ayant bien soin de ne pas toucher le modèle; on l'épingle pour assurer l'évacuation des gaz. Ceci terminé, on retourne le châssis, on dresse bien le joint, on le saupoudre de charbon ou de sable brûlé, pour éviter l'adhérence. Puis on place au-dessus le second châssis (ou chapeau), après avoir superposé, s'il y a lieu, la seconde moitié du modèle; on serre les deux châssis, on règle les cales interposées entre les goujons pour maintenir les châssis à bonne distance; on place sur le modèle des mandrins destinés à réserver le

Guide du constructeur d'automobiles

jet de coulée et les évents ; puis on verse du sable et on bat le châssis supérieur.

» Il doit y avoir toujours au moins deux orifices réservés dans cette partie du moule ; l'un sert à la coulée, l'autre à la sortie des gaz (*évent*). Suivant les dimensions des pièces, on multiplie les orifices. Parfois on leur donne une hauteur assez grande pour que la colonne de métal qui s'y trouve exerce une certaine pression sur la masse fondue, et puisse la nourrir pendant le retrait ; c'est ce que l'on nomme *masselotte*.

» Quand le sable est tassé dans le second châssis, on évase un peu, avec un outil tranchant, les orifices des évents ; puis on enlève le châssis supérieur. Le modèle reste dans le corps ; on mouille un peu le sable autour pour lui donner plus de consistance ; on ébranle le modèle par de très légères secousses en le frappant avec une barre et on le retire. Il vaut mieux éviter l'ébranlage, ce qui est possible quand les formes sont bien de dépouille et que le serrage n'a pas été exagéré. On examine le moule pour réparer les dégradations s'il y en a ; les faces planes peuvent être polies à la truelle ; puis on saupoudre de poussière de charbon et on badi-geonne. Enfin, on remonte les châssis en ayant soin de bien remettre les cales de serrage comme elles étaient.

» Lorsque le modèle est en une pièce et présente des saillies des deux côtés, la planche est remplacée par une couche ou lit de sable comprimé et bien dressé dans lequel on enterre la

partie du modèle extérieure au châssis. Le châssis supérieur rempli de sable pourra servir de couche. La couche est saupoudrée de charbon ou de sable cuit (1) »

Nous nous sommes étendus un peu longuement sur le moulage à deux châssis, car c'est le mode le plus fréquent.

Moulage à plusieurs châssis. — Cette méthode s'impose lorsqu'il s'agit de mouler des pièces de grande hauteur ou présentant des saillies de nature à empêcher le démoulage.

On est alors conduit à intercaler entre le châssis supérieur et le châssis inférieur des cadres intermédiaires auxquels on donne le nom de *chapes*.

Voici, d'après M. Le Verrier, quelques indications d'ordre général sur le moulage sur modèles, ce qui est le cas le plus intéressant pour nous, la majeure partie des moulages pour l'automobile se faisant sur modèles :

L'emploi d'un modèle complet nécessite des procédés spéciaux pour mouler les saillies, les parties qui ne seraient pas de dépouille. Ces procédés peuvent se rattacher à trois principes différents :

1° *Le fractionnement du modèle par pièces démontables ;*

(1) Le Verrier, *loc. cit.*

Guide du constructeur d'automobiles

2° *Le fractionnement du moule par pièces battues ou rapportées ;*

3° *Le fractionnement du modèle, par tranches et du moule par cadres.*

Nous ne citons le deuxième moyen que pour mémoire, car il s'emploie surtout pour les moulages d'art dont le modèle est ordinairement d'une seule pièce.

Le premier moyen, le *fractionnement du modèle* est celui qui nous intéresse le plus, car c'est celui dont l'emploi est le plus fréquent dans les moulages mécaniques. On inscrit dans le contour de la pièce à mouler un solide de forme plus simple, qui soit de dépouille, et qui formera le corps du modèle. Toutes les saillies extérieures à ce solide sont représentées par des *pièces démontables* venant s'ajuster autour du corps ; une fois le sable battu, le modèle peut s'enlever en laissant les saillies dans le sable ; ces dernières se retirent ensuite par l'intérieur. Les pièces de rapport sont fixées par des vis qu'on enlève à mesure que le sable battu les entoure et les consolide. Le moule peut alors toujours se faire en deux parties seulement.

Le troisième procédé ne s'applique qu'au cas où la pièce est assez régulière ; par exemple lorsqu'elle est de révolution ou qu'elle possède un axe de symétrie de manière que les sommets rentrants ou saillants du profil soient réunis dans des plans perpendiculaires à cet axe.

Moulage au gabarit. — Le moulage au gabarit, ou *au trousseau*, a l'avantage d'économiser les frais de modèle. Aussi l'emploie-t-on toutes les fois que la forme de la pièce s'y prête, et surtout pour le moulage en terre.

Le modelage au trousseau convient pour les pièces de forme simple et notamment pour celles qui sont limitées par des surfaces de révolution.

Ainsi que nous le verrons plus loin, les noyaux cylindriques sont généralement faits au trousseau ; dans ce cas, on applique des couches de terre sur une lanterne calée sur un axe monté sur pivots ; le gabarit est fixe et on fait tourner la lanterne recouverte de terre devant le gabarit qui rabote la terre et lui donne une surface bien cylindrique.

Le même procédé (gabarit fixe) est applicable à toutes les pièces de révolution de diamètre limité.

Quand les pièces ont un trop grand diamètre, on opère verticalement et c'est le gabarit qui est mobile.

Les moules pour volants de grand diamètre sont toujours faits par troussage au moyen d'un gabarit tournant autour d'un axe vertical.

Le modelage au trousseau s'applique également aux surfaces réglées : c'est ainsi que l'on peut trousser des surfaces hélicoïdales telles que des *hélices* : à cet effet, on monte l'axe creux du trousseau sur une vis ; l'avancement du gabarit pour couper le sable pourra être obtenu dans le sens vertical, le bras qui le

Guide du constructeur d'automobiles

porte coulissant sur l'axe, soit dans le sens horizontal si le gabarit coulisse sur le bras. Le gabarit se retirera de côté perpendiculairement à l'axe, en le faisant coulisser sur le bras qui le porte.

D'une façon générale, le troussage permet de modeler toutes les surfaces engendrées par une courbe génératrice se déplaçant soit sur des droites, soit sur d'autres courbes directrices.

Les noyaux. — On sait que l'on donne le nom de *noyaux* à des pièces rapportées dans le moulage pour ménager des vides à l'intérieur des pièces coulées.

« Quand les noyaux ont des dimensions un peu grandes eu égard à celles de leurs portées, ils doivent être soutenus et repérés dans les moules. On les repère avec des *mouches* de terre, petits cylindres ayant juste l'épaisseur de la pièce, qui le soutiennent dans la position qu'il doit occuper ; après l'avoir présenté et s'être assuré qu'il s'adapte exactement, on remplace ces mouches par des clous à deux têtes larges (en fer ou en bronze suivant les cas), puis on renmoule. Ces clous se dissolvent dans le métal fondu. On s'oppose de la même manière au soulèvement, lorsque le métal arrive au-dessous du noyau, par des clous posés entre lui et le chapeau. »

Quand les noyaux ont des formes compliquées, ou lorsqu'ils doivent être établis en série, on fait usage de boîtes dites *boîtes à noyaux*, à l'intérieur desquelles on place l'axe qui servira à soutenir le noyau ; on y bat ensuite le sable.

Les noyaux de formes simples sont faits par troussage, en terre, autour d'une lanterne généralement métallique ; on emploie alors la terre mélangée de paille hachée ou de matières organiques. Le troussage se fait au gabarit fixe (voir plus haut).

La figure 6 montre, d'après Le Verrier, le troussage d'un noyau par cette méthode.

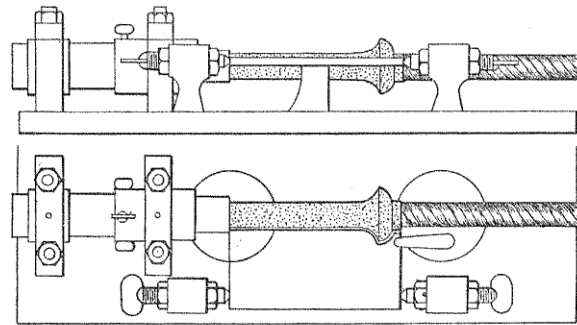


FIG. 6. — Troussage d'un noyau.

Telles sont les particularités les plus essentielles du moulage à la main.

Voyons maintenant les procédés du moulage mécanique.

B. — MOULAGE MÉCANIQUE. — Pendant assez longtemps, l'emploi des machines à mouler a été limité à la fabrication de pièces en grandes séries, faciles et ne présentant pas trop de noyautage, sur modèles bien faits et dépouillant partout. Il en est encore ainsi pour certaines machi-

Guide du constructeur d'automobiles

nes à mouler, mais des progrès considérables ont été faits en cette matière et les fondeurs disposent aujourd'hui de machines et de procédés leur permettant de faire une très large et très avantageuse application du moulage mécanique.

Les perfectionnements les plus importants apportés aux procédés de moulage mécanique portent surtout sur la préparation des *plaques-modèles* et des *peignes*.

C'est que, dit M. Ronceray, pour mouler à la machine, il faut une plaque-modèle, et que, par les procédés ordinaires, cette plaque-modèle coûte très cher ; c'est que, même bien faite, elle produit souvent des arrachements de sable au démoulage, nécessitant du raccord à la main, ce qui augmente singulièrement le prix des moules ; c'est aussi qu'il faut un temps assez long pour établir cette plaque-modèle, et que les clients ne peuvent pas attendre. C'est enfin que les petites difficultés, les imprévus, les ennuis, le nombre de pièces ratées, etc., sont tels qu'ils fatiguent souvent l'énergie la mieux trempée, et il n'est pas rare de voir dans un coin d'une fonderie et couvertes de poussière, des machines ayant coûté cher, reléguées, après quelques mois de service, malgré la volonté bien arrêtée que l'on avait au début de les faire marcher.

Le nœud de la question repose dans la préparation des plaques-modèles faites d'une façon précise, rapidement et à bas prix, quelle que soit la difficulté des pièces, et, autant que pos-

sible, sans la nécessité de recourir à un atelier autre que la fonderie.

Il existe aujourd'hui un certain nombre de machines à mouler fort ingénieuses ; nous ne pouvons pas les décrire toutes, nous nous bornerons donc à exposer sommairement le procédé imaginé par MM. Bonvillain et Ronceray et à donner la description de leurs machines dont on trouve de nombreux exemplaires dans les usines de construction d'automobiles et dans les fonderies travaillant pour l'automobile (1).

Avant de passer à cette étude, disons deux mots des méthodes générales de moulage mécanique.

La machine fait automatiquement dans un châssis le travail du mouleur : le modèle est fixé sur une plaque, avec laquelle il fait corps et qui sert à l'enlever (*plaque-modèle*).

Le démoulage présente une difficulté : il faut éviter l'arrachement du sable. Pour cela, on emploie trois moyens :

1° On retourne le châssis de manière à enlever le modèle par le haut ;

2° Un procédé meilleur consiste à laisser le châssis tourné vers le haut, et à soutenir le sable par un *peigne* ; le peigne est une plaque qui se place entre le châssis et la plaque-modèle et qui épouse les formes du modèle.

(1) Voir l'intéressante conférence de M. Ronceray sur les *Machines à mouler* Bonvillain, parue dans le numéro de mai 1905 du *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

Guide du constructeur d'automobiles

On enlève le modèle par le bas ; la machine peut agir en abaissant la plaque-modèle, ou en soulevant le châssis : parfois on combine les deux mouvements ;

3° Certaines machines donnent aux moules des secousses pour détruire l'adhérence ; ce système donne des moulages moins rigoureux (1).

Les machines complètes, telles qu'on les construit aujourd'hui, font le foulage du sable sur la plaque-modèle ; la pression exercée ainsi mécaniquement sur la masse de sable que contient le châssis est plus uniforme que celle que l'on peut exercer dans le moulage à la main.

La pression est obtenue, soit par un moyen mécanique (serrage au moyen d'une vis), soit au moyen de l'eau sous pression, par un dispositif analogue aux presses hydrauliques. C'est ce deuxième système qui est le plus employé aujourd'hui ; on le combine parfois au premier.

Dans quelques rares machines, la pression est exercée par la vapeur.

Un piston compresseur appuie sur le sable contenu dans le châssis ; dans certaines machines, c'est la plaque-modèle qui est mobile.

Etudions maintenant, comme exemple, les *Procédés de moulage mécanique Bonvillain et Ronceray*.

(1) Le Verrier, *loc. cit.*

Les caractéristiques essentielles des procédés Bonvillain et Ronceray consistent dans la *préparation des plaques-modèles* et des *peignes*.

Ainsi que nous venons de le dire, cette préparation a longtemps été le plus grand obstacle à l'extension du moulage mécanique. Fabriquée par les procédés ordinaires, qui demandent l'usinage de toutes ses parties, la plaque-modèle coûte très cher ; elle est souvent irréalisable lorsqu'il s'agit de pièces présentant quelques difficultés de moulage, et, en tous cas, elle ne peut être préparée rapidement.

Toutes les fois que la chose est possible, il y a avantage à employer la *plaque réversible* qui permet d'obtenir deux pièces avec un seul modèle et ne nécessite qu'une seule plaque-modèle, pour une pièce donnée, partant, une seule machine à mouler (voir plus loin).

Un matériel spécial permet la préparation de ces plaques-modèles et se prête à l'exécution des pièces les plus simples comme des plus difficiles, et ceci très rapidement, très économiquement, en raison de ce fait que tout le travail s'effectue par moulage.

Remarquons que le peigne employé judicieusement fait tomber la plupart des difficultés de démoulage ; il supprime le raccord d'une façon absolue, et, fait intéressant dans bon nombre de cas, permet l'emploi des modèles sans dépouille.

Le peigne doit pouvoir suivre le joint quelle que soit sa forme et se prêter à toutes les combinaisons possible du moulage. Dans le procédé

Guide du constructeur d'automobiles

qui nous occupe, le peigne est obtenu en en découpant le moule dans le sable, serré sous certaines conditions, dans un châssis spécial ; il est coulé ensuite en métal blanc, et on l'obtient brut de fonderie et prêt à servir. Le peigne fait partie du joint, son épaisseur se loge dans la plaque-modèle.

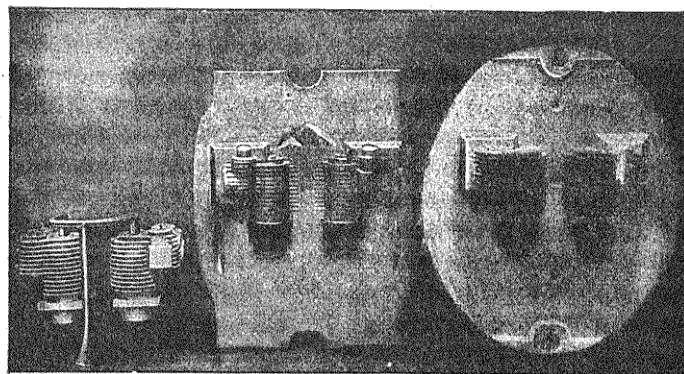


FIG. 7. — Moulage d'un cylindre de motocyclette.

La figure 7 montre, à titre d'exemple, deux cylindres de motocyclette obtenus par ces procédés : à gauche la pièce coulée, à droite, la plaque-modèle, peigne enlevé, au milieu, le peigne.

Nous verrons, plus loin, d'autres exemples.

Les plaques-modèles sont faites en plâtre ou en ciment lorsqu'elles sont destinées à produire

de petites séries de 100 à 200 pièces. Lorsqu'elles doivent assurer une grande production de moules, ou que leurs formes les rendraient fragiles, on les fait avec les matières ci-dessus recouvertes d'une carapace de *métal sans retrait* de quelques millimètres d'épaisseur. Dans tous les cas, c'est un ouvrier mouleur qui effectue ce travail, sans qu'il soit besoin de recourir à un ajusteur.

De ce chef, le prix d'une plaque-modèle est très réduit, d'autant plus que le prix de la matière première est négligeable puisque le métal blanc sans retrait reste la propriété du fondeur qui peut le remettre en lingots dès que la plaque-modèle ne sert plus.

Dans la méthode que nous exposons, il est fait, de plus, le plus large emploi du *peigne*. Celui-ci est connu depuis longtemps en fonderie, mais son emploi était limité aux pièces ayant un joint plan, et on l'obtenait alors par découpage d'une tôle. Pour un engrenage, par exemple, il fallait ajuster le peigne avec la lime, à la forme des dents, ce qui était très long et très onéreux.

Le procédé Bonvillain et Ronceray permet la fabrication des peignes en métal blanc sans retrait, de toutes formes, suivant les nécessités du joint, et ce travail peut être fait par un ouvrier mouleur ; le peigne étant ainsi préparé très rapidement et à très bon marché, il en est fait le plus large usage afin d'éviter tout arrachement au démoulage et tout raccord.

Pour certaines pièces comportant des noyaux

Guide du constructeur d'automobiles

de grosse dimension, on exécute, de façon analogue, des « fonds de pièces », parties de la plaque-modèle qui montent avec le demi-moule, lors du démoulage, en soutenant les noyaux.

Nous avons dit tout à l'heure que, dans beaucoup de cas, il y avait intérêt à établir des plaques réversibles. Voici en quoi consiste le *système réversible* :

Le dessous et le dessus d'une même pièce sont placés de part et d'autre d'un axe idéal qui passe par les axes des goujons, ou est perpendiculaire à cette ligne, suivant les cas ; on serre sur la plaque-modèle deux parties de châssis exactement semblables, sauf que l'une porte une coulée qui n'est pas réservée sur l'autre. Quand les deux parties de châssis sont fermées l'une sur l'autre, l'empreinte qui était à droite sur la machine vient à gauche sur la partie du châssis qui forme le dessous, et réciproquement. On a donc une pièce à droite et une pièce à gauche, mais l'une est renversée par rapport à l'autre.

La symétrie parfaite des deux empreintes paraît excessivement difficile à obtenir, et ce serait vrai si l'on ne possédait un moyen sûr d'y arriver. Sans entrer dans tous les détails du matériel créé pour cela, nous allons en indiquer le principe : il se compose de deux parties de châssis parfaitement travaillées et repérées l'une par rapport à l'autre de façon à pouvoir se placer soit l'une sur l'autre, soit l'une à côté de l'autre. Le passage de la pre-

mière position à la seconde n'est, en somme, que la rotation autour d'une arête commune : c'est l'ouverture d'un livre.

Il suffit, sur ces deux empreintes rapportées l'une à côté de l'autre, de poser un cadre que l'on remplit de la matière plastique qui constituera la couche en s'arrangeant pour se repérer rigoureusement par rapport à l'arête d'ouverture. On conçoit aisément que la symétrie de la plaque-modèle, par un tel procédé, soit parfaite si le matériel est convenablement établi.

Le système réversible s'applique à beaucoup de cas, à tous les cas même, pourvu qu'il y ait possibilité de mettre deux pièces dans le même moule, ou que la forme de la pièce n'exige pas un mode particulier de coulée. Il peut y avoir deux pièces seulement, ou un nombre bien plus considérable.

Les plaques-modèles ne sont pas toujours exécutées en plâtre ou en ciment avec ou sans coquille métallique. Il est un cas où l'on emploie la *plaque-modèle entièrement métallique*. C'est lorsque l'on applique l'intéressante méthode dite du « clichage ».

Le cliché, appelé ainsi par analogie avec les clichés que l'on insère dans les formes d'imprimerie, est une petite plaque-modèle mince en métal sans retrait, de largeur uniforme, mais de longueur variable suivant les pièces à faire. Il porte, au centre dessous, une rainure de centrage, et latéralement deux feuilures ; au centre dessus, une demi-coulée, et enfin, de

part et d'autre de cette coulée, les demi-empreintes.

Les clichés se posent les uns à côté des autres sur une table appropriée, dite *table à clichés* portant une languette centrale dans

laquelle se placent toutes les rainures maintenues latéralement par deux barrettes qui s'appuient sur les feuillures, de sorte que la plaque-modèle se compose de plusieurs clichés assemblés les uns au bout des autres sur la table à clichés.

Le clichage convient surtout pour les petites pièces, et présente de nombreux avantages :

1° Etant donné le ou les modèles, il faut un temps très court (une

demi-heure à deux heures) pour mouler un cliché ;

2° On obtient deux pièces par modèle ;

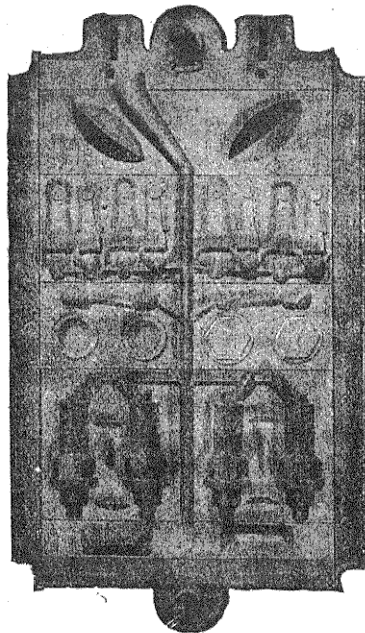


FIG. 8. — Table à clichés portant trois clichés.

La Fonderie

3° Les clichés étant faits de métal sans retrait peuvent être obtenus directement en partant du modèle en bois ordinaire ;

4° Ils sont faits entièrement dans la fonderie, sans l'intervention d'ouvrier autre qu'un mouleur ;

5° Le temps nécessaire au remplacement d'un cliché par un autre étant insignifiant (moins d'une minute), il faut un temps très court pour varier la composition d'une plaque-modèle, et on peut faire passer dans la même journée, sur la même machine, un nombre considérable de petites commandes, ou exécuter une petite commande à la machine, bien qu'une grosse commande soit en cours d'exécution.

Les figures 8 à 11 représentent des exemples de clichage par le procédé Bonvillain et Ronceray.

La figure 8 montre une table à clichés por-

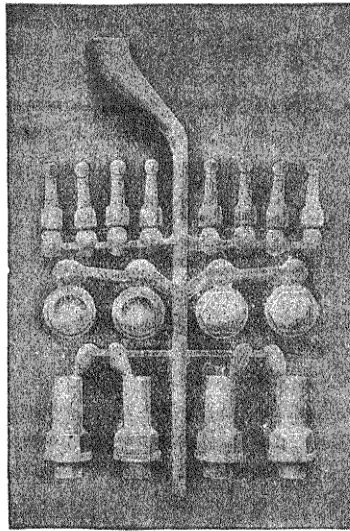


FIG. 9. — Grappe coulée avec des moules serrés sur la table de la fig. 8.

Guide du constructeur d'automobiles

tant trois clichés et la figure 9 une « grappe » coulée avec des moules serrées sur cette table.

Les figures 10 et 11 montrent le cas d'une table portant quatre clichés.

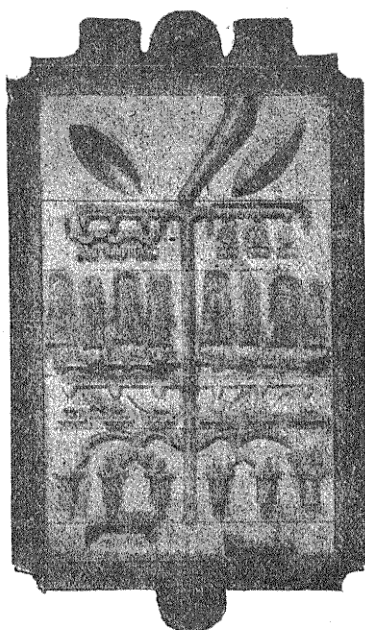


FIG. 10. — Table à clichés portant quatre clichés.

On peut voir par ces figures qu'il n'est pas nécessaire d'employer le joint plan et que des pièces assez variées peuvent être exécutées par ce procédé.

Ces indications générales suffisent, pensons-nous, pour faire comprendre les points caractéristiques de la méthode de moulage mécanique Bonvillain et Ronceray que nous avons prise comme exemple.

Décrivons maintenant les machines elles-mêmes.

Machines à mouler Bonvillain et Ronceray. — Le type le plus simple, que représente la figure 12, est à serrage hydraulique et mécanique combinés.

Le système de serrage hydraulique se compose d'une presse hydraulique ordinaire avec deux colonnes *B* en acier, solidement boulonnées à une plaque de fondation *A* formant pot de presse.

Au milieu de la plaque ou sommier *A* se projette dessous un cylindre *C*, dans lequel se meut un piston *F* formant lui-même cylindre pour un piston *f* plus petit.

Le dispositif de serrage mécanique, porté par une solide traverse mobile *D*, est formé par un fort volant à main *E* et par une puissante vis *V* à filets carrés terminée par un plateau *p*.

Le grand piston porte un plateau en fonte sur lequel est montée la table de moulage. C'est sur cette table que se fixent les couches ou plaques-modèles *c*, au moyen des goujons *k* et des vis *v*.

Le petit piston porte un plateau *H* mobile à l'intérieur de la table de moulage *G*, et c'est

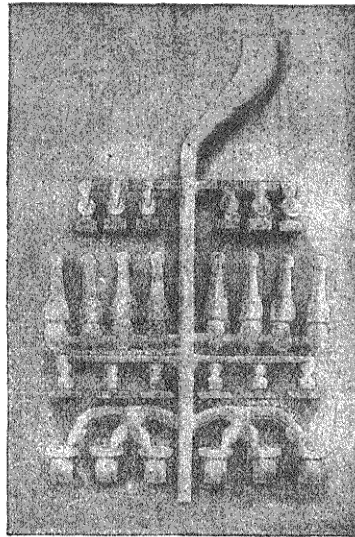


FIG. 11. — Grappe coulée avec des moules serrés sur la table de la fig. 10.

, ou les parties

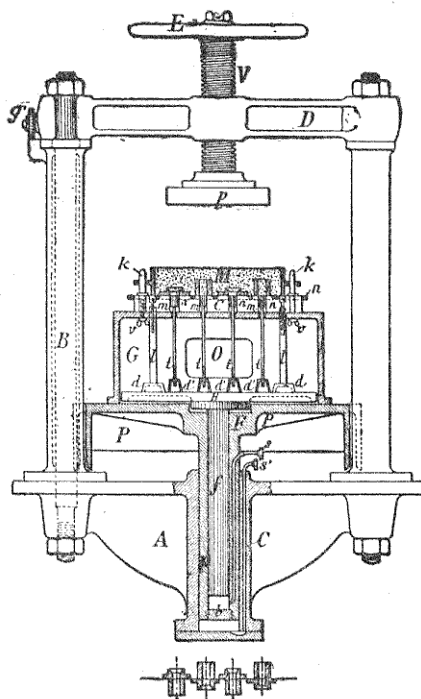


FIG. 12. — Machine à mouler Bonvillain et Ronceray, à serrages hydraulique et mécanique combinés.

pendant l'opération de démoulage, ou les parties de peignes s'il y en a.

Pour cela, ces tiges t, t', t'' reposent sur le plateau N au moyen de petits dés creux tarau-

La Fonderie

dés et leur position en hauteur peut être réglée à volonté en les vissant ou en les dévissant plus ou moins. La table *G* a sa surface percée d'un grand nombre de petits trous à travers lesquels ces tiges peuvent passer et se mouvoir librement.

Le fonctionnement de cette machine est le suivant :

Pour mouler, on fixe la couche sur la table à mouler, et on règle en hauteur les quatre tiges, en vissant plus ou moins les vis à tête qui les terminent, de façon à ce que les quatre angles du châssis ou du peigne (si la couche en comporte un) reposent bien dessus ; puis on règle les tiges des dépoussoirs (si la couche en comporte).

Ce réglage préalable est très important et demande le plus de soin possible de la part de l'opérateur ; il est bon, avant d'opérer, de s'assurer que les chandelles extérieures portent bien exactement sur les coins du châssis ou sous les coins du peigne en mettant ces derniers en position. On peut s'en assurer en admettant l'eau sous pression sous le piston de démoulage : châssis et peigne doivent être soulevés d'une façon absolument simultanée sans qu'il se produise le moindre gauche.

Il faut également apporter le plus grand soin à vérifier que l'engoujonnement du châssis soit parfait et sans jeu, et que son dégagement des goujons au moment où le châssis est soulevé au démoulage, se fasse sans effort.

De la perfection des détails ci-dessus dépend

Guide du constructeur d'automobiles

en grande partie la rapidité dans l'opération du moulage, et surtout sa précision, deux points extrêmement importants, si l'on considère que ce procédé a la prétention de supprimer d'une façon complète les retouches savantes des moules par des artistes mouleurs.

Ces retouches, si on n'y prenait garde, annuleraient bien vite tous les bénéfices de la production mécanique des moules.

En général, le mouleur a tendance à faire des retouches ; aussi conseille-t-on d'employer à la place du mouleur des manœuvres pour la plus grande partie du travail et de n'employer des mouleurs que lorsque les moules présentent un caractère spécial de difficulté, comme par exemple dans la fabrication du carter d'automobile où il est bon d'employer un mouleur aidé par des manœuvres, le rôle du mouleur dans la circonstance étant de veiller au remoulage et à la pose des noyaux et non au moulage proprement dit.

Revenons à la description de l'opération du moulage au moyen de la machine de la figure 12.

Après avoir effectué le réglage préalable, ainsi qu'il a été expliqué plus haut, on met le châssis à mottes ou le châssis ordinaire à mouler sur la couche en l'emmanchant sur les goujons de cette dernière, et on met du sable frais en ayant soin de bien serrer à la main et au besoin au fouloir les parties minces, angulaires ou de formes difficiles où le sable se serrerait difficilement malgré la pression. On ajoute

ensuite une rehausse de même forme et de même dimension intérieure que le châssis employé, on remplit de vieux sable et on presse en tournant rapidement le volant à main à refus.

Pour terminer, on applique la pression hydraulique qui donne rapidement la pression finale voulue.

Quand on dispose d'un accumulateur, on règle la hauteur de la vis, une fois pour toutes, pour chaque genre de moule, et on admet simplement la pression qu'on surveille au manomètre. La consommation d'eau est insignifiante et on règle très facilement la pression suivant le moule.

Pour démouler, on ouvre d'abord le robinet de décharge de la presse hydraulique, et la table, la couche et le moule descendent par leur poids, puis on relève à la main la vis de serrage mécanique en détournant rapidement le volant ; enfin, on repousse la traverse de côté pour qu'elle ne gêne pas la manœuvre. Il est inutile de toucher au volant si on a un accumulateur.

On retire ensuite la rehausse à la main et d'un seul coup l'ouvrier enlève le sable en excès en promenant sur les bords du châssis une règle, de préférence métallique.

Puis, ouvrant le robinet d'admission d'eau sous pression sous le piston de démoulage, le moule est soulevé automatiquement avec le peigne, ainsi que les petits dépoussoirs, soutiens des noyaux venus de moulage.

Guide du constructeur d'automobiles

Le moule ainsi relevé à une certaine hauteur, il n'y a plus pour le débarrasser et du peigne et des dépoussoirs qu'à placer à droite et à gauche, sous les oreilles du châssis, deux colonnettes demi-creuses, qui emboîtent les goujons pour tenir moins de place, et à laisser descendre le piston de démoulage.

Le peigne et les dépoussoirs descendent en même temps et viennent reprendre leur position sur la couche.

Il ne reste plus qu'à enlever à la main le moule qui est resté suspendu sur les colonnettes et à le porter à la machine à assembler.

Le plus souvent, les ouvriers évitent cette manœuvre et soulèvent le moule avant de laisser descendre le peigne.

Quand on dispose d'eau sous pression, toutes les manœuvres sont obtenues au moyen d'un robinet unique, spécialement étudié dans ce but, qui permet de gagner beaucoup de temps tout en évitant les fausses manœuvres.

Nous nous sommes étendu un peu longuement sur le fonctionnement de cette machine parce que ces indications ont un caractère à peu près général et s'appliquent, avec de légères variantes, aux machines plus perfectionnées que nous allons maintenant passer en revue plus rapidement.

La figure 13 représente une machine de type courant, répondant à tous les besoins ordinaires d'une fonderie faisant la pièce moyenne.

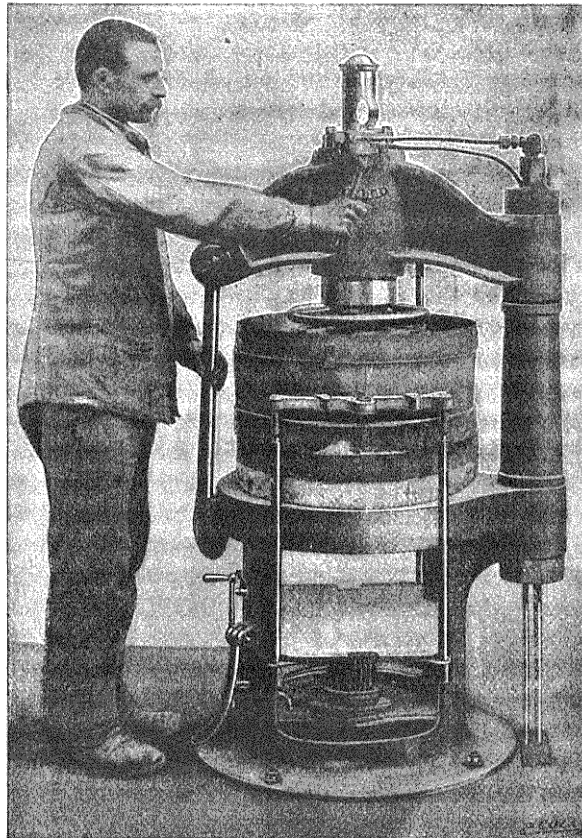


FIG. 13. — Machine à mouler Bonvillain et Ronceray de type courant.

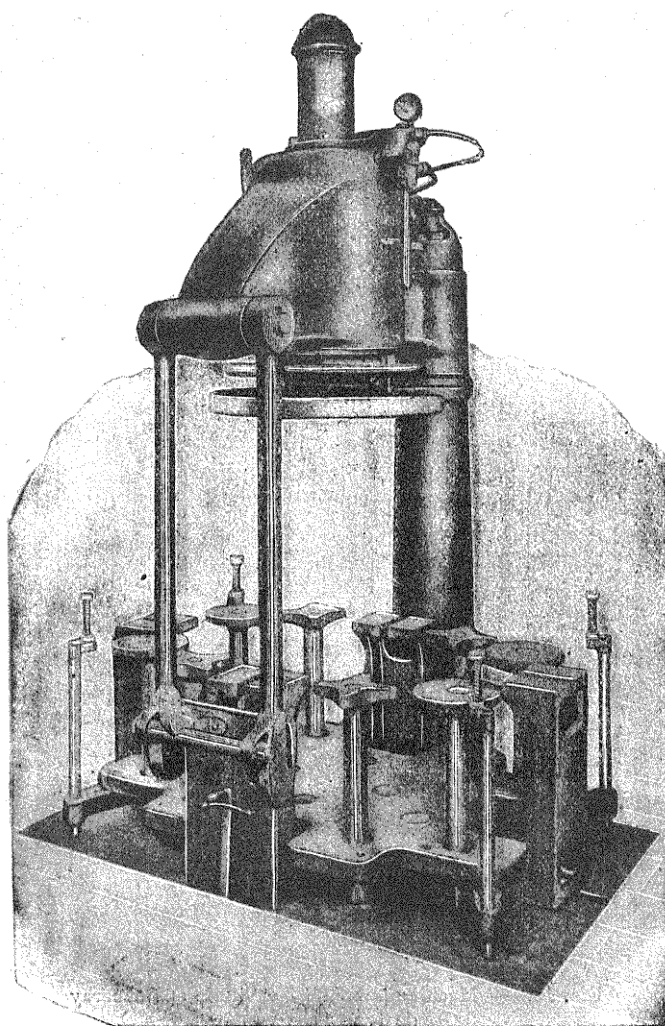


FIG. 14. — Machine à mouler universelle système Bonvillain
et Ronceray.

La table qui reçoit la plaque-modèle est fixe et le serrage se fait par-dessus.

Cette table est largement ouverte pour laisser passer les dépoussoirs ; la plaque-modèle est soutenue par des barreaux mobiles prenant appui dans une feuillure ménagée à l'intérieur. Ces barreaux peuvent être déplacés ou enlevés pour permettre de régler la position des dépoussoirs de noyaux et de fonds de pièce.

Le piston de serrage est extensible, ce qui permet d'en approprier la longueur à la hauteur du châssis et de réduire la dépense d'eau au minimum ; il est muni d'un releveur hydraulique.

Le système de serrage est logé dans un cylindre venu de fonte avec la traverse, comme le montre la figure. Le tout peut pivoter autour de la colonne de telle façon que la machine se trouve dégagée sur trois côtés, ce qui facilite la mise en place des châssis, leur remplissage et l'enlèvement des moules.

A l'autre bout, du côté de l'opérateur, la traverse est reliée à la table par un simple crochet (que l'ouvrier tient dans sa main gauche sur la figure 13). Le moulage effectué, l'homme relève légèrement le crochet et fait tourner la traverse autour de son pivot.

Cette disposition a l'avantage de n'intéresser dans les efforts de serrage que la partie haute du socle, le tube-pivot, la traverse et le crochet.

Le fonctionnement de cette machine est le même qui a été décrit plus haut pour la machine à deux colonnes ; il n'en diffère qu'en ce qu'il est plus simple et plus rapide.

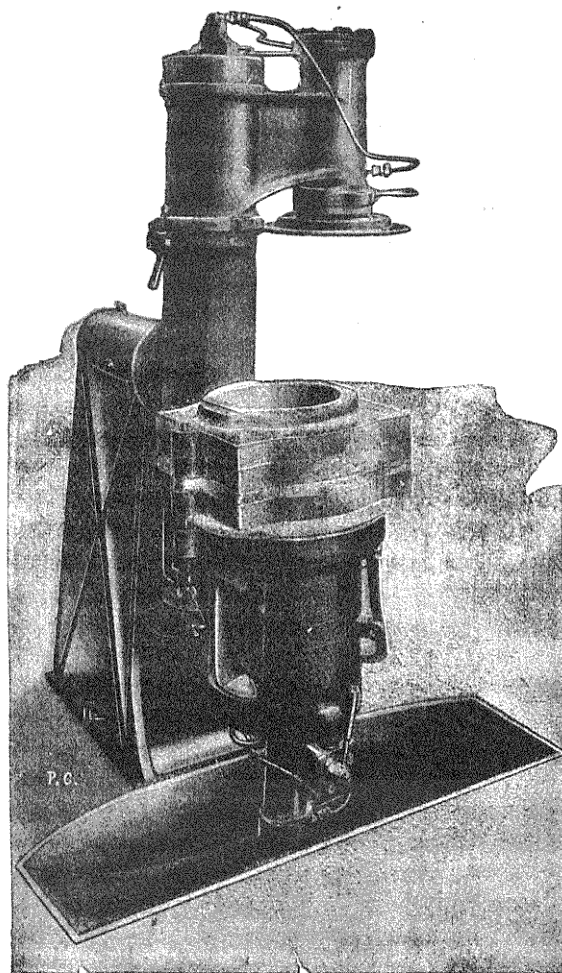


FIG. 15. — Machine à mouler rotative.

La Fonderie

Le démoulage est opéré par quatre chandelles d'écartement réglable, permettant d'utiliser des châssis de dimensions quelconques.

La figure 14 montre une machine de type spécial, adaptée à la confection des moules de grandes dimensions, notamment des grands carters d'automobiles.

La machine que représentent les figures 15 et 16 est du type dit *machine à mouler rotative*. Elle a été étudiée pour fabriquer les pièces à gros noyaux telles que les carters d'automobiles, etc.

Lorsqu'on fait ces pièces à la machine ordinaire, pour pouvoir enlever les noyaux, on est obligé de les armaturer très solidement pour permettre le retournement des moules. Cette opération fait perdre un temps considérable et laisse quelque incertitude dans le serrage du sable.

Dans la machine à mouler rotative, on serre comme sur les machines ordinaires sans se préoccuper du support du noyau. Ceci fait, on fait tourner la machine tout entière sous pression autour d'un pivot horizontal et on démoule ensuite, le noyau reposant sur son moule. Il n'y a plus ainsi aucune crainte de le voir casser par son propre poids.

Cette méthode permet de travailler très rapidement.

On emploie généralement cette machine conjuguée avec une machine du type de celle de la figure 13, sur laquelle on fait la contre-partie.

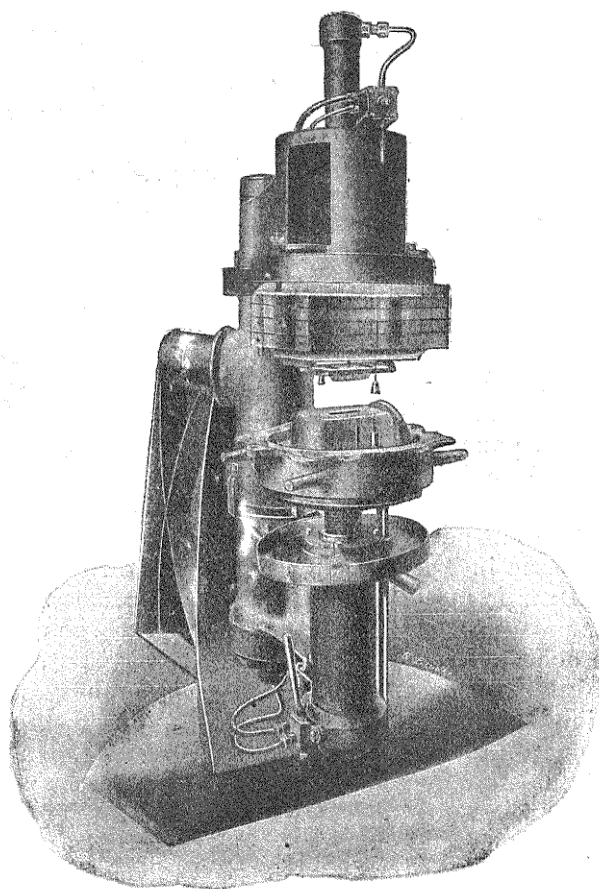


FIG. 16. — Machine de la figure 15 après démoulage
d'un noyau de boîte à graisse.

La figure 15 montre la machine dans la position de moulage ; la figure 16 la montre, renversée, après démoulage d'un noyau.

Les machines à mouler que nous venons de décrire sont avantageusement complétées par les *machines à assembler et à démotter* des mêmes constructeurs ; l'emploi de ces machines permet d'assembler sans tâtonnement les moules les plus compliqués et de « démotter », c'est-à-dire de faire sortir le sable des châssis assemblés, les châssis redevenant immédiatement disponibles pour d'autres moules.

Avant de donner la description d'une de ces machines à assembler et à démotter, voyons quels sont les principaux avantages du *démontage* :

1° L'économie du matériel : deux paires de châssis suffisent pour mouler indéfiniment, l'une étant sur la machine à mouler pendant que l'autre est au démontage ;

2° L'économie de main-d'œuvre due d'abord au fait qu'il n'est pas utile de ramener des châssis au chantier de moulage après la coulée. En outre, au décochage, au lieu des difficultés que l'on éprouve à sortir les pièces des moules contenus dans les châssis, il suffit de renverser les mottes, qui se séparent naturellement en laissant les pièces à nu.

Les figures 17, 18 et 19 représentent une machine à assembler et à démotter Bonvillain et Ronceray ; la figure 17 montre la machine nue,

Guide du constructeur d'automobiles

la figure 18 la machine en assemblage, et la figure 19 la machine en démottage.

En principe, la machine à assembler et à démotter se compose essentiellement d'un socle sur lequel est fixé un cylindre à eau; ce cylindre à eau reçoit un piston terminé à sa partie supé-

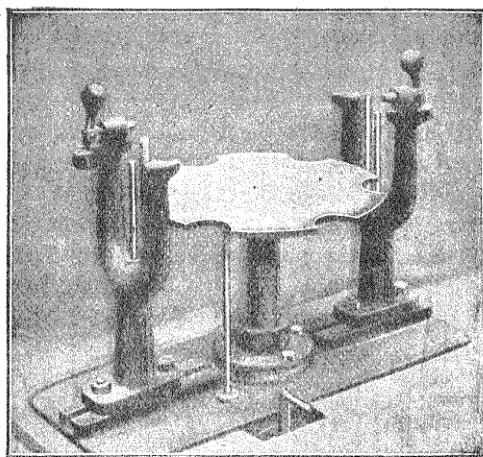


FIG. 17. — Machine à assembler et à démotter.
Bonvillain et Ronceray.

rieure par un plateau. A chaque extrémité du socle, sont établis deux goujons dont l'écartement est rigoureusement égal à celui des trous de repérage des châssis employés. Quatre tiges disposées de part et d'autre de deux goujons d'une façon dissymétrique laissent passer le châssis inférieur, lorsqu'il est engagé sur les goujons joint en dessus, mais arrête le châssis

supérieur placé joint en dessous, ceci grâce à une disposition d'oreilles des châssis approprié.

Si l'on veut seulement assembler, le châssis supérieur reposant simplement sur l'extrémité des tiges dissymétriques, il suffit de faire monter le piston supportant le châssis inférieur jusqu'à ce que les goujons soient entièrement dégagés.

Pour démotter, une clavette est placée à l'extrémité de chacun des goujons après que les demi-moules ont été posés sur la machine. En employant un plateau d'un diamètre légèrement

inférieur au diamètre intérieur des châssis, il suffira de laisser continuer l'ascension du piston qui chassera la motte des deux châssis.

La machine des figures 17, 18 et 19 est munie d'un dispositif à contrepoids disposé de telle façon que les châssis vides après démottage soient maintenus à la partie supérieure des gou-

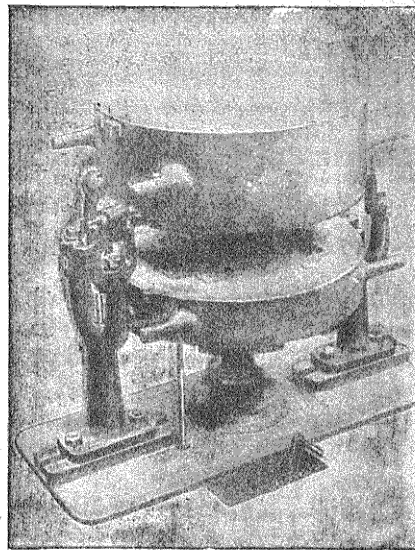


FIG. 18. — Machine à assembler et à démotter. — Position d'assemblage.

jons ; leur enlèvement s'opère ainsi très facilement et on évite toute perte de temps.

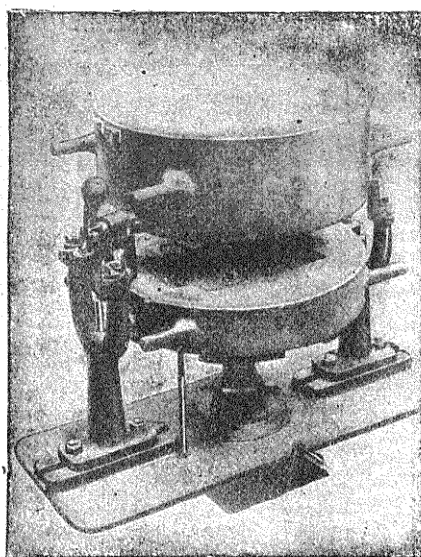


FIG. 19. — Machine à assembler et à démotter. — Position de démontage.

Les supports des goujons sont réglables en écartement sur le socle de la machine, qui peut ainsi assembler des châssis d'un écartement de trous différent, suivant l'écartement des goujons de machines à mouler qu'elle dessert. De plus, un collier mobile sur le piston règle la position inférieure de la table.

Enfin, la machine est munie d'un arrêt automatique qui limite la course ascensionnelle du piston dès que le démontage est opéré.

Pour en finir avec cette étude sommaire du moulage mécanique, donnons quelques exemples de plaques modèles, de peignes et de pièces obtenues par les procédés qui viennent d'être décrits.

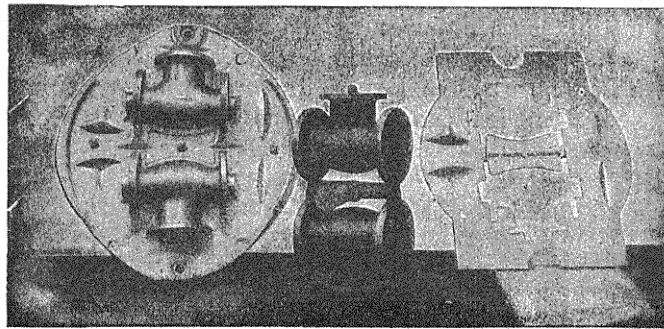


FIG. 20. — Fabrication d'un robinet à brides.

Nous en avons déjà vu (figure 7) un premier

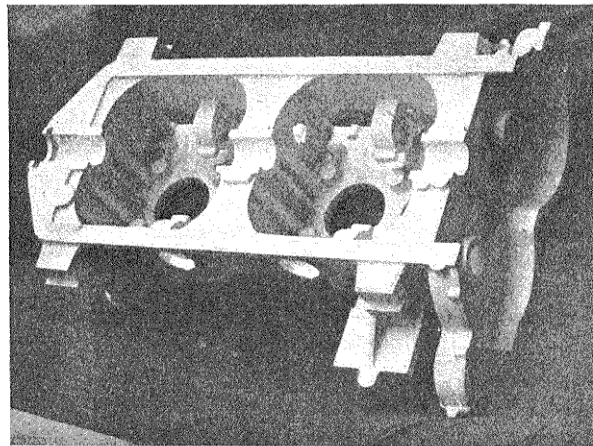


FIG. 21. — Grand carter, 4 cylindres.

exemple (cylindres de motocyclette); pour ces

Guide du constructeur d'automobiles

cylindres, la production des machines est de 6 à 8 pièces à l'heure.

La figure 20 montre la fabrication d'un robinet à brides, que nous reproduisons, bien que ne se rattachant pas directement à l'automobile, parce qu'elle constitue un exemple très net de

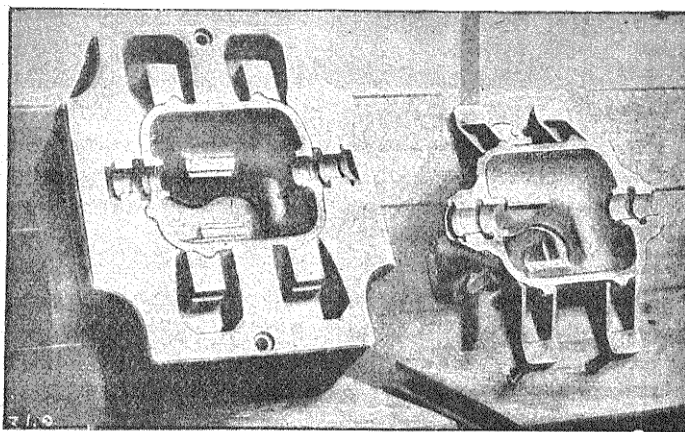


FIG. 22. — Moulage d'un carter de moteur 12 chevaux, 2 cylindres. — Plaque-modèle (côté noyau) et pièce coulée.

la méthode. On voit : à gauche la plaque modèle réversible, le peigne étant enlevé, à droite le peigne isolé et au milieu la pièce coulée sur la plaque-modèle.

La figure 21 montre la fabrication d'un carter de changement de vitesse de Dion-Bouton.

La figure 22 donne l'exemple d'un moulage plus compliqué, celui d'un carter pour

La Fonderie

moteur 12 chevaux, 2 cylindres. La figure montre, à gauche, la plaque-modèle du côté noyau et à droite la pièce coulée.

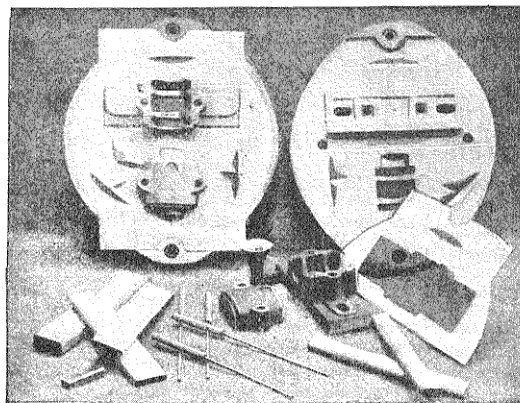


FIG. 23. — Moulage d'un palier-graisseur.

La figure 23 montre le moulage d'un palier-graisseur : on voit la contre-partie, le peigne, et la pièce terminée.

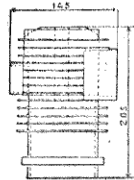


FIG. 25. — Autre cylindre de motocyclette.

Enfin, les figures 24 à 29 sont des exemples de pièces produites au moyen des machines à mouler ; à titre d'indication,

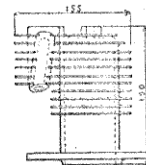


FIG. 24. — Cylindre de motocyclette obtenu par moulage à la machine.

nous donnerons la quantité de pièces pouvant être produites à l'heure :

Figure 24 : Cylindre de motocyclette (pro-

Guide du constructeur d'automobiles

duction approximative : 6 à 8 pièces à l'heure);

Figure 25 : Cylindre de motocyclette (8 à 10 pièces à l'heure);

Figure 26 : Cylindre double de moteur d'automobile (3 à 4 pièces à l'heure);

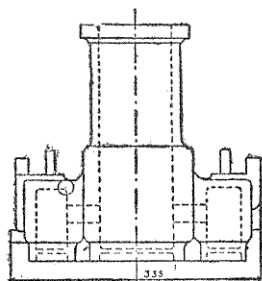


FIG. 26. — Cylindre double de moteur d'automobile obtenu par moulage mécanique.

Figure 27 : Roue à chaîne, denture indiquée en pointillé (6 à 10 pièces à l'heure);

Figure 28 : Noix de cardan (35 à 40 pièces à l'heure);

Figure 29 : Carter d'automobile pour moteur à deux cylindres (2 à 3 pièces à l'heure).

Avant de passer à la coulée, disons quelques mots d'un procédé de moulage moins courant que le moulage en sable ou en terre, mais employé quelquefois pour obtenir des pièces de fonte dont la surface soit durcie par une sorte de trempe. C'est le *moulage en coquille*.

Pour le moulage en coquille, les moules sont en fonte : il en résulte que le refroidissement rapide solidifie presque instantanément une zone de 1 à 2 centimètres d'épaisseur et la trempe.

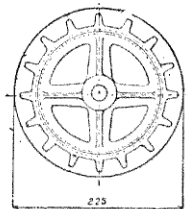


FIG. 27. — Roue à chaîne obtenue par moulage mécanique.

Le fondeur est maître du degré de la trempe au moyen des trois éléments suivants :

- 1° Avant tout, la nature de la fonte ;
- 2° L'épaisseur de la coquille, qui rend son échauffement plus ou moins rapide ;
- 3° La température qu'on donne au moule avant la coulée.

En employant des coquilles minces (un centimètre d'épaisseur et même

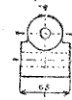


FIG. 28.
Noix de cardan.

moins), on peut obtenir des moulages à grain très serré, qui ne sont pas sensiblement durcis.

III. — La Coulée.

— Les moules une fois obtenus par les procédés du moulage à la main ou par ceux du moulage mécanique, il nous reste à y couler le métal fondu, fonte, acier, bronze ou alliages, pour obtenir les pièces désirées.

Nous devons donc nous occuper des moyens permettant d'amener le

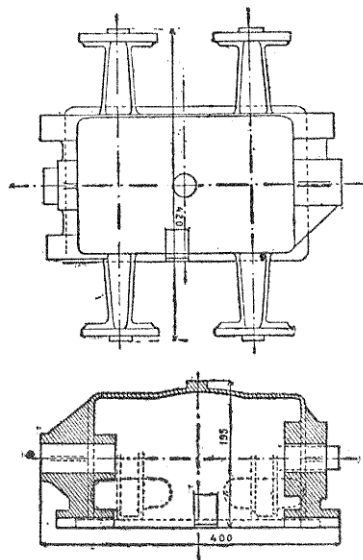


FIG. 29. — Carter pour moteur 2 cylindres obtenu par moulage mécanique.

Guide du constructeur d'automobiles

métal à l'état fluide. Le travail peut se faire de deux façons : en première fusion ou en seconde fusion.

On travaille en première fusion lorsque le métal est coulé dans les moules directement au sortir de l'appareil métallurgique dans lequel il a été produit. La coulée en première fusion se fait très rarement pour les moulages mécaniques.

Le travail en seconde fusion étant le plus important, c'est sur ce procédé que nous allons donner quelques indications.

La fusion du métal peut se faire de trois manières principales :

Au cubilot ;

Au four à réverbère ;

Au creuset.

Nous ne citons que pour mémoire la fusion au four à réverbère qui est très peu employée.

La *fonte* est généralement fondue au cubilot, qui est l'appareil de fusion le plus économique, mais qui a l'inconvénient d'altérer les propriétés du métal par le contact avec le combustible. Dans des cas très rares, on fond la fonte au réverbère, dans lequel la fusion est beaucoup plus coûteuse ; enfin, pour quelques petits moulages, on fond la fonte en creusets.

Le *bronze* n'est presque jamais fondu au cubilot où ses propriétés pourraient être modifiées : on le fond au creuset.

Les *alliages divers* et notamment les *alliages d'aluminium* dont il est fait fréquemment usage

dans la construction automobile, sont le plus souvent fondus au creuset.

L'*acier ordinaire*, lorsqu'il n'est pas utilisé, en première fusion, au sortir du Bessemer ou du four Martin, est fondu au creuset.

Les *aciers spéciaux* et les aciers de très bonne qualité sont toujours fondus au creuset (1).

Cubilots. — Le cubilot est, en quelque sorte, un petit haut fourneau dans lequel on introduit des charges de fonte et de coke; des tuyères en nombre variable sont disposées au-dessus du creuset.

Les dimensions des cubilots tels qu'on les établit aujourd'hui varient entre 3 et 6 mètres de hauteur; le diamètre est généralement de 80 à 90 centimètres à l'ouvrage, de 1 m. 80 à 2 mètres à la cuve.

Les grands cubilots sont plus avantageux que les petits au point de vue de la consommation de coke. Les anciens cubilots dépensaient en coke 20 à 30 % du poids de fonte fondue; avec les cubilots actuels, la consommation descend à 10 à 12 %. (6 à 8 % en marche, en déduisant le coke dépensé pour l'allumage).

Les charges sont introduites dans la cuve par le gueulard; elles descendent dans le cubilot, en s'échauffant peu à peu : en arrivant dans la zone des tuyères, la fonte entre en fusion et

(1) Voir *Comment on construit une Automobile*, II^e volume, pages 144 et 156.

Guide du constructeur d'automobiles

coule dans le creuset, où elle s'emmagasine. Au moment d'en faire usage, on la fait passer par un trou de coulée dans des poches servant à l'amener aux moules.

Il existe des *cubilot sans tuyères*. Nous en avons donné un exemple dans le II^e volume de ce livre (Cubilot système Krigar, figure 36, page 148). Dans cet appareil, le vent arrive par de larges carneaux inclinés S en nappe plongeante ; la fonte fondue coule immédiatement dans l'avant-creuset extérieur C et se trouve de la sorte soustraite à l'action oxydante du vent.

La conduite de l'opération de fusion de la fonte au cubilot est assez simple. Les charges sont formées de fonte un peu plus noire que celle qu'on emploierait en première fusion, de castine et de coke.

La proportion de castine doit être de cinq fois à peu près le poids des cendres du coke, soit 5 à 6 % de celui de la fonte, quand on a de bons combustibles (Le Verrier).

L'allumage d'un cubilot neuf est précédé d'un séchage lent au moyen d'un feu de bois ; on charge alors du coke sur 1 mètre de hauteur environ, en recevant l'air par le trou de coulée. Quand le cubilot est sec, on achève de le remplir avec du coke seul, puis on donne le vent, après avoir fermé le gueulard : le vent se rabat alors par le trou de coulée. On chauffe de cette manière le creuset ; lorsque celui-ci est bien chaud, on place les premières charges de fonte au gueulard.

Ce n'est que lorsque ces premières charges

arrivent au voisinage des tuyères que l'on ferme le trou de coulée, de manière à diriger tous les gaz vers le gueulard.

Pour remettre en train après un arrêt, on remplit de coke sur lequel on place les premières charges, puis on allume, la porte de coulée restant ouverte; quand le feu est aux tuyères, on donne le vent, faiblement d'abord; on restreint peu à peu l'ouverture de coulée, par laquelle s'échappent les flammes et on la bouche quand la fonte y arrive (Le Verrier).

Fusion au creuset. — Nous avons donné dans le II^e volume de ce livre (pages 145, 146 et 147) des exemples de fours à creusets ordinaires et des indications sur la forme et la matière des creusets. Nous n'y reviendrons donc pas ici, et nous bornerons à décrire et à figurer des fours à creusets d'un type différent présentant des avantages considérables sur ceux dont nous avons parlé dans le II^e volume.

Dans ces derniers fours, l'ouvrier doit avoir soin d'asseoir son creuset bien au centre du fourneau, et d'éviter qu'il ne se jette d'un côté ni de l'autre. Lorsque le métal fondu est chaud à point, le fondeur qui doit être un homme fort et adroit, dégage le coke tout autour du creuset, après quoi, au moyen de pinces spéciales appelées *happes*, il saisit le creuset, l'enlève du fourneau, le porte devant les moules, et verse le métal dans les coulées. Dès que la contenance du creuset dépasse 40 kilogrammes, il faut deux hommes pour faire ce travail.

Guide du constructeur d'automobiles

De sa sortie du fourneau aux moules, le creuset s'est naturellement refroidi au contact des pinces, de l'air surtout, et s'il vient à se rompre entre les mains du fondeur pour cause de défaut dans la matière ou d'usure, l'ouvrier risque d'être brûlé d'une manière terrible. Lorsque l'on remet le creuset refroidi dans le feu tout

désorganisé, c'est à grand renfort de combustible qu'il faut l'équilibrer dans le fourneau, puis le réchauffer, et enfin fondre le nouveau métal que l'on y introduit.

L'ancienne méthode, classique, de fusion au creuset est donc fort coûteuse, la consommation de combustible étant très élevée et l'usure des creusets étant très rapide.

De plus, comme on vient de le voir, elle n'est pas sans dangers pour les ouvriers fondeurs.

MM. Piat ont cherché à éviter ces divers inconvénients et défauts de l'ancien système et ils ont créé un type de four à creusets extrême-

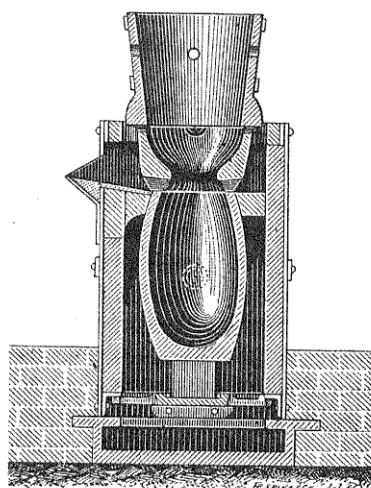


FIG. 30. — Four à creuset oscillant portable système Piat.

ment intéressant : les *fours oscillants portatifs*, que représente la figure 30.

Le four est en tôle, de forme carrée, ce qui permet de réaliser la plus grande économie de combustible, le coke se logeant dans les coins, et la partie du creuset tangentielle aux parois au fourneau pouvant être sans inconvénient très rapprochée.

Une ceinture en acier, portant deux tourillons, embrasse le four sur tout son pourtour à une hauteur convenable pour qu'il puisse basculer dans un sens comme dans l'autre à l'aide d'un levier.

Sur la face antérieure est ménagé un orifice en forme de bec pour la sortie du métal liquide.

La base du four est formée par une cornière recevant au-dessus la garniture réfractaire intérieure. Ces cornières portent à l'intérieur des renflements dans lesquels sont ajustés deux forts barreaux ronds destinés à recevoir la partie de grille en acier qui porte le fromage et quatre ou six barreaux. On laisse à ces barreaux une certaine mobilité qui permet de les rapprocher et de les éloigner, afin de faciliter les décrassages et la sortie des scories.

Un fromage en plombagine (figure 30) reçoit le creuset qui s'ajuste au bec du four contre une pièce de terre réfractaire spéciale. Cette pièce en terre fait partie de la chemise du four, dans lequel elle est encastrée.

A la partie diamétralement opposée au bec du four, on pose un coin en terre réfractaire

Guide du constructeur d'automobiles

contre la paroi pour forcer le creuset à rester en place.

Le creuset de ce four est en plombagine, la terre réfractaire ne convenant pas pour la fabrication de creusets d'une capacité de plus de 100 kilogrammes. Le montage de ces creusets est très simple : une fois posé sur un fromage de hauteur convenable, le creuset est réuni au bec du four avec un peu de sable réfractaire mélangé de plombagine ; au premier feu, le bec et le creuset ne font plus qu'un.

Lorsque le four est neuf, on doit commencer par le sécher soigneusement avec un feu de charbon de bois et de coke ; quand le four est bien sec, on peut commencer la fonte en ouvrant progressivement le vent. Celui-ci doit avoir une pression de 12 à 18 centimètres d'eau.

Lorsque le four Piat est employé à la fusion du cuivre ou de ses alliages, il y a tout intérêt à le compléter par une *rehausse*. La figure 30 montre un four muni d'une rehausse pour le bronze.

Cette rehausse, qui a beaucoup d'analogie avec un creuset, vient surmonter le creuset ordinaire du four ; elle est percée d'orifices latéraux destinés à laisser passer la flamme ; elle est, de plus, percée d'un trou au centre du fond.

Le métal, au lieu d'être placé dans le creuset, est mis dans la rehausse : les flammes n'ayant pas d'autre issue viennent passer avec force par les orifices latéraux de la rehausse et agissent

La Fonderie

à la façon d'un chalumeau pour fondre le métal, qui fond beaucoup plus vite que s'il était mis dans le creuset.

Le métal fondu tombe dans le creuset qui ne sert plus qu'à le recueillir et à le maintenir à l'état fondu en attendant la coulée.

L'emploi de la rehausse permet de réaliser une notable économie de combustible : on peut, en effet, fondre 100 kilogrammes de bronze en 15 ou 16 minutes, avec une consommation de 15 0/0 de bon coke.

Lorsque la fusion est terminée, on enlève au moyen d'un ringard la rehausse si le four en est muni ; on s'assure que le creuset, poussé par le coin en terre réfractaire, s'ajuste bien, et ne laisse pas de fissure entre lui et le bec sur lequel il vient s'appuyer. Le métal étant bien à point, on arrête le vent.

On nettoie ensuite parfaitement le bec lui-même avec un soufflet ; le dessus du bain est écumé, et l'on peut procéder à la coulée. Pour cela, il suffit de faire basculer le four autour des tourillons et de verser le métal fondu dans une poche, comme le montre la figure 31.

Les fours Piat, tels que nous venons de les décrire, conviennent bien pour la fusion des métaux et alliages relativement fusibles (cuivre, bronzes, laitons, alliages d'aluminium, nickel, etc.). Mais ils ne peuvent guère s'appliquer à la fusion de la fonte et de l'acier.

Pour ces métaux, MM. Piat ont apporté à leur

Guide du constructeur d'automobiles

four une ingénieuse addition qui en fait la combinaison d'un four portatif à creuset et d'un cubilot.

L'appareil, auquel ils ont donné le nom de *Cubilot-creuset*, est représenté par la figure 33,

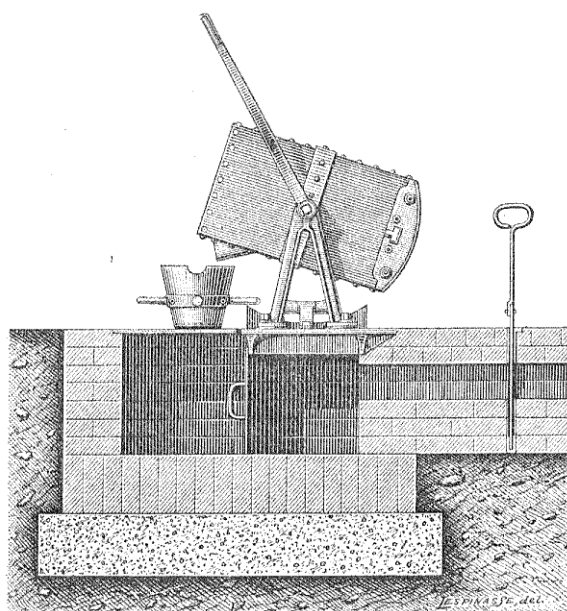


FIG. 31. — Coulée du métal au moyen du four oscillant de la figure 30.

dans la position de coulée, l'opération de fusion étant terminée.

Comme on le voit, le four oscillant ordinaire est surmonté d'un cubilot porté par une colonne

creuse qui sert également de conduite de vent.
La fonte est introduite dans le cubilot par

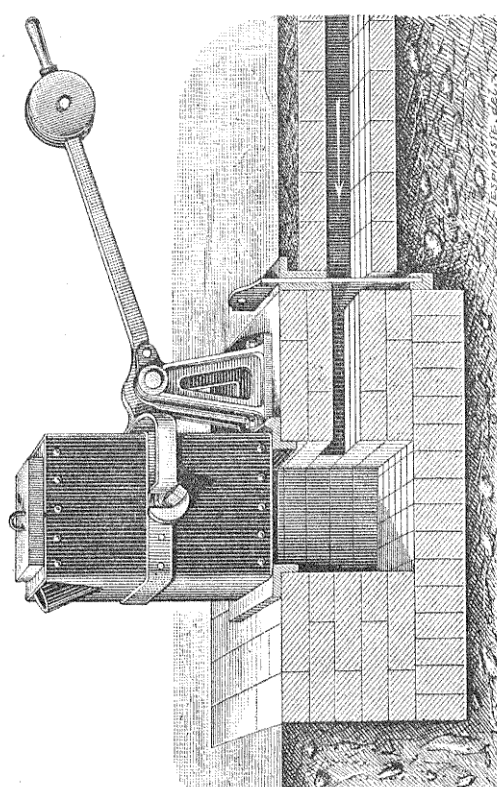


FIG. 32. — Four oscillant Piat monté sur ses tourillons, avant la coulée.

charges alternant avec le coke, comme dans les
cubilots ordinaires ; on souffle simultanément

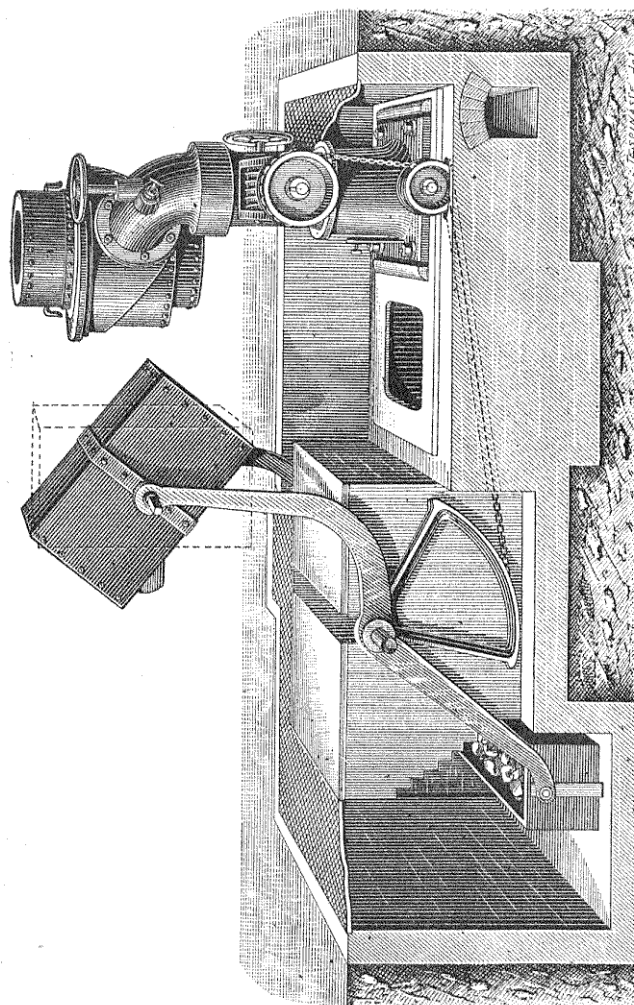


Fig. 33. — Cubilot-creuset système Piat.

dans le cubilot et sous le four oscillant, et l'on ne commence à charger que lorsque le fond du cubilot est bien chaud (dix minutes environ).

Une fois la fusion terminée, le métal fondu étant tombé dans le creuset du four oscillant où il est maintenu fondu, on manœuvre l'arbre fileté pour soulever légèrement le cubilot qui tourne alors facilement autour de la colonne et peut être amené dans la position que montre la figure.

Il ne nous reste plus, pour terminer ce qui concerne la coulée, qu'à dire deux mots de l'opération de la *coulée* proprement dite.

Le métal fondu par un des procédés que nous venons de voir est généralement reçu dans une *poche* qui sert à le transporter à l'endroit où se trouvent les moules préparés.

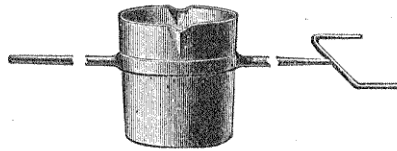


FIG. 34. — Poche de coulée.

La figure 34 représente une poche de petite dimension et la figure 35 une poche-brouette très commode pour le transport d'un point à l'autre de l'atelier.

Les grandes poches sont le plus souvent pourvues d'un trou de coulée ménagé au fond (au lieu des échancrures latérales des poches des figures 34 et 35); ce trou est fermé par un bouchon en terre réfractaire manœuvré par une tige

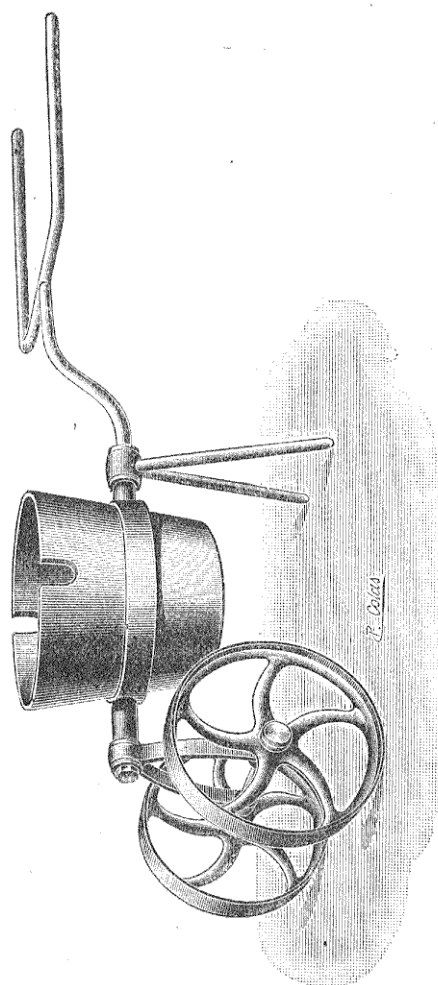


FIG. 35. — Poche-brouette pour la coulée.

qui traverse la poche et est protégé par un revêtement réfractaire.

La précaution essentielle à prendre au moment de la coulée est d'empêcher que les scories et les crasses, qui flottent toujours à la surface du bain, ne pénètrent dans les moules. Pour cela, le procédé le plus simple, pas toujours efficace, il est vrai, consiste à faire tenir par un gamin, pendant la coulée, une barre rectangulaire contre le bec.

Divers systèmes de poches ont été imaginés pour éviter l'introduction des crasses ; nous ne pouvons pas les décrire ici, car cela nous entraînerait trop loin, renvoyant le lecteur aux ouvrages spéciaux sur la fonderie.

Une fois le métal coulé dans les moules, il n'y a plus qu'à le laisser refroidir, puis à

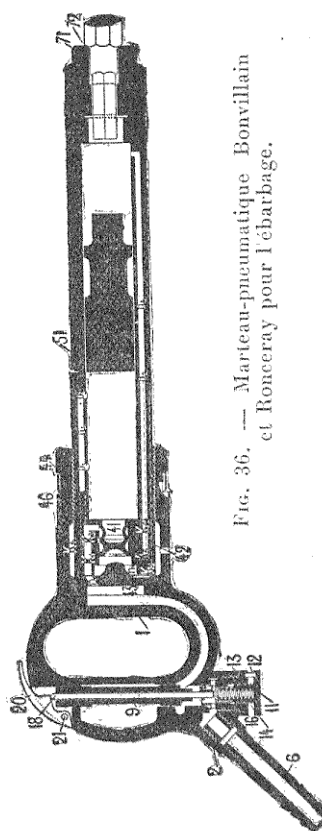


FIG. 36. — Marteau-pneumatique Bonvillain et Rouceray pour l'ébarbage.

Guide du constructeur d'automobiles

dégager les pièces du moule en sable ou en terre qui les entoure.

Enfin, il reste, avant d'envoyer ces pièces au magasin (si elles doivent être utilisées brutes de fonderie) ou à l'atelier des machines-outils (si elles doivent être travaillées), à les soumettre à l'opération de l'*ébarbage*.

Ebarbage. — L'ébarbage consiste à enlever aux pièces sortant des moules des « masselottes » et les « coulées » (pour les grosses pièces) et les bavures qui se produisent presque toujours à l'endroit des joints.

Le coupage des masselottes se fait en général au moyen de scies circulaires (voir 1^{er} volume).

L'ébarbage proprement dit, c'est-à-dire l'enlèvement des bavures, se fait *au burin* ou *à la meule*.

La figure 36 montre un marteau pneumatique fort commode permettant de faire très rapidement l'ébarbage ; il en existe même des modèles au moyen desquels on peut couper les masselottes, sans se servir de scies.

L'ébarbage à la meule est de plus en plus employé. On fait usage des machines dont nous avons donné la description et que nous avons figurées dans le 1^{er} volume (pages 308 et suivantes). L'ébarbage à la meule se fait très rapidement et dans d'excellentes conditions ; en outre, les meules permettent de « dégrossir » beaucoup de pièces, de dresser des faces planes, etc., en simplifiant ainsi le travail des machines-outils proprement dites.

Ensablage ou sablage. — L'ensablage est une opération par laquelle on nettoie la surface des pièces fondues au moyen d'un jet de sable, c'est-à-dire au moyen de sable fin en suspension dans un violent jet d'air sous pression (cette pression varie en pratique de 0,5 à 1,5 kilogramme par centimètre carré).

Le procédé du sablage est très employé dans la construction automobile notamment pour donner une surface finement granuleuse à l'extérieur de certaines pièces employées brutes de fonderie, telles que, par exemple, les carburateurs dans beaucoup de voitures. C'est un procédé d'application facile et très économique ; le travail est fait très rapidement.

En principe, les machines à jet de sable sont essentiellement constituées par un compresseur d'air (lorsque l'usine ne possède pas déjà une distribution d'air comprimé) qui refoule dans un réservoir. Ce réservoir communique avec une « chambre de mélange » à la partie supérieure de laquelle est placé le sable ; le sable se mélange à l'air dans la partie inférieure et le mélange est dirigé sur la surface à nettoyer au moyen d'une lance partant du fond de la chambre de mélange.

Certaines précautions sont à prendre dans l'atelier où se fait l'ensablage, en raison des effets destructeurs du jet de sable ; en outre, les ouvriers doivent avoir les yeux protégés par des lunettes spéciales, comme ceux qui travaillent aux machines à rectifier.

Guide du constructeur d'automobiles

· *Décapage.* — Les pièces brutes de fonderie qui doivent être travaillées aux machines-outils sont d'abord *décapées* dans des bains acide à haute température.

CHAPITRE III

La Forge.

La forge est le second moyen d'élaboration de pièces brutes, ayant une forme et des dimensions aussi voisines que possible des pièces finies et destinées à être travaillées aux machines-outils.

Nous avons indiqué dans le 1^{er} volume (chapitre XI) les éléments essentiels de l'outillage de la forge ; ainsi que nous l'avons dit, seules quelques grandes usines de construction d'automobiles forgent elles-mêmes toutes les pièces de forge composant une voiture automobile.

En principe, le forgeage s'applique à l'obtention de pièces en fer ; il est fondé sur la propriété bien connue que possède le fer de se ramollir, lorsqu'il est chauffé à une température relativement peu élevée (et en tous cas facile à réaliser dans les feux de forge), et de devenir malléable et facile à travailler au marteau ou à la presse.

Les pièces les plus importantes produites par la forge sont les essieux, les ressorts et les châssis et, pour quelques constructeurs, les

Guide du constructeur d'automobiles

vilebrequins. Mais il est aussi un grand nombre de pièces de moindre importance que l'on obtient par forgeage.

La fabrication des essieux, des ressorts et des châssis est presque toujours faite par des usines spéciales puissamment outillées; la fabrication des châssis en tôle emboutie, notamment, nécessite l'emploi de presses hydrauliques de grande puissance.

Certaines usines se sont fait une spécialité de ce genre de travail : pour n'en citer que deux des plus connues, les forges de Douai (Arbel) et la Société anonyme Dyle et Bacalan produisent dans des conditions parfaites les châssis en tôle emboutie dont l'emploi est si général aujourd'hui, châssis qui ont été précisément créés par M. Pierre Arbel lequel a eu l'idée d'appliquer à l'automobile ce qui se faisait déjà depuis assez longtemps pour les châssis de wagons de chemin de fer.

Les châssis en tôle emboutie se font, soit en tôle d'acier Siemens mi-dur, soit en tôle d'acier au nickel.

Les aciers Siemens employés ont généralement les caractéristiques suivantes :

Résistance . . . 55 à 60 kilogrammes par millimètre carré.

Allongement . . 15 à 20 %.

Les aciers au nickel ont, en moyenne, les propriétés suivantes :

Résistance . . . 65 kilogrammes par millimètre carré.

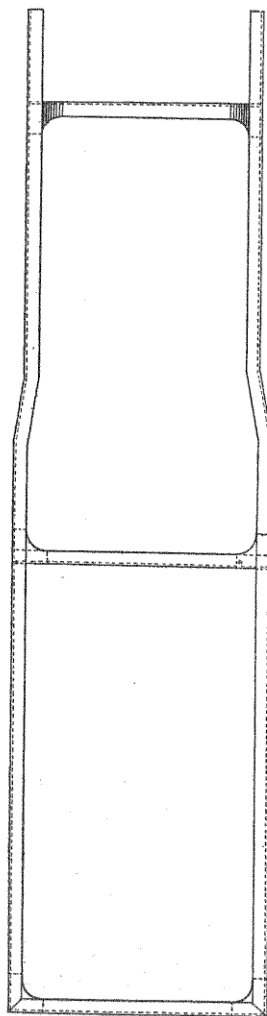


FIG. 37. — Châssis embouti simple rétréci à l'avant.

101

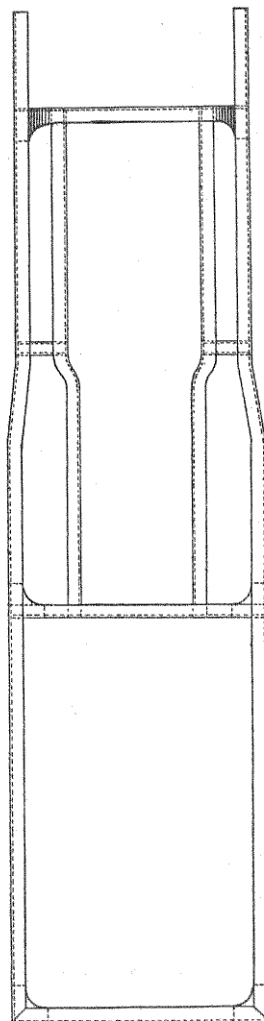


FIG. 38. — Châssis embouti (Dupressoir) rétréci à l'avant à deux traverses droites et une cintrée.

6.

Guide du constructeur d'automobiles

Allongement. . . 20 à 22 %.

Limite élastique . . 40.

Les tôles employées ont une épaisseur de 3 ^m/_m (pour les châssis de voiturettes), de 4 ^m/_m (pour les châssis de voitures ordinaires) ou même de 4, 5 millimètres (pour les grosses voitures).

Les Forges de Douai ont réussi, au moyen de presses de très grande puissance (600 tonnes) spécialement établies, à fabriquer des châssis emboutis d'une seule pièce dans une plaque de tôle et découpés comme à l'emporte-pièce. Ces châssis constituent, d'ailleurs, plutôt une curiosité métallurgique et un tour de force qu'un type pratique, car le prix de revient en est très élevé et l'application, par suite, très limitée.

Les figures 37 et 38 représentent deux types de châssis de fabrication courante.

La fabrication des châssis en tôle emboutie tient à la fois de la forge et de la chaudronnerie.

Les procédés de la forge proprement dite sont, en principe, assez simples et nous nous bornerons à indiquer rapidement la suite des opérations.

Pour forger une pièce, la première opération à faire est d'amener une barre de fer au degré de ramollissement nécessaire pour la rendre malléable.

Le chauffage se fait dans des *forges*, dont nous avons donné des exemples dans le 1^{er} volume.

La Forge

Lorsque le métal est suffisamment chaud, la barre est saisie par un aide au moyen de pinces ou tenailles et portée sur l'enclume : là, l'ouvrier forgeron la martèle de façon à l'amener à la forme voulue. Il s'aide, pour cette opération, de calibres lui permettant de donner à la pièce les dimensions prévues. Généralement, la pièce doit être soumise à plusieurs chauffages, le métal se refroidissant et cessant d'être malléable avant que la pièce ne soit amenée à sa forme définitive.

Pour les grosses pièces, et pour la fabrication en série, il y a intérêt à substituer les *marteaux-pilons* (voir 1^{er} volume) au martelage à la main. On fait alors usage, très souvent, de *matrices* que l'on peut comparer, jusqu'à un certain point, aux moules dans la fonderie : ce sont en effet des blocs d'acier présentant en creux la forme de la pièce que l'on veut obtenir et permettant, par suite, de produire rapidement et avec une grande régularité des pièces en série, absolument semblables les unes aux autres.

Le travail au marteau est très fréquemment remplacé aujourd'hui, pour le forgeage de grandes pièces, par le *travail à la presse hydraulique*. Dans ce cas, l'emploi de matrices est la règle. La masse de métal chauffée à une température suffisante est amenée sous la presse et soumise à une pression très forte qui force le métal malléable à venir épouser la forme de la matrice.

Guide du constructeur d'automobiles

Le travail de forge au moyen de matrices, au marteau-pilon ou à la presse, permet de produire des pièces beaucoup plus régulières qu'avec le travail à la main : le déchet de pièces que l'on reconnaît au traçage comme inutilisables pour manque de matière est bien moindre. Le travail à la presse ou au marteau-pilon est beaucoup plus économique et s'impose toutes les fois qu'il s'agit de fabrication en série, comme c'est le cas pour la construction automobile.

CHAPITRE IV

Le Tracage.

La fonderie ou la forge dont nous venons de passer en revue les procédés les plus importants, nous ont fourni des pièces brutes de fonderie ou de forge.

Sauf de très rares exceptions, ces pièces doivent être travaillées avant d'être utilisées ; pour la fonderie, les modelleurs ont prévu un excédent de matière qu'il faudra enlever pour amener la pièce à sa forme définitive. Pour les pièces de forge, l'excédent de matière est encore plus inévitable, bien que l'on puisse, par l'emploi de presses et de matrices (voir chapitre III), réussir à faire des pièces brutes de forge dont la forme et les dimensions diffèrent aussi peu que possible de celles de la pièce définitive.

Il est évident qu'il y a un gros intérêt à produire des pièces brutes de fonderie ou brutes de forge présentant le minimum possible de matière à enlever. M. C. Faroux signale dans *L'Auto*, dans une suite d'articles très intéres-

Guide du constructeur d'automobiles

sants et très documentés (1) les progrès faits à cet égard par les constructeurs italiens : « Un premier trait frappe le visiteur des usines transalpines : c'est la façon dont toutes les pièces de fonderie sont approchées des formes définitives. Il y a telle paire de cylindres qui ne nécessite qu'un usinage de peu d'importance, et trois ou quatre kilos de fonte de moins à enlever, ça se fait sentir dans le prix de revient. »

Il n'est pas douteux que ce soit là, en effet, une excellente chose, et le constructeur doit s'efforcer de laisser sur ses pièces de fonderie ou de forge le moins possible de matière à enlever à l'usinage : il en résultera une grosse économie de main-d'œuvre surtout.

Il nous faut donc, maintenant, travailler, « usiner » nos pièces brutes de fonderie ou de forge ; ce sera le rôle des machines-outils dont nous avons donné l'énumération et la description dans le 1^{er} volume.

Mais, pour que les ouvriers des machines-outils puissent amener les pièces à leurs formes et dimensions définitives, il est nécessaire que ces pièces portent des repères qui limitent les parties de matière à enlever.

C'est là l'opération du **traçage**, opération fondamentale, de la précision de laquelle dépend

(1) C. Faroux, *L'Industrie automobile italienne*, *L'Auto*, 4 mars 1907.

Le Traçage

la perfection de l'usinage des pièces. Aussi est-elle confiée à des ouvriers spéciaux, sachant très bien lire les dessins et possédant des connaissances assez sérieuses de géométrie. Dans certains ateliers, le traçage est même fait par le contre-maître.

Définition du traçage. — Cette très importante partie du travail de façonnage, dit M. Philippe Fay, consiste à indiquer, d'une façon à la fois durable et précise, au moyen de points et de traits à la surface d'une pièce brute de forge ou de fonderie, ou, en général, d'un bloc de matière solide quelconque, les parties à enlever pour en dégager une pièce, un bloc de dimensions et de forme connues, fixées d'avance par le dessin conventionnel.

Nous ne pouvons pas entrer ici dans tous les détails des procédés de traçage et donner la solution de toutes les difficultés qui se présentent dans la pratique. Nous serons forcé, limité par la place, de nous contenter de faire connaître les règles fondamentales du traçage et d'indiquer quelques cas particuliers. Ceux de nos lecteurs qui voudraient approfondir cette question en trouveront tous les détails dans les ouvrages spéciaux et, notamment, dans l'excellent *Guide du traceur mécanicien* de M. Philippe Fay (1) dont nous aurons plus d'une fois

(1) Philippe Fay, *Guide du traceur-mécanicien*, quatrième édition, Paris, Dunod 1903,

Guide du constructeur d'automobiles

L'occasion de citer le nom au cours de ce chapitre et à l'ouvrage duquel nous ferons de nombreux emprunts.

Nous avons indiqué dans le 1^{er} volume (chapitre XIV) quels étaient les outils servant au traçage : marbre, règles, équerres, compas, instruments de mesure, niveaux, pointes à tracer, pointeau, trusquins, et les accessoires du marbre : vés, cales, calibres, etc.

On distingue deux sortes de traçage :

- 1^o Le traçage à plat;
- 2^o Le traçage « en l'air ».

Le *traçage à plat* comprend « l'exécution des tracés dont tous les éléments (points et lignes) sont dans un même plan ».

Le *traçage en l'air* comprend « l'exécution des tracés dont tous les éléments, points et lignes, ne sont pas dans un même plan ».

C'est le traçage en l'air qui s'applique pour la plupart des pièces mécaniques, le traçage à plat s'appliquant surtout pour la chaudronnerie ; ce dernier est donc de peu d'importance dans la construction automobile, mais, comme il est logique de commencer notre étude sommaire du traçage par les procédés les plus simples, nous parlerons d'abord du traçage à plat.

*
* *

I. — **Traçage à plat.** — Les principaux instruments servant au traçage à plat sont la règle,

Le Traçage

le cordeau, le compas et ses variétés, le mètre et ses subdivisions, l'équerre sauterelle, l'équerre à onglet, l'équerre de chaudronnerie, la pointe à tracer, le pointeau et le rivoir (Fay). Le trusquin n'est évidemment pas utile, puisque, par sa forme même, il ne s'applique qu'aux tracés dans l'espace.

Le traceur doit savoir : *marquer un point sur le plan* à l'aide du pointeau et du rivoir (en s'attachant à marquer le point bien net, ce qu'il obtiendra en tenant le pointeau d'aplomb) ;

Joindre deux points par un trait droit au moyen de la règle et de la pointe à tracer, ou bien, si les deux points sont à une trop grande distance l'un de l'autre, à l'aide d'un cordeau fin enduit de blanc ;

Décrire une circonférence de rayon donné, au compas, après avoir marqué le centre d'un coup de pointeau ;

Mener, sur le plan, une droite parallèle à une droite donnée à une distance connue, en traçant, au compas, deux arcs de cercle de rayon égal à la distance des deux parallèles, aux extrémités de la droite donnée, et en traçant, à la règle et à la pointe à tracer, la tangente aux deux arcs.

Les autres opérations élémentaires que le traceur à plat doit savoir exécuter sont les suivantes :

Elever, en un point donné, la perpendiculaire à une droite donnée ;

Mener, par un point donné, la parallèle à une droite du plan ;

Faire passer par deux points donnés une circonférence de rayon donné ;

Guide du constructeur d'automobiles

Faire passer une circonférence par trois points donnés ;

Construire des polygones réguliers ;

Tracer une ellipse et une ovale ;

Diviser une droite ou une circonférence en un certain nombre de parties égales.

Ces diverses constructions se feront suivant les méthodes connues de la géométrie plane (1).

La connaissance de toutes ces constructions élémentaires permet d'exécuter tous les tracés à plat qui peuvent se présenter dans la pratique. Nous ne pouvons en donner ici que quelques exemples typiques, après les notions suivantes que nous extrayons des conseils éclairés donnés par M. Fay dans son ouvrage :

Un dessin coté est livré au traceur ; il lui faut reporter sur la surface plane les constructions indiquées sur le dessin, les profils, les évidements, l'emplacement des trous et leur diamètre définitif, etc.

Il n'est pas indifférent pour copier un dessin de commencer par un trait plutôt que par un autre : l'opération est sujette à des règles générales qu'il est nécessaire de suivre si l'on veut obtenir un traçage rapide et exact.

La marche générale est la suivante pour arriver à un bon résultat.

Le traceur devra commencer par étudier le dessin qui lui est confié et il déterminera, par

(1) Voir notamment, Fay, *loc. cit.*, pages 125 et suivantes.

Le Traçage

la pensée, la forme que devra présenter la pièce découpée.

Tout dessin présente des axes principaux auxquels sont rapportées les distances des traits de contours ou des axes secondaires (axes de trous, d'évidements, de cages, etc.).

L'attention portera d'abord sur les axes principaux que l'on tracera en s'attachant à faire le moins de perte de matière par déchet.

Les axes différents d'un même profil sont ordinairement perpendiculaires.

On commencera par construire les axes les plus éloignés l'un de l'autre, dans les deux sens du tracé.

Ceci fait, on tracera tous les intermédiaires en ayant soin, lorsqu'on aura porté des distances bout à bout, de vérifier que leur somme est bien exactement celle des cotes additionnées.

Ayant ainsi terminé tous les axes du tracé, on commencera à reporter les traits de profil, en évitant de prolonger les lignes inutilement, ainsi que le font presque toujours les dessinateurs et traceurs débutants.

On s'attachera à ne déterminer une droite que par deux points le plus éloignés possible.

Les perpendiculaires devront être tracées avec le plus grand soin et la plus grande netteté.

On évitera de déterminer un point par la rencontre de deux lignes formant un angle très petit.

Les traits ne devront pas être corrigés avant d'avoir été complètement effacés. Les traits dou-

Guide du constructeur d'automobiles

bles sont des causes d'erreur dans l'exécution du travail.

En général, les lignes droites devront être tracées avant les arcs de courbe qui les raccordent.

L'endroit où deux lignes de différentes espèces se raccordent pourra être indiqué par un petit trait droit transversal passant par le point de raccord.

Cette remarque est particulièrement applicable au cas où la pièce doit être découpée aux machines à fraiser ou à mortaiser.

Le traçage opéré, on pointe les traits d'axe et les traits suivant lesquels doit s'opérer le découpage.

Le pointage devra se faire régulièrement, avec soin, de façon à ne laisser aucun doute sur la ligne à suivre pour le travail d'ajustage.

Donnons maintenant des exemples de traçage à plat. Nous prendrons comme exemples le traçage des guides pour machines à fraiser et celui des cames.

Traçage des guides pour machines à fraiser.

— Lorsqu'il s'agit de découper à la fraise une plaque de métal suivant un profil donné, on opère généralement de la façon suivante (Fay):

Les deux vis commandant les chariots sont enlevées; la pièce à découper est fixée au petit chariot qui lui-même est invariablement relié au grand. Celui-ci est rappelé par un poids contre un profil-guide aux glissières de la machine.

Le Traçage

Pour diminuer le frottement, le grand chariot s'appuie contre le guide par l'intermédiaire d'un galet.

La fraise étant en mouvement, le contre-poids détermine le travail de l'outil tout en maintenant le galet en contact avec le profil. Il en résulte que la pièce est découpée suivant une certaine courbe.

Il s'agit de tracer le profil du guide, en tenant compte des diamètres de la fraise et du galet, de manière à obtenir sur la pièce travaillée une courbe donnée d'avance.

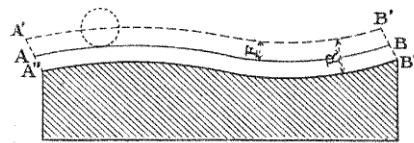


FIG. 39. — Traçage d'un guide pour fraiseuse.

Deux cas peuvent se présenter :

1° Le contact de la pièce et de l'outil a lieu *en avant* de la fraise par rapport à l'ouvrier ;

2° Le contact de la pièce et de l'outil a lieu *derrière* la fraise, c'est-à-dire du côté du bâti.

Soit F le rayon de la fraise et R celui du galet.

Si le contact de la pièce et de l'outil a lieu en avant de la fraise, AB étant le profil à *obtenir* (figure 39), on obtiendra un certain nombre de points du profil-guide en prenant avec un compas une longueur égale à $R - F$ et en décrivant une série d'arcs de rayon $(R - F)$ et ayant leurs centres sur le profil à obtenir AB .

Guide du constructeur d'automobiles

Si R est plus grand que F , on décrira les arcs au-dessous de AB , tandis que si R est plus petit que F , on décrira les arcs au-dessus de AB .

Ces divers arcs de cercle envelopperont le profil-guide; on pourra donc obtenir celui-ci en traçant à la main la courbe tangente à tous ses arcs.

Remarquons que si $R = F$, le profil-guide est l'exacte reproduction du profil à obtenir.

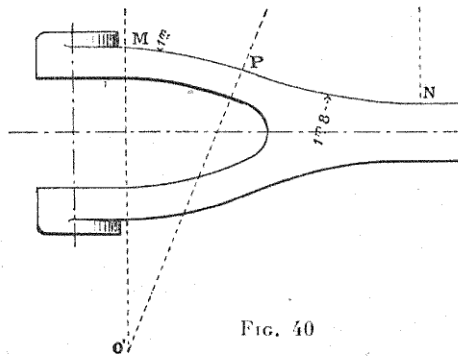


FIG. 40

Cela découle évidemment de la construction que nous venons d'indiquer. Il y a donc intérêt à donner au fraiseur une série de galets de mêmes diamètres que les fraises qu'il peut avoir à employer.

Si le contact de la fraise et de la pièce à découper doit avoir lieu derrière la fraise, on prendra comme rayon des petits cercles la somme $F + R$, et d'un grand nombre de points du profil à obtenir, on décrira, *en dessous*, un

Le Traçage

grand nombre d'arcs de cercle, dont les centres soient aussi rapprochés que possible, et que l'on raccorde à la main par une courbe qui sera le profil-guide.

Voici un exemple : supposons qu'il s'agisse de faire construire le profil-guide pour fraiser la chape de la figure 40, suivant la partie MN. Soit une fraise de 35 millimètres de diamètre travaillant par sa partie avant ; le diamètre du galet est de 50 millimètres.

On commence par tracer sur la tôle le profil MN tel qu'il est donné par le dessin (figure 41).

Marquer les points O et O', centres des arcs (le centre O est hors de l'épure sur le dessin). Soit 1 mètre la valeur du rayon O'M (du profil à obtenir). Pour avoir le profil-guide, il suffira de prendre comme rayon :

$$\begin{aligned} O'M'' &= 1^m - (R-F) \\ &= 1^m - (25-17,5) = 0^m 9925 \end{aligned}$$

et de décrire, de O' comme centre, l'arc de cercle M''P'' qui est une portion du profil-guide cherché. De la même manière, de O comme centre, on décrira l'arc de cercle P''N'' qui complète le profil-guide M''P''N'' à employer pour fraiser la chape suivant MN.

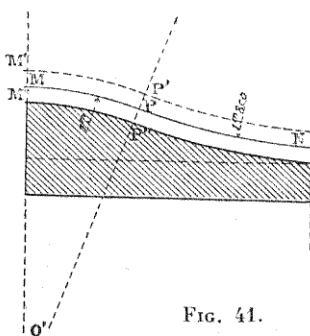


FIG. 41.

Guide du constructeur d'automobiles

Traçage d'une came. — Prenons comme exemple la came que représente la figure 42.

On donne ordinairement la course de la tige qu'il s'agit d'animer d'un mouvement rectiligne alternatif (par exemple, la tige d'une soupape de moteur d'au-

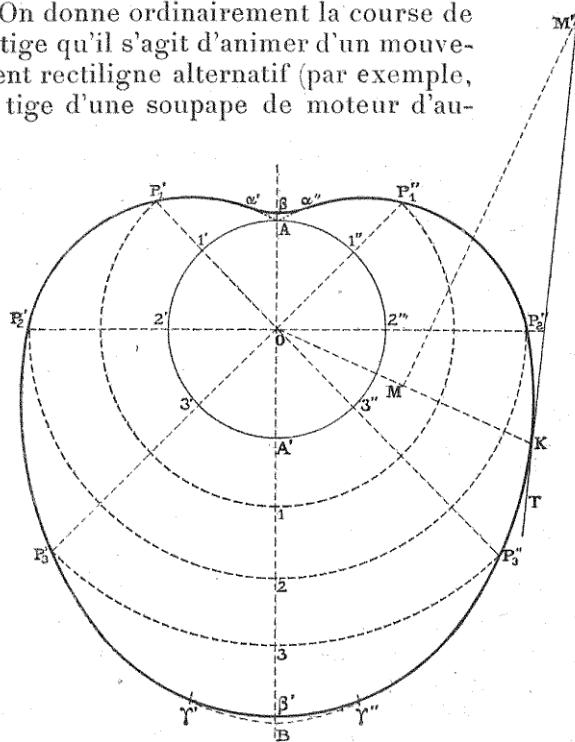


FIG. 42.

tomobile), ainsi que le plus petit rayon de la came.

C'est de ces deux éléments que nous allons partir pour opérer le traçage du profil.

Le Traçage

On peut tracer le profil sur la came même ou bien découper d'abord un calibre sur la tôle pour l'ajustage ; c'est en général la seconde méthode qui prévaut (Fay).

Du point O, centre de rotation de la came, décrire, avec le plus petit rayon OA donné, une circonférence AOA'. Tirer le diamètre indéfini AOA'B et porter suivant A'B la course à donner à la tige de soupape.

Diviser la demi-circonférence A2A' et la course AB en un même nombre de parties égales représentant, sur la demi-circonférence, des fractions de tour de la came et sur A'B des fractions de course de l'organe (en l'espèce, la tige de soupape).

Sur la figure, chacune des lignes a été divisée en quatre parties égales.

Tirer les diamètres des points de division de A2A' indéfiniment, numéroté tous les points ainsi obtenus, ainsi que ceux sur A'B comme il est indiqué sur la figure.

Ceci posé, avec le compas, de O comme centre, rabattre 1 de A'B en P₁' et P₁'', sur les rayons O1' et O1'' ; 2 en P₂' et P₂'', sur les rayons O2' et O2'', et ainsi de suite.

Joindre les points A, P₁', P₂'..., B et A, P₁'', P₂'', B, ainsi obtenus par un trait courbe continu et l'on obtiendra la ligne guidant la tige de la soupape, dans l'exemple que nous avons choisi.

Immédiatement après avoir décrit le profil de départ, il importe de corriger ce profil aux points A et B où il présente des points angu-

leux qui nuisent au fonctionnement régulier de l'organe.

Pour faire cette correction, placer la pointe d'un compas sur l'axe BA au-dessus de A et, avec un rayon à peu près égal au $1/8$ de AB, décrire un arc de circonférence $\alpha' \beta \alpha''$ tangent en α' et α'' à chacun des arcs de la courbe profil.

Prendre ensuite $B\beta'$ égale à $A\beta$ sur BA et au-dessus de R : puis plaçant la pointe d'un compas sur l'axe BA, tracer un arc de circonférence passant en β' et se raccordant avec les deux arcs de courbe en γ' et γ'' .

Ces deux opérations n'exigeront du reste que très peu de tâtonnements de la part d'un traceur exercé.

Remarquons qu'il y a intérêt, pour l'exactitude du tracé, à diviser $A2''A'$ et $A'B$ en un très grand nombre de parties égales, de façon à obtenir des points très rapprochés de la courbe.

Autre remarque : il suffira toujours de bien déterminer une moitié du profil coupé par AB ; le calibre étant bien ajusté suivant cette moitié et suivant AB servira, en le retournant, pour l'autre région de la courbe (1).

Traçages de chaudronnerie. — Nous ne pouvons pas entrer ici dans le détail des tracés de chaudronnerie. Ces tracés sont, d'ailleurs, en principe, fort simples.

Dans la construction automobile, ces tracés

(1) Ph. Fay, *loc. cit.*, p. 145.

Le Traçage

trouvent surtout leur application pour la confection des réservoirs. Le traceur aura alors à tracer à plat les lignes de découpage, les arêtes de soudures, les lignes de rivets ou les bords tombés.

Ces opérations ne présentent pas de difficultés particulières.

*
* *

II. — Traçage en l'air. — Pratiquement, dit M. Fay, le problème général du traçage en l'air se présente ainsi :

On donne un bloc de manière solide et l'image bien définie, bien déterminée d'une pièce limitée par des faces de différentes natures : plan, cylindre, cône, etc.

On suppose la pièce finie et placée à l'intérieur du bloc de telle façon que tous les éléments de la première appartiennent au deuxième et on propose de déterminer, à la surface de ce dernier :

1° Les lignes suivant lesquelles elle est rencontrée par les faces planes de la pièce supposées prolongées en tous sens ;

2° Les points en lesquels elle est rencontrée par les axes connus de la pièce supposés également prolongés indéfiniment.

Ce problème étant résolu, le bloc est remis aux ouvriers des diverses spécialités : raboteurs, ajusteurs, mortaiseurs ou fraiseurs pour la première partie, tourneurs ou perceurs pour la seconde.

Guide du constructeur d'automobiles

Dans la plupart des cas, on peut imaginer la pièce ajustée dans une infinité de positions à l'intérieur du bloc solide : il dépendra du traçeur de déterminer les premières lignes de façon à partager la matière à peu près également sur les régions placées symétriquement par rapport aux principaux axes de la pièce.

En pratique, les blocs proposés au traçage présentent déjà l'aspect général de la pièce finie, mais avec des dimensions pleines plus fortes. Ce sont, en effet, presque toujours, comme nous l'avons dit précédemment, des pièces brutes de fonderie ou de forge.

L'orientation des principales lignes est ainsi grandement facilitée.

Balancement de la pièce. — Cette opération consiste, en quelque sorte, à « balancer » la pièce finie dans la pièce brute de façon à donner aux lignes du traçage définitif leur position moyenne, celle qui correspond à une égale répartition de l'excès de matière.

Le balancement a surtout pour objet de vérifier si le travail de forge ou de fonderie a donné à la pièce à tracer une forme qui permette d'en déduire en bloc la pièce finie.

Voici, d'après M. Fay, comment l'on doit conduire le balancement pour arriver rapidement à un résultat certain :

Pour les corps de faibles dimensions et de formes élémentaires (prisme, cylindre, cône), une simple vérification, à l'aide de la règle, de l'équerre et du mètre suffira le plus souvent.

Le Traçage

Mais, dans le cas le plus général, le balancement des pièces équivaldra à un premier traçage approximatif.

Pour les pièces terminées par des faces planes, ce traçage partira de la face la plus étendue et le premier trait rasera de très près cette surface, en ayant égard aux équerrages des axes principaux pris au jugé.

Pour les pièces dans lesquelles l'élément principal est un *alésage*, (cylindre, etc.) ou un *tournage* (pivot, arbre, essieu, etc.), on partira de l'axe naturel de la pièce brute, tracé normalement, et l'on vérifiera le travail de forge ou de fonderie d'après cet axe.

Une *pièce de tour* sera centrée sur les vés par ses extrémités et on la fera tourner de fractions de tour successives en vérifiant, à l'aide d'un trusquin réglé à hauteur de l'axe, si elle tourne suffisamment « rond » et si l'on peut obtenir le diamètre demandé ; à cet effet, la pièce étant dans une position déterminée, on placera la pointe du trusquin contre sa surface extérieure et l'on tournera le solide dans les vés d'un demi-tour complet ; on constatera aisément l'écart existant entre les deux positions, s'il y en a un.

Soit E cet écart, D le diamètre de la pièce brute au point vérifié ; on pourra tout au plus établir au tour un diamètre égal à $D-E$.

On opérera de la sorte en différents points de la longueur de la pièce à tourner et l'on se basera pour le refus ou l'acceptation sur la plus petite valeur trouvée pour $D-E$ en tenant compte des difficultés du tournage.

Si la pièce à tourner présente plusieurs diamètres différents, la vérification portera sur chaque partie, en conservant les appuis aux mêmes points.

Dans le balancement d'une pièce, on se contente souvent, après avoir orienté le solide au trusquin suivant son plus grand axe probable, de relever au mètre, ou au compas, d'après cet axe, les dimensions brutes des différentes parties. Dès que l'on a, de la sorte, fixé la situation de l'axe principal, ou, pour mieux dire, du plan d'axe principal, on procède au traçage proprement dit.

Traçage proprement dit. — L'opération primordiale consiste à déterminer trois plans d'axes principaux perpendiculaires deux à deux, et dont les droites d'intersection sont souvent, soit des axes d'alésage cylindrique ou conique, soit des axes de tournage, soit enfin, des axes de symétrie du solide.

En terme d'atelier, cette opération est dite : *tirer le trait carré de la pièce.*

A ces trois plans on rapporte les autres éléments du tracé : points, lignes et plans.

Pour les pièces de forme un peu compliquée et surtout pour celles dans lesquelles le traçage conduit à mener des lignes ou à déterminer des plans faisant des angles quelconques (non droits) avec les plans principaux, il est souvent avantageux de procéder d'abord à un premier traçage indiquant les repères d'un ajustage préliminaire après lequel la pièce revient au traceur pour le traçage définitif.

Le Traçage

Ce « retour au marbre » de la pièce est, d'ailleurs, souvent nécessaire, par suite de la disparition d'une partie des traits à l'ajustage.

Conduite générale du traçage. — Les plans d'axes principaux devront être déterminés en premier lieu, après le balancement de la pièce.

Le premier trait plan (1) à tirer sera celui passant par l'axe le plus long de la pièce, et c'est suivant ce premier trait que l'on s'équerrera pour trusquiner les deux autres plans d'axe.

L'un de ces deux plans sera le plus souvent fixé, d'abord par sa perpendicularité sur le premier, ensuite par deux points remarquables de la surface de la pièce.

Le troisième devra être perpendiculaire aux deux autres, et il ne sera loisible de choisir qu'un seul point pour le déterminer complètement.

Ce sera souvent en tirant le deuxième et surtout le troisième trait plan principal qu'on pourra juger définitivement de la bonne ou de la mauvaise confection de la pièce brute.

Dans la plupart des cas, les trois plans d'axe seront utiles, et l'on ne devra pas hésiter à les déterminer avec précision, et à les *pointer* visiblement et proprement pour le montage sur les machines-outils.

(1) Les traceurs donnent le nom de *trait plan* sur une surface à la ligne d'intersection de cette surface et d'un plan.

Guide du constructeur d'automobiles

Les plans principaux étant bien déterminés, on continuera le traçage de la pièce en leur rapportant non seulement les distances, mais principalement les directions, en un mot, en s'équerrant constamment suivant eux.

Autant que possible, l'orientation de la pièce sur le marbre s'établira au trusquin, suivant le plan principal qui lui devient parallèle ; l'orientation au trusquin est beaucoup plus rapide et plus sûre que l'orientation à l'équerre ; on lui donnera donc la préférence toutes les fois qu'on le pourra.

Le traçage d'une pièce étant achevé, on procédera au *pointage* des traits, opération qu'on exécutera le plus proprement et le plus soigneusement possible. On évitera de donner de trop forts et de trop nombreux coups de pointeau. On s'attachera à laisser subsister le trait qui est encore la meilleure indication pour l'orientation des pièces sur les machines-outils (1).

Pour en finir avec le traçage, nous allons maintenant étudier quelques exemples de traçage de pièces usuelles.

Arbre cylindrique uni. — « C'est la pièce de tour la plus simple ; elle vient ordinairement brute de forge et le traçage consiste à déterminer la droite axe du cylindre fini.

(1) Ph. Fay, *loc. cit.*

Le Traçage

Si l'arbre est de faibles dimensions, on le fera rouler à la surface du marbre de manière à lui faire faire au moins un tour complet ; on pourra vérifier de cette façon si la direction générale des génératrices est rectiligne et s'il n'existe pas de jarret, de coude.

Cette première vérification faite, on mesurera en plusieurs points de la longueur le diamètre de la pièce brut et l'on comparera les résultats au diamètre exigé pour la pièce finie.

On placera ensuite l'arbre par ses deux extrémités sur deux vés de hauteur.

On prendra au trusquin la hauteur du centre approximatif de la branche et on fera ensuite tourner plusieurs fois la pièce dans les vés, en traçant sur les bouts avec la hauteur constante du trusquin une série de traits dont les intersections successives engendreront à chaque bout une petite courbe fermée qui sera très sensiblement une circonférence si l'arbre est venu bien cylindré de forge.

On pointera le centre de cette circonférence à chaque extrémité de l'arbre, et les deux points ainsi obtenus détermineront l'axe du tour pour le chariotage » (Fay).

Si l'arbre comporte des portées cylindriques, des embases, ce qui est le cas le plus fréquent, on commence par le vérifier comme nous venons de le dire, de la même façon qu'un arbre uni.

On vérifie ensuite si les embases sont venues de forge bien d'aplomb sur l'axe de l'arbre, puis, prenant comme repère l'une des embases,

on déterminera, d'après le dessin, les distances des autres embases ou portées.

Le plus souvent, d'ailleurs, le traçage des longueurs n'est pas fait ; on laisse au tourneur le soin de les déterminer ; cela lui est très facile, une fois que l'arbre a été charioté et que les diverses portées ont été tournées par lui à leurs diamètres définitifs.

Le traceur se borne alors à déterminer, comme nous venons de le voir, l'axe du tour aux deux bouts de l'arbre.

Arbre vilebrequin à deux manivelles d'équerre.

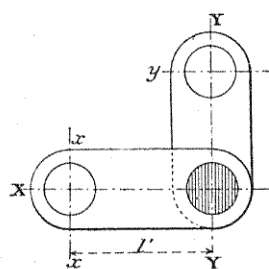


FIG. 43.

— La méthode la plus rapide pour le traçage d'un tel vilebrequin est la suivante qu'indique M. Fay :

Cette méthode s'applique à un arbre entièrement brut de forge, mais il est préférable de tourner d'abord les extrémités de l'arbre.

Pour tracer les axes de tour, on commence par centrer la pièce sur deux vés suivant l'axe de tour du corps principal et l'on place les centres des branches à même hauteur en disposant l'une des manivelles (Y figure 43) à l'équerre avec le marbre.

Puis, avec la hauteur de XX au trusquin, on se transportera vers l'extrémité de la manivelle X, au point où passe l'axe du tourillon et

Le Traçage

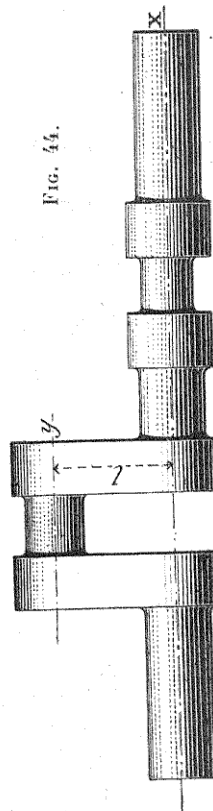
l'on voit si la largeur des deux bras se trouve à peu près également partagée : si cela a lieu, trusquiner le plan d'axe XX sur toute la surface de l'arbre et des manivelles.

Pour vérifier si ce plan coupe le tourillon suivant un diamètre, reporter le trait de trusquin sur une branche d'équerre, puis prendre la hauteur de la génératrice supérieure du tourillon et reporter ces deux hauteurs sur la branche d'une équerre : on pourra ainsi s'assurer de la position de l'axe de forge par rapport au plan XX.

Prendre au trusquin une hauteur supérieure à celle de XX d'une quantité l représentant l'excentricité des manivelles (figure 44) et tracer un premier plan yy du deuxième tourillon : vérifier comme plus haut si ce plan coupe le tourillon suivant son axe de forge ou à peu près.

Enfin, tirer les traits de largeur des bras de la manivelle X.

Passant ensuite au traçage de la deuxième manivelle, faire tourner la pièce dans les vés et amener le plan XX dans une position perpendiculaire au marbre, les centres des branches à la même hauteur.



Guide du constructeur d'automobiles

Avec la même hauteur des centres au trusquin, tirer l'axe YY et faire les mêmes vérifications que précédemment, quant à la largeur des bras de manivelles et à la position de l'axe du tourillon.

Remarquer que la ligne d'axe YY coupe *yy*, tirée dans la première position, en deux points qui déterminent la droite axe du tourillon.

Enfin, la manivelle X se trouvant debout, déterminer au trusquin, à la distance voulue *l'* de YY, l'axe du tourillon.

Tracer également les traits de largeur des bras de Y.

Pour *délimiter les épaisseurs et les longueurs des portées*, on opérera comme pour le traçage d'un arbre à plusieurs portées (voir plus haut, page 119).

Si l'ajustage doit se faire sur le tour, un seul point pour chaque plan de coupe suffira, attendu que le chariotage s'effectue perpendiculairement à l'axe de pointes.

On pourra toutefois marquer deux points de chaque trait de coupe ; de cette façon l'ajustage pourra s'opérer aux machines à fraiser ou à mortaiser, sans qu'on ait besoin de vérifier le montage d'après l'axe de tour principal.

Dans le cas des *vilebrequins à plus de deux manivelles*, la méthode la plus précise est la suivante :

Sur une tôle de grande dimension, on trace une circonférence de grand diamètre et l'on fait percer la tôle, au centre de ladite circonférence, d'un trou de même diamètre que l'une

Le Traçage

des portées extrêmes du vilebrequin, sur lequel on emmanche la tôle.

L'arbre étant posé sur des vés, les centres bien de hauteur et la plaque emmanchée, on amène l'une quelconque des manivelles dans une position sensiblement parallèle au marbre; on fixera alors la position de la pièce et l'on tracera sur la tôle le diamètre de la circonférence correspondant à l'axe de la manivelle considérée.

On divise ensuite la circonférence tracée sur la tôle en un nombre de parties égal au nombre de manivelles, les diamètres correspondant faisant entre eux les angles que doivent faire les axes des manivelles finies.

On fait alors tourner l'arbre jusqu'à ce que l'un de ces diamètres devienne parallèle au marbre, ce que l'on vérifie aisément au trusquin.

On fixe l'axe dans sa position et on trace l'axe de la manivelle correspondante qui se trouve en ce moment parallèle au marbre.

La même opération est répétée autant de fois qu'il y a de manivelles au vilebrequin.

Traçage d'une manivelle simple. — Les figures 45 et 46 représentent les phases de traçage.

On commencera par placer la pièce sur des cales de hauteur, et par déterminer au trusquin la face ab suivant la forge; tirer ensuite ef et cd aux distances de ab indiquées par le dessin.

Puis on dispose la manivelle de telle façon

Guide du constructeur d'automobiles

que le trait ab soit perpendiculaire au marbre, ce que l'on réalisera au moyen de l'équerre. Tirer le trait d'axe $00'$, après avoir placé les points 0 et $0'$ à la même hauteur au-dessus du marbre.

Si la distance $00'$ n'est pas trop grande, on déterminera les axes XX' , ZZ' en plaçant la pièce debout sur le marbre et en s'équerrant suivant ab et $00'$. On tirera ensuite autour de

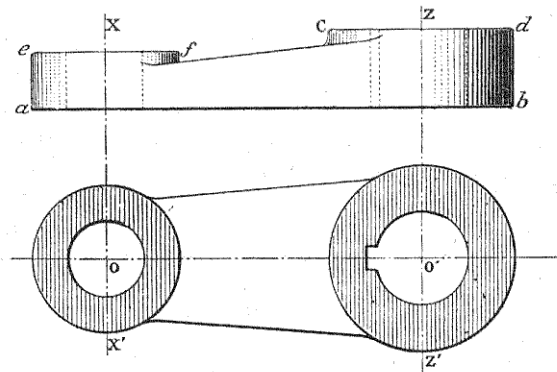


FIG. 45 et 46.

chaque tête les seconds axes des trous en les plaçant à la distance donnée par le dessin.

Du reste, si l'alésage des deux trous doit s'opérer sur le tour, il ne sera pas nécessaire de tirer les lignes XX' , ZZ' la pièce sera centrée et orientée sur le plateau du tour au moyen de ab (Fay).

Chape à branches symétriques. — (Figures 47 et 48).

Le Traçage

Tracer la ligne d'axe XX' , autour de la chape, après avoir pris les centres de forge des trous à percer sur chaque branche et sur la tête.

Tirer les traits de largeur parallèles à XX' .

Tourner la pièce d'un quart, et placer à l'équerre le plan d'axe XX' dans une position perpendiculaire au marbre, au moyen des traits de trusquin passant sur le bout des branches.

Placer un témoin entre les branches afin de

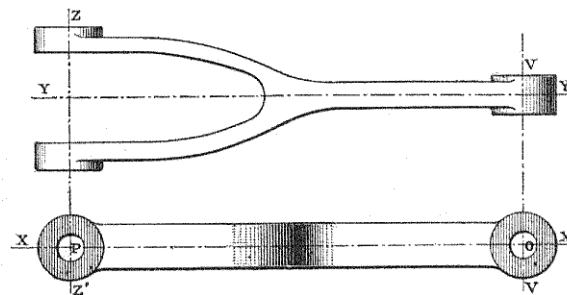


FIG. 47 et 48.

pouvoir mettre le milieu de leur écartement et le milieu de l'épaisseur de la chape dans un plan parallèle au marbre.

Cette condition et la précédente étant remplies, tirer le trait YY' en marquant son passage sur le témoin.

Dans la même position (fig. 47), tracer aux cotes indiquées par le dessin les épaisseurs de la tête, du corps, des branches et de leurs portées.

Mettre la pièce debout sur les branches en

s'équerrant dans les deux sens à la fois, suivant XX' et YY' .

Lorsque les plans XX' YY' seront perpendiculaires au marbre, tracer les plans d'axes ZZ' VV' à l'écartement donné par le dessin.

Partant de ZZ' , par exemple, et mettant la pointe du trusquin à hauteur du centre de forge d'une des portées, tracer l'axe ZZ' autour des deux branches.

Remonter ensuite la pointe à hauteur de VV' ; on vérifiera en même temps le travail de forge. S'il a été bien exécuté, le trait VV' doit passer par les centres de la tête.

Tirer VV' autour de la tête et pointer les traits : le traçage général est terminé (Fay).

L'usinage d'une telle pièce peut avantageusement se faire en partie à la fraiseuse au moyen des profils-guides dont nous avons indiqué le traçage précédemment (voir page 109).

Les exemples qui précèdent suffisent, pensons-nous, à donner une idée générale des méthodes employées pour le traçage des pièces mécaniques. On opère de la même façon, en s'inspirant des principes généraux que nous avons énoncés pour tracer toutes les pièces.

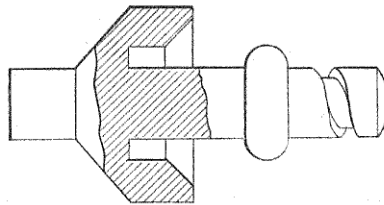
Pour amener les divers éléments d'une voiture automobile à leur forme définitive, il reste à les travailler aux machines-outils. Nous allons étudier maintenant cet usinage, en commençant par le travail du tour.

CHAPITRE V

Travaux de tour.

Ainsi, que nous l'avons dit dans le premier volume de cet ouvrage, le tour est la machine-outil la plus répandue et la plus employée dans les ateliers de construction.

Les opérations que l'on peut exécuter sur le tour sont nombreuses et variées; nous allons les passer successivement en revue au cours de ce chapitre.



La figure 49, FIG. 49. — Les divers travaux de tour. que nous empruntons à l'ouvrage de M. Joanny Lombard que nous avons déjà eu l'occasion de citer (1), représente d'une façon ingénieuse les principaux travaux de tournage.

(1) Lombard, *Manuel de l'Ouvrier tourneur et fileteur*, Paris, Dunod, 1905.

Tournage cylindrique. — Le tournage cylindrique est l'opération la plus simple que l'on puisse exécuter sur le tour.

On conçoit aisément que, une pièce étant montée sur un tour, soit entre pointes, soit sur un plateau (voir 1^{er} volume, chapitre v, page 151), cette pièce se trouvant animée d'un mouvement de rotation autour de son axe et l'outil se déplaçant parallèlement à cet axe, le tranchant de l'outil découpera sur la pièce une surface cylindrique ayant pour rayon la distance dudit tranchant à l'axe de rotation de la pièce.

Lorsqu'on met une pièce entre pointes, cette pièce doit tourner librement et sans jeu ; on doit éviter, en faisant ce réglage, de faire sortir le canon de la poupée d'une trop grande quantité, ce qui donnerait du porte-à-faux.

Les outils doivent être solidement fixés sur le chariot porte-outils et à une hauteur convenable (Lombard).

Les applications du tournage cylindrique sont si évidentes et si connues qu'il est inutile de les énumérer ici.

Rappelons seulement les conditions dans lesquelles doit se faire le travail pour obtenir des résultats satisfaisants (1).

(1) Ces indications ont un caractère général et s'appliquent à tous les travaux de tour aussi bien qu'au tournage cylindrique.

Travaux de Tour

Nous avons vu déjà (1^{er} volume, chapitre ix) que l'on donne le nom :

D'*angle de coupe* ou tranchant à l'angle θ (figure 50) ;

D'*angle d'incidence* à l'angle i ;

D'*angle de dégagement* à l'angle s .

L'angle de coupe doit être constant sur toute la longueur de l'arête tranchante.

La valeur de l'angle de coupe θ varie avec le métal travaillé ; il y a intérêt à donner à θ la plus faible valeur possible, car la pénétration de l'outil en est facilitée, mais on est limité dans cette voie par la diminution de résistance de l'outil. Aussi l'angle θ doit-il être d'autant plus grand que le métal à travailler est plus dur.

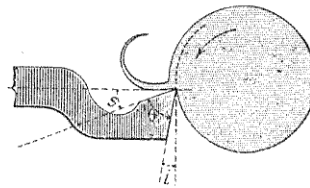


FIG. 50.

L'angle d'incidence a une valeur faible (voir plus loin), mais qui ne doit pas être nulle sous peine de voir « talonner » l'outil.

La *vitesse linéaire de coupe*, c'est-à-dire le chemin parcouru par la pièce en une seconde, et l'*avance par tour* sont limitées par l'échauffement de l'outil. Sous cette réserve, il y a évidemment avantage à avoir une vitesse linéaire de coupe et une avance par tour aussi grandes que possible.

La vitesse linéaire et l'avance par tour peuvent être d'autant plus grandes que le métal travaillé est moins dur et que l'acier de l'outil est plus dur.

Guide du constructeur d'automobiles

Le tableau de la page 137, que nous empruntons à l'ouvrage de M. Lombard, donne, pour le tournage des métaux courants, avec des outils en acier fondu ordinaire, l'angle de coupe, l'angle d'incidence, la vitesse linéaire de coupe ou vitesse tangentielle de la pièce par seconde et l'avance par tour.

Les vitesses de coupe indiquées dans le tableau sont celles qui conviennent lorsqu'on fait usage d'outils en acier fondu ordinaire. Avec les aciers durs spéciaux, tels que ceux dont nous avons parlé dans le II^e volume (I^{re} partie chapitre IV), on peut travailler à des vitesses de coupe trois fois plus grandes environ.

Lubrification des outils. — Les outils de tour, aussi bien, d'ailleurs, que tous les outils de machine-outil, doivent être abondamment lubrifiés pendant le travail.

Cette lubrification peut se faire de différentes façons (ce qui suit a un caractère d'absolue généralité et s'applique à toutes les machines-outils à outils tranchants).

La lubrification empêche l'échauffement de l'outil, échauffement qui aurait pour effet principal de le détremper très rapidement.

Pour lubrifier l'outil, il suffit de l'arroser pendant le travail avec un liquide approprié ; on emploie dans ce but presque exclusivement, l'eau de savon ou l'huile ; dans certains cas particuliers, assez rares, on se sert de benzine.

Dans la plupart des machines, la lubrification est assurée simplement par l'écoulement sur

Travaux de Tour

MÉTAUX A TRAVAILLER	ANGLE DE COUPE θ	ANGLE D'INCIDENCE i	VITESSE LINÉAIRE DE COUPE PAR SECONDE	AVANCE PAR TOUR
Antifriction et cuivre rouge...	Degrés. 50	Degrés. 3 à 5	Millimètres. 350	Millimètres. 0,5 à 1
Laiton	60	»	250 à 300	»
Bronze.....	75	»	»	»
Acier doux.....	55 à 60	»	150	0,5 à 1,5
Fer.....	60	»	120	»
Fonte.....	65 à 70	»	80	0,5 à 2
Acier dur	75	»	60	0,2 à 1,5
Fonte dure.....	80	»	40	»

Guide du constructeur d'automobiles

L'outil du lubrifiant contenu dans un petit réservoir muni à la partie inférieure d'un robinet qui permet de régler l'écoulement du liquide lubrifiant. Nous en avons donné plusieurs exemples dans le 1^{er} volume; voir notamment : la figure 99, page 194 qui en montre l'application sur un tour à décolleter semi-automatique : c'est là la disposition la plus répandue; les figures 123 (page 226), 125 (page 230), 132 (page 241), etc., représentent le même dispositif sur des fraiseuses de divers types.

Lorsque l'outil est susceptible d'un déplacement assez important, un tube flexible part du robinet du réservoir et conduit le lubrifiant au tranchant de l'outil, l'autre extrémité de ce tube étant fixée sur le porte-outil de manière à suivre l'outil dans sa course.

Certaines machines sont munies d'une table à gouttière servant à recueillir le lubrifiant qu'une petite pompe renvoie automatiquement sur l'outil. Ce dispositif est d'emploi à peu près général lorsque l'on emploie comme lubrifiant l'huile, ayant plus de valeur que l'eau de savon.

Nous avons signalé à titre d'exemple, dans le 1^{er} volume (page 187) le dispositif appliqué dans ce but sur un tour-revolver : une pompe rotative envoie un fort jet d'huile sur l'outil, par un tuyau dont l'extrémité est montée sur le chariot; l'huile coule dans un réservoir placé sous le banc, d'où la pompe la renvoie sur l'outil.

La figure 51 en montre un autre exemple.

Travaux de Tour

appliqué à une perceuse : en P on voit la pompe rotative qui envoie l'huile sur l'outil par un tuyau, suivant les flèches ; la gouttière ménagée tout autour de la table recueille le lubrifiant et le renvoie à la pompe.

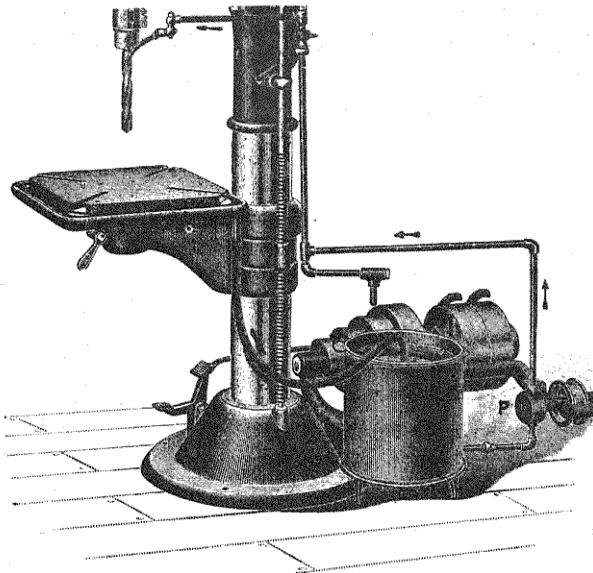


FIG. 51. — Lubrification de l'outil dans une perceuse.

Mais toute l'huile envoyée sur l'outil ne retombe pas dans le réservoir inférieur : il y en a toujours une certaine quantité qui reste adhérente aux copeaux ; il en résulte une perte qui peut devenir importante dans une usine employant un grand nombre de machines-outils.

Guide du constructeur d'automobiles

Aussi a-t-on cherché à récupérer la plus grande partie de cette huile perdue. Les appareils imaginés dans ce but sont fondés sur l'action de la force centrifuge. Ce sont, en somme, desessoreuses consistant, en principe, en un récipient disposé pour tourner à très grande vitesse : les copeaux à essorer sont placés dans ce récipient ; lorsque celui-ci est plein, on lui communique un mouvement de rotation à grande vitesse ; l'huile chassée par la force centrifuge contre les parois du récipient, s'échappe par des ouvertures ménagées dans ces parois et est recueillie dans un récipient spécial.

(Les indications qui précèdent sur la lubrification des outils s'appliquant à toutes les machines-outils, nous n'aurons pas à revenir sur cette question dans les chapitres suivants.)

Chariotage. — Le chariotage est l'opération par laquelle on donne à une barre métallique de quelque longueur une surface parfaitement cylindrique.

On fait usage, à cet effet, des tours dits « à charioter » (1^{er} volume, chapitre v, pages 158, 161, 163 et suivantes), lesquels sont pourvus d'une *tringle de chariotage* produisant l'avancement du chariot porte-outil généralement par l'intermédiaire d'une vis tangente commandant des engrenages portés par le chariot.

Le chariotage a donc lieu automatiquement : l'ouvrier n'a qu'à régler la position de l'outil de manière à « prendre une passe » plus ou moins forte, en tenant compte du diamètre auquel doit

être amenée la barre. On recommande de faire le chariotage, autant que possible, de droite à gauche.

Tournage conique. — Pour tourner automatiquement des pièces coniques, il suffit de commander, au moyen de roues d'engrenages, la coulisse transversale du chariot porte-outil pendant que l'ensemble du chariot se déplace parallèlement à la ligne des pointes. Il est évident que, dans ces conditions, le tranchant de l'outil décrira une

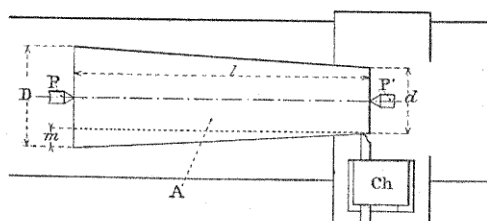


FIG. 52.

ligne oblique à l'axe des pointes et que, par conséquent, on obtiendra le tournage conique de la surface extérieure de la pièce considérée.

La figure 52 représente schématiquement l'opération : soient P et P' la poupée fixe et la poupée mobile du tour, A la pièce conique. Si D et d sont les diamètres de la grande base et de la petite base du cône et si l en est la hauteur, il faudra évidemment déplacer transversalement l'outil d'une quantité

$$a = \frac{D - d}{2}$$

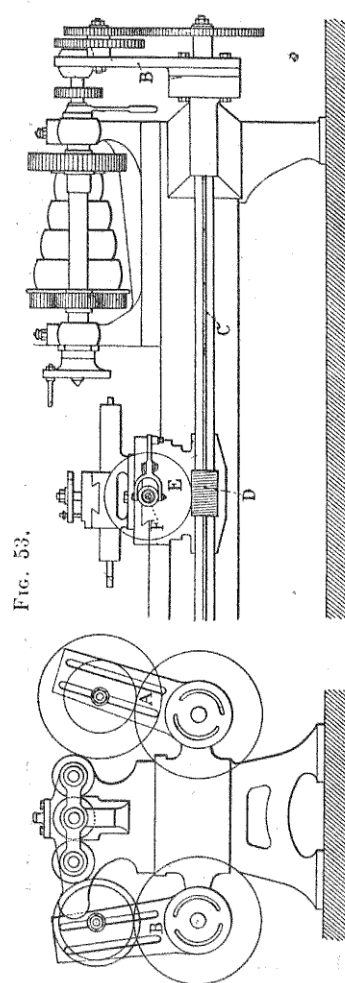


FIG. 53.

pendant que la vis-mère ou la tringle de chariotage déplaceront l'outil parallèlement à l'axe des pointes d'une longueur égale à l .

Pour obtenir le déplacement transversal automatique de l'outil, les tours permettant le tournage conique sont généralement pourvus de deux lyres ou têtes de cheval, dont l'une commande la vis-mère ou la tringle de chariotage amenant le déplacement longitudinal de l'outil, et dont l'autre produit le déplacement transversal du même outil.

La figure 53 représente, d'après M. J. Lombard, un exemple de ce dispositif : la figure de gauche est une vue par bout du tour, la figure de droite en est une élévation de face.

Travaux de Tour

A est la tête de cheval commandant la vis-mère; B est celle qui commande le déplacement transversal. Ces deux têtes de cheval sont symétriques, comme on le voit sur la figure 53.

Suivant l'axe d'articulation de la tête de cheval B est montée une tringle C sur laquelle coulisser la vis sans fin D qui porte un prisonnier ajusté dans une rainure pratiquée dans la tringle.

Cette vis sans fin D engrène avec une roue dentée E calée sur la vis F qui commande la coulisse transversale. Il s'en suit que, lorsqu'on

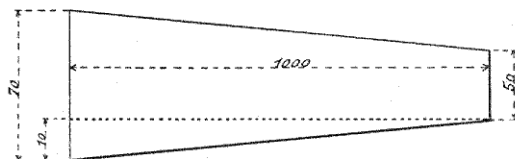


FIG. 54.

fera tourner la tringle C au moyen d'un train d'engrenages orienté sur la tête de cheval B, la roue dentée E fera tourner la vis F et déplacera transversalement l'outil.

Lorsqu'on veut tourner une pièce conique déterminée, il suffit de monter les roues d'engrenages qui conviennent sur les deux têtes de cheval.

Voici comment on détermine les roues à monter pour obtenir une pièce donnée :

Soit à tourner le cône de la figure 54.

Supposons que le pas de la vis-mère du tour considéré soit de 18 millimètres, que la roue

Guide du constructeur d'automobiles

dentée E porte 20 dents et que le pas de la vis F de la coulisse transversale soit de 4 millimètres.

Remarquons d'abord que, lorsque la tringle C tournera d'un tour, la roue calée sur la vis F fera $\frac{1}{20}$ de tour. Par suite, le chariot transver-

sal qui porte l'outil ne se déplacera que de $\frac{4}{20}$ soit de $\frac{1}{5}$ de millimètre, puisque le pas de la vis est de 4 millimètres par hypothèse.

Or, si la vis mère fait un tour complet, l'outil se déplacera longitudinalement de 10 millimètres; donc, si on montait les mêmes roues sur les deux têtes de cheval, l'outil se déplacerait transversalement de $\frac{1}{5}$ de millimètre, soit $0 \frac{2}{10}$ pendant que son déplacement longitudinal serait de 10 millimètres.

Le rapport $\frac{0,2}{10}$, soit $\frac{2}{100}$ ou $\frac{1}{50}$, du déplacement transversal au déplacement longitudinal est dit, en langage d'atelier : *rapport du transversal*. Dans le cas qui nous occupe, l'outil doit se déplacer transversalement, c'est-à-dire suivant un rayon de la pièce, de

$$a = \frac{D - d}{2} = \frac{70 - 50}{2} = 10 \text{ millimètres,}$$

pendant qu'il se déplacera longitudinalement de 1 mètre, soit :

1.000 millimètres.

Travaux de Tour

Le rapport du déplacement transversal au déplacement longitudinal de l'outil doit donc être de :

$$\frac{10}{1.000} \text{ ou } : \frac{1}{100}$$

Ce rapport est dit aussi : *rapport transversal du cône à faire*.

Puisqu'en montant les mêmes engrenages sur les deux têtes de cheval, on obtient le « rapport transversal » $\frac{1}{50}$, pour obtenir le « rapport

transversal du cône à faire », qui est de $\frac{1}{100}$, il

suffira de placer sur la tête de cheval B et de préférence sur la tringle même, si la chose est possible, une roue dont le nombre de dents soit le double du nombre de dents de la roue correspondante montée sur la tête de cheval A, les autres roues montées sur les deux têtes de cheval étant les mêmes.

En effet, lorsque la vis-mère fera un tour et déplacera l'outil de 10 millimètres suivant l'axe longitudinal du tour, la tringle ne fera que $\frac{1}{2}$ tour et l'outil ne se déplacera transversalement

que de $\frac{1}{2}$, soit de $\frac{1}{10}$ de millimètre.

Le rapport transversal obtenu est donc bien :

$$\frac{\frac{1}{10}}{10} = \frac{1}{100}.$$

Si la pièce à exécuter avait 1 mètre de long et comme diamètres extrêmes 50 et 80 millimè-

Guide du constructeur d'automobiles

tres, le rapport transversal du cône à faire serait de :

$$\frac{\frac{80 - 50}{2}}{1.000}, \text{ soit : } \frac{3}{200};$$

Comme le rapport transversal du tour est, par hypothèse, de :

$$\frac{1}{50} \text{ ou soit } \frac{4}{200},$$

il faudra, pour obtenir automatiquement ce cône, placer sur la tête de cheval B (tringle du mouvement transversal) une roue dont le nombre de dents soit les $\frac{4}{3}$ du nombre des dents de la roue correspondante montée sur la tête de cheval A (vis-mère), les autres roues montées sur les deux têtes de cheval étant les mêmes.

En effet, lorsque la vis-mère fera un tour et déplacera l'outil de 10 millimètres, suivant l'axe longitudinal du tour, la tringle ne fera que $\frac{3}{4}$ de tour, et l'outil se déplacera de :

$$\frac{1}{5} \times \frac{3}{4}, \text{ soit de : } \frac{3}{20} \text{ de millimètre.}$$

Le rapport transversal obtenu est donc de :

$$\frac{\frac{3}{20}}{10} = \frac{3}{200}.$$

Par conséquent, lorsque l'outil se déplacera de 1 mètre suivant l'axe du tour, il se déplacera transversalement de 15 millimètres (1).

(1) J. Lombard, *loc. cit*

Travaux de Tour

Les roues dentées déterminées par la méthode que nous venons d'exposer seront montées sur les têtes de cheval de la même manière que pour le filetage (voir chapitre VI). Elles seront reliées à l'axe de la poupée fixe par des engrenages identiques.

M. J. Lombard résume très clairement la méthode précédente dans le principe suivant :

Le nombre de dents des roues à monter sur la tête de cheval commandant la vis-mère et le nombre de dents des roues à monter sur la tête de cheval commandant la tringle du mouvement transversal sont respectivement les mêmes que ceux des roues commandantes et commandées qui donneraient comme pas le rapport transversal du cône à faire, le pas de la vis-mère étant le rapport transversal du tour (voir chapitre VI, LE FILETAGE).

Cette méthode est un peu compliquée, mais elle présente l'avantage de donner des résultats tout à fait précis.

Lorsqu'une telle précision n'est pas nécessaire, on peut appliquer des procédés plus simples :

1° Ainsi que nous l'avons vu dans le 1^{er} volume (page 143), *l'axe de la poupée mobile peut être écarté de celui de la poupée fixe* : on peut ainsi placer l'une des génératrices du cône à tourner parallèlement à l'axe du tour et faire des tournages coniques sans autre précaution spéciale.

2° On peut aussi faire usage du *chariot spécial pour tournage conique* représenté par la figure 55. Ce dispositif s'applique spécialement aux tours Reed que nous avons décrits à la page 165 du 1^{er} volume, mais un système analogue pourrait évidemment s'appliquer à la plupart des tours à chariotier.

Le dispositif est monté sur le tour avec support d'outils à chariot pivotant, comme on le voit sur la figure. Il peut être employé en tous

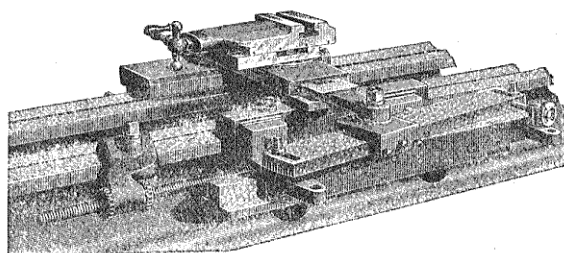


FIG. 55. — Chariot pour tournage conique.

points de la longueur du banc et permet de charioter ou encore de fileter conique, intérieurement comme extérieurement, toute pièce jusqu'à une inclinaison de 25 %, avec autant de facilité que dans le cas du tournage cylindrique, et sans qu'il soit nécessaire de désaxer la contre-pointe.

Filetage. — Nous ne citons cette opération ici que pour mémoire, car nous en ferons une étude détaillée dans le chapitre suivant (chapitre VI).

Travaux de Tour

Coupage de barres. — Pour couper une barre sur le tour, il suffit, évidemment, de monter sur le chariot un outil à tronçonner (figure 59, 1^{er} volume), en ne donnant au chariot qu'un mouvement transversal, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe de la barre à couper. Dans ces conditions, la barre étant animée d'un mouvement de rotation, l'outil y trace une rainure ou saignée circulaire de plus en plus profonde, jusqu'au moment où la barre est sectionnée.

Cette opération est faite généralement d'une façon automatique dans les tours à décolleter à revolver ; lorsque la pièce est finie, un outil à tronçonner la détache du reste de la barre qui avance automatiquement ensuite de la quantité nécessaire pour la production d'une nouvelle pièce.

Centrage et dressage de brides. — Lorsqu'on ne dispose pas de fraiseuses ou d'étaux-limeurs pour le dressage des brides, on peut faire cette opération sur le tour. Il suffit, pour cela, de monter, sur le chariot, d'abord un outil à dresser (1^{er} volume, figure 57), puis, pour finir, un outil à couteau (1^{er} volume, figure 58); le chariot n'ayant qu'un mouvement transversal, comme pour le coupage de barres, on comprend aisément qu'il vienne dresser la surface de la bride, sur laquelle le tranchant de l'outil décrit une sorte de spirale, résultant de la combinaison du mouvement transversal de l'outil avec la rotation de la bride montée sur le tour.

Si le tour est bien construit, il est évident

que la surface dressée sera rigoureusement perpendiculaire à l'axe des pointes du tour.

Percage sur le tour. — Pour percer une pièce sur le tour, on utilise dans beaucoup de cas un foret à langue d'aspic (1^{er} volume, figure 152) dont l'extrémité libre porte un trou de centre, ce qui permet d'appuyer le foret sur la contre-pointe du tour.

Ce foret est quelquefois maintenu immobile au moyen d'un levier à crochet s'appuyant sur le chariot, par exemple, pendant que la pièce tourne.

Le plus souvent, le foret à langue d'aspic est fixé sur le chariot porte-outil.

On peut aussi percer sur le tour à l'aide d'un foret américain (1^{er} volume, figures 154 et 155) maintenu par une douille à manche et poussé par la contre-pointe du tour (Lombard).

Fraisage sur le tour. — De même que pour le dressage de brides, le fraisage sur le tour ne se fait guère que dans les ateliers ne possédant pas de machine à fraiser.

D'après Lombard, on peut fraiser une pièce sur le tour de deux façons différentes :

1^o La fraise est montée sur l'axe de la poupée fixe à la place de la pointe, la pièce étant alors fixée sur un jeu d'équerres montées sur le chariot du tour ;

2^o La pièce est montée entre pointes, la broche porte-fraises est montée sur un support qui s'adapte sur le chariot porte-outil. Cet appareil

Travaux de Tour

peut se monter sur tous les tours, à la condition d'installer un renvoi de mouvement pour la commande de l'arbre porte-fraises ; il permet d'exécuter un grand nombre de pièces et est surtout avantageux pour la fabrication du menu outillage.

Sciage sur le tour. — Dans le montage précédent, il suffira de remplacer la fraise par une scie pour faire du sciage sur le tour.

Alésage sur le tour. — Nous verrons plus loin que l'alésage de cylindres un peu importants se fait généralement avec des machines spéciales à aléser (voir chapitre x) ; mais on peut aussi exécuter cette opération sur le tour.

On fait alors usage d'un porte-outil à aléser du genre de celui que représente la figure 173 du 1^{er} volume.

La hauteur de l'outil à aléser sera réglée au moyen de cales placées sous le porte-outil ; le tout est bloqué ensuite par des vis.

Lorsque l'alésage à faire est de grande longueur, il vaut mieux se servir d'un foret à canon, sorte d'alésoir à un ou deux tranchants travaillant en bout. Il faut alors ménager, au préalable, au foret une entrée qui lui servira de guide pendant l'alésage.

Si l'on fait usage d'un porte-lame, on place celui-ci entre pointes et on monte la pièce sur le trainard du tour. On constitue ainsi, comme le fait très justement remarquer M. Lombard, une sorte de machine à aléser rudimentaire.

Guide du constructeur d'automobiles

Les précautions à observer pour obtenir un bon alésage dans ces conditions sont les mêmes que lorsque l'on fait usage de machines spéciales à aléser (voir chapitre x).

Meulage et rectification sur le tour. — En adaptant un arbre porte-meule à la partie supérieure du chariot d'un tour, on peut faire sur cette machine un grand nombre de travaux de meulage et de rectification.

La pièce à meuler est alors montée entre pointes.

L'arbre porte-meule sera commandé par un renvoi de mouvement comme pour le fraisage sur le tour (voir page 144). Il convient de recouvrir toutes les glissières du tour pour éviter qu'elles ne soient détériorées par les poussières d'émeri tombant de la meule.

Rainage et mortaisage sur le tour. — Le tour peut être encore utilisé, à la place d'une mortaiseuse, pour faire une rainure dans une pièce de grande longueur.

Il suffit pour cela de fixer la pièce sur le trainard et de monter entre pointes une lame portant un grain d'acier affûté en outil de mortaiseuse et convenablement réglé. Cette barre porte-outil restant fixe, si on déplace le trainard en chariotant, on exécutera une rainure dans la pièce par passes successives (Lombard).

Moletage. — On sait que le moletage est l'opération par laquelle on pratique des stries sur le

Travaux de Tour

bord de pièces destinées à être tournées à la main, sans le secours d'aucune clef ou autre outil ; le moletage se fait surtout pour des écrous et pour des poignées.

Ce striage se fait au moyen de *molettes*, ou-

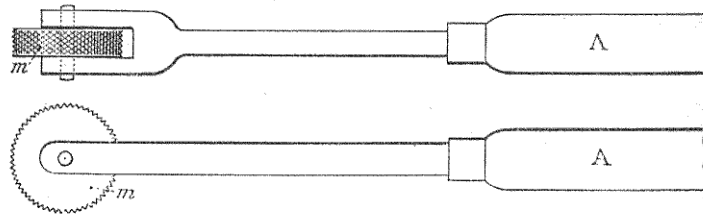


FIG. 56. — Molette pour travail à la main.

tils à dents multiples taillées dans des disques ou tambours d'acier fondu. La molette est montée sur un outil spécial de manière à tourner librement autour de son axe.

Le moletage peut se faire avec des outils à

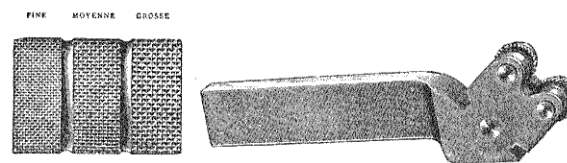


FIG. 57. — Outil à moletter Pratt et Whitney.

main ou en montant le porte-molette sur le chariot du tour comme pour tout autre outil.

La figure 56 représente un porte-molettes à main : l'ouvrier tient l'outil par le manche en bois A de manière à appliquer la molette *m* sur la pièce à travailler ; les dents de la molette

travaillent par enlèvement des matières (un peu à la façon d'une fraise) et par refoulement.

La figure 57 représente un outil à moletter « Pratt et Whitney » destiné à être monté sur un chariot de tour; il se monte à la place de l'outil ordinaire. Ce porte-molettes est à genouillère afin que les deux molettes travaillent ensemble.

Tournage à la main. — Dans tout ce qui précède (sauf pour le moletage), nous avons supposé que le travail se faisait mécaniquement: c'est en effet le tournage mécanique qui est pratiqué dans presque tous les cas surtout dans la construction automobile. Seul le tournage mécanique peut donner une fabrication régulière et économique, et ce n'est que d'une façon tout à fait exceptionnelle que l'on pratique le tournage à la main dans les ateliers de construction mécanique modernes.

Nous en dirons un mot cependant pour être complets.

Les outils à main sont emmanchés (comme le porte-molettes de la figure 56), pour en faciliter la tenue par le tourneur.

L'ouvrier saisit l'outil à deux mains, le manche reposant sur l'épaule, tandis que le dessous de l'outil s'appuie sur le support; l'arête coupante doit se trouver légèrement plus bas que l'axe de la pièce à travailler.

Les outils à main les plus employés sont le crochet, le grain d'orge et surtout la plane.

La plane sert à finir une pièce chariotée; on l'emploie parfois pour faire disparaître les traits

Travaux de Tour

de chariotage. Les figures 58 et 59 en montrent les formes les plus courantes, la seconde convenant surtout pour le travail de la fonte.

L'affûtage d'une plane doit être fait de manière à avoir une arête tranchante rectiligne sur presque toute sa longueur (figure 60), sous

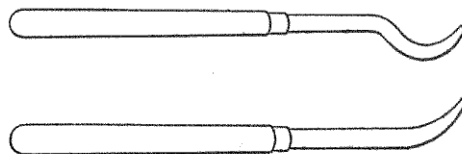


FIG. 58 et 59.

peine de produire des bosses sur la pièce planée.

Pour éviter que l'outil ne vibre pendant le travail, on doit placer le point d'appui assez près de la pièce. L'ouvrier déplace l'outil régulièrement sur le support parallèlement à l'axe de la pièce travaillée; il appuie généralement le manche de la plane sur son épaule gauche.

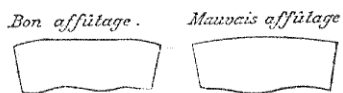


FIG. 60.

On se sert parfois de planes à tranchant profilé pour obtenir des congés ou des arrondis, mais ce travail peut se faire mécaniquement avec plus de précision; aussi n'emploie-t-on guère le tournage à la main dans ce cas que pour des travaux demandant plus de cachet que de précision.

Nous savons que lorsqu'il s'agit de tourner

extérieurement une pièce présentant un trou suivant l'axe de rotation, on monte générale-

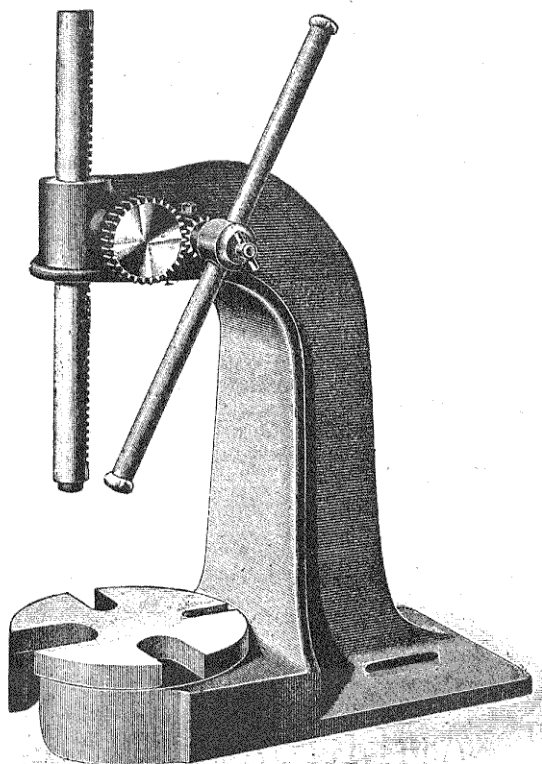


FIG. 61. — Presse à emmancher les mandrins de tour « Star ».

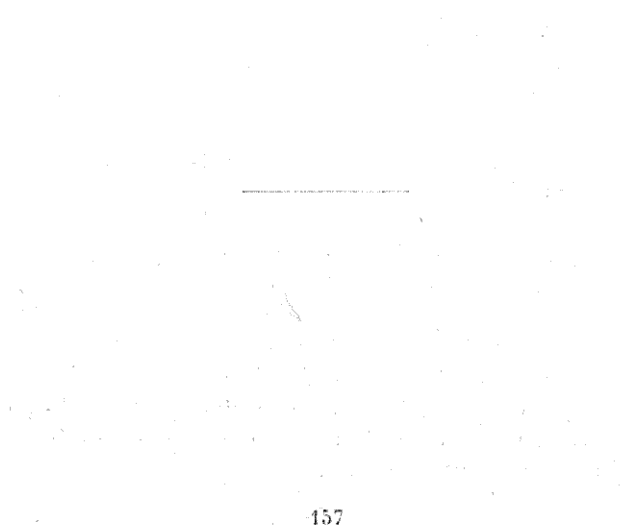
ment la pièce sur un *mandrin* (Voir 1^{er} volume, page 153).

Ce montage se fait souvent à coups de mar-

Travaux de Tour

teau, mais cette façon d'opérer n'est pas sans de multiples inconvénients que l'on peut éviter par l'emploi des presses à emmancher les mandrins, dont la figure 61 montre un exemple. Avec ces presses, l'enfonçage et le décalage du mandrin se font rapidement; on est assuré d'enfoncer un mandrin ou de le sortir sans le fausser, ce qui arrive fréquemment avec le marteau; les points de centre sont conservés, c'est-à-dire qu'ils ne se trouvent ni machurés, ni remplis de copeaux ou de saletés, comme cela se produit avec le marteau; de même, les extrémités des mandrins restent en parfait état.

Dans beaucoup d'ateliers, une presse de ce genre est disposée au bout du banc de chaque tour.



CHAPITRE VI

Le Filetage.

Définition. — On sait que l'on donne le nom de *vis* à un organe cylindrique portant à sa périphérie une rainure hélicoïdale laissant une partie pleine de même profil, dite *filet*.

Le *Filetage* est l'opération par laquelle on creuse dans un cylindre cette rainure hélicoïdale.

Il existe plusieurs sortes de filets : les plus courants sont : le *filet triangulaire* et le *filet carré*. Dans certains cas, on se sert aussi des vis à *filet trapézoïdal* et de vis à *filet rond*.



FIG. 62.

Les figures 62 à 65 représentent les profils de ces divers filets.

La vis à *filet triangulaire* (figure 62) est la plus employée comme vis de fixation ou de serrage ; elle est aussi la plus facile à obtenir.

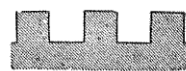


FIG. 63.

La vis à *filet carré* (figure 63) trouve surtout son application pour les transmissions de mouvements : elle se retrouve dans un très grand nombre de directions pour automobiles.

Le Filetage

La *vis à filet trapézoïdal* (figure 64), qui dérive de la vis à filet carré, sert surtout lorsque la vis donne ou reçoit une pression longitudinale ; elle est moins employée dans la construction automobile.



FIG. 64.

Enfin la *vis à filet rond* (figure 65) s'emploie, rarement, dans certains travaux de mécanique soignée ; elle trouve surtout son application dans les constructions de la Marine ou de la Guerre.

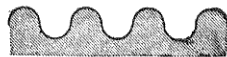


FIG. 65.

Le filetage de précision et le filetage de vis de diamètre un peu important se font toujours sur le tour (ou à la machine à fraiser, surtout pour certaines vis sans fin, notamment pour les directions d'automobiles, ainsi que nous le verrons plus loin). Mais il nous faut aussi dire quelques mots du *filetage à la main*, employé fréquemment dans les ateliers pour les filetages de petit diamètre ou pour le taraudage de petits écrous.

A. — Filetage à la main. — Le filetage à la main trouve son application lorsqu'il s'agit de fileter des tiges métalliques de faible diamètre ; le taraudage à la main permet d'obtenir les écrous correspondants.

Le taraudage à la main est également pratiqué pour fileter un trou dans une pièce : ce travail ne pourrait guère se faire sur le tour dans la plupart des cas.

Guide du constructeur d'automobiles

Les outils employés sont la *filière* et le *taraud*; nous en avons donné des modèles dans le 1^{er} volume de ce livre (figures 247 et 248, pages 267 et 268).

Filetage. — Pour fileter une tige à la main, on fixe tout d'abord cette tige dans un étau; l'ouvrier visse ensuite sur cette tige la filière munie de peignes du numéro correspondant au pas qu'il veut obtenir. L'écartement de ces pei-

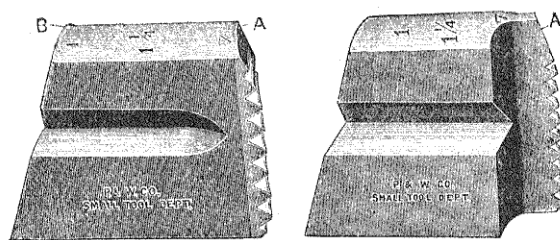


FIG. 66, — Peignes de filière Pratt et Whitney.

gnés dans la cage de la filière peut être réglé, suivant le diamètre de la tige à fileter.

Les peignes (la figure 66 en représente deux, l'un à l'état neuf, l'autre ayant subi un grand nombre d'affûtages) mordent dans le métal et découpent le filetage voulu.

Les filières de bonne fabrication donnent un filet plein et parfait en une seule passe, si l'on a soin d'entretenir les peignes toujours bien affûtés.

Taraudage. — Pour tarauder un trou à la

Le Filetage

main, on commence, bien entendu, par le percer au foret, puis on engage dans le trou un premier taraud dit *taraud ébaucheur* (1^{er} volume, figure 249, page 368) au moyen duquel on commence le filetage ; pour pouvoir imprimer aisément un mouvement de rotation au taraud, l'ouvrier se sert de l'outil dit « tourne-à-gauche » (figures 67 et 68).

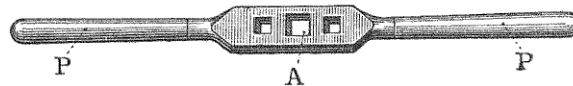


FIG. 67. — Tourne-à-gauche simple.

Le tourne-à-gauche le plus simple (figure 67) consiste essentiellement en une barre présentant une partie plus large au milieu ; au centre de cette partie plus large est percé un trou carré A dans lequel s'engage la tête à section carrée du taraud. L'ouvrier tient le tourne-à-gauche par les parties P.P.

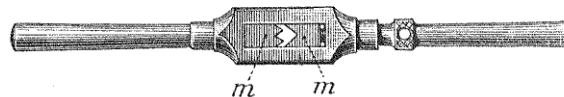


FIG. 68. — Tourne-à-gauche à mors mobiles.

Il faudra, évidemment, autant de modèles de tourne-à-gauche de ce système simple que l'on emploiera de tarauds à têtes de dimensions différentes.

Il existe des tourne-à-gauche plus perfectionnés, ajustables, permettant d'employer le même outil pour des tarauds de dimensions très différentes. La figure 68 représente un exemple

Guide du constructeur d'automobiles

(tourne-à-gauche Billing). L'un des mors (m) est mobile et pourvu de rainures latérales coulisant entre deux vis fixées sur le cadre. Il est entraîné dans les deux sens par la vis de serrage qui fait corps avec l'un des leviers. On a ainsi la faculté de régler le tourne-à-gauche à la dimension de la tête du taraud employé.

Après le *taraud ébaucheur*, l'ouvrier engage dans le trou à fileter un *taraud intermédiaire*, en opérant de la même manière ; le taraud se visse dans la rainure qu'avait ébauché le premier outil : enfin le travail est terminé au moyen du *taraud finisseur* qui achève de donner à la rainure le profil voulu.

Remarquons que l'on se sert parfois de filières et de tarauds sur le tour, l'outil se trouvant alors mù mécaniquement (à moins que, comme l'on fait parfois, l'outil ne reste fixe, et que le mouvement de rotation ne soit donné à la pièce travaillée).

B. — Filetage sur le tour. — C'est là le procédé le plus général, celui par conséquent sur lequel nous nous étendrons le plus.

Nous avons déjà vu précédemment (I^{er} volume, chapitre v) que le filetage se fait sur les *tours parallèles* ou *tours à fileter* dont nous avons décrit et figuré quelques modèles typiques. Nous savons aussi que le filetage sur le tour est fondé sur la propriété suivante :

Une barre cylindrique étant montée entre pointes ou sur le plateau d'un tour parallèle, si

Le Filetage

L'outil se déplace parallèlement à l'axe de rotation de la barre d'une quantité exactement proportionnelle à la valeur de la rotation, la largeur de la ligne tranchante étant inférieure à l'avance de l'outil par tour de la barre, le tranchant de l'outil creusera dans la barre une rainure hélicoïdale et l'on obtiendra donc une vis.

Il est évident que l'on pourra obtenir la forme de filet voulue en choisissant convenablement l'outil employé.

D'autre part, il suffira, pour obtenir une vis d'un *pas* déterminé, de donner à l'avance par tour une valeur convenable par rapport à la vitesse de rotation de la barre à fileter.

(Remarquons ici, une fois pour toutes, que le problème est exactement le même si l'on veut, au lieu de fileter une barre pour faire une vis, fileter l'intérieur d'un trou cylindrique pour former un écrou: la forme de l'outil à employer variera seule.)

Avant d'étudier le problème du filetage sur le tour, lequel consiste dans les méthodes de calcul des roues à employer (montées sur la tête de cheval) pour établir entre la vitesse de rotation de la poupée et la vitesse de translation du chariot le rapport nécessaire pour obtenir une vis de pas donné, il convient de rappeler quelques définitions:

Définitions. — On appelle *pas* d'une hélice (figure 69) la longueur AB de la génératrice du cylindre comprise entre deux points de l'hélice situés sur cette même génératrice.

Guide du constructeur d'automobiles

Le cylindre sur lequel est tracée l'hélice est dit *cylindre directeur*.

Si au lieu de faire tracer l'hélice par un point, nous faisons déplacer, sur la surface extérieure du cylindre directeur et suivant la même loi, un outil à fileter à tranchant carré, par exemple, tous les points du tranchant de cet outil vont décrire des hélices du même pas que l'hélice directrice; le lieu de toutes ces hélices, lequel

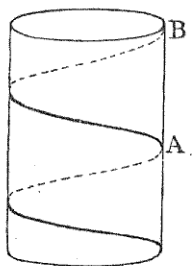


FIG. 69.

constitue un volume de forme hélicoïdale, est le *fillet de la vis*.

Le plan normal à la surface cylindrique, lequel contient le carré générateur (dans notre exemple), est dit *plan de profil* ou simplement *profil*. La forme du fillet dépend évidemment de la figure du profil.

Le *pas de la vis* est le pas de l'une quelconque des hélices décrites par les divers points du carré générateur.

Enfin, rappelons aussi que le tour à fileter comprend, comme organes fondamentaux (figure 70).

- Le banc B;
- La poupée fixe Pf;
- La poupée mobile Pm;
- Le chariot porte-outil Ch;
- La lyre ou tête de cheval L;
- La vis-mère V.

Calcul des engrenages à employer pour exé-

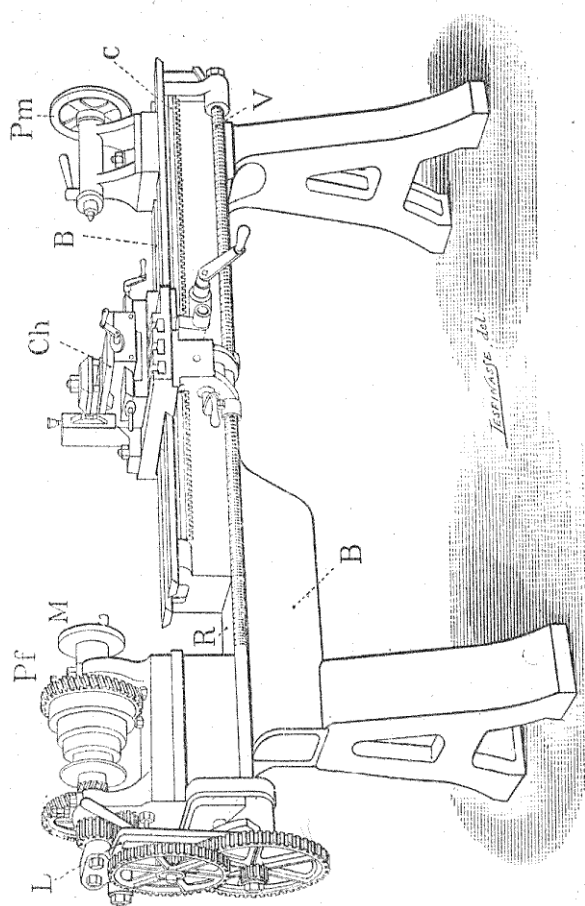


Fig. 70. — Tour à fileter.

cuter un filetage déterminé (1). — Nous supposons tout d'abord, pour simplifier l'exposé, que le tour dont nous nous servons, et que la figure 71 représente schématiquement, possède deux coulisses *a* et *a'* dans lesquelles la vis-mère C peut se déplacer : on peut ainsi la rapprocher ou l'éloigner du banc, de manière à permettre de faire engrener toute roue montée sur la poupée fixe avec toute autre roue montée sur l'axe de la vis-mère.

Dans le schéma de la figure 71, A est la roue

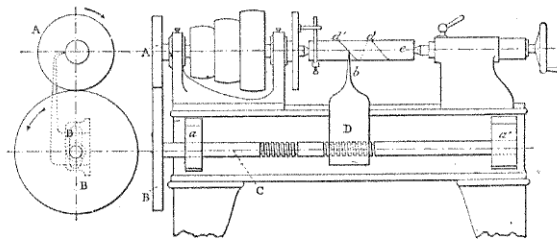


FIG. 71. — Schéma de tour à fileter (d'après Lombard).

montée sur l'axe de la poupée fixe, B est la roue montée sur la vis-mère ; dans ce tour schématique, le chariot et l'outil sont remplacés par une pointe recourbée B frottant sur la pièce à fileter *e*. Cette pointe fait corps avec une pièce D formant écrou montée sur la vis-mère et entraînée par elle.

(1) La méthode très claire et très simple, qui va suivre, est exposée par M. Lombard dans son *Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur*.

Le Filetage

Nous admettrons que le pas de la vis-mère C est de 10 millimètres.

Supposons que la roue dentée A, qui tourne avec la pièce à fileter, puisqu'elle est montée sur l'axe de la poupée fixe, ait 30 dents et que la roue dentée B qui tourne avec la vis-mère, puisqu'elle est montée sur celle-ci, ait 120 dents.

La pointe *b* étant en contact avec la pièce *e* au point *d*, faisons tourner l'axe de la poupée fixe d'un tour complet, la pièce *e* à fileter tournera d'un tour complet, ainsi que la roue dentée A.

La roue dentée B commandée par A tournera d'une fraction de tour égale à : $\frac{30}{120}$ de tour, soit $\frac{1}{4}$ de tour.

La vis-mère sur laquelle est calée cette roue B tournera également de $\frac{1}{4}$ de tour; la pointe *b*, entraînée par l'écrou D ajusté sur la vis-mère, se déplacera donc de $\frac{1}{4}$ du pas de cette vis, soit de :

$$\frac{10}{4} = 2 \frac{m}{m} 5,$$

parallèlement à l'axe de la vis-mère; elle viendra de *d* en *d'*.

Or, la pointe *b*, en se déplaçant, trace une hélice sur la pièce à fileter *e*; comme la pointe s'est déplacée de $2 \frac{m}{m} 5$, suivant l'axe de la pièce, pendant que celle-ci fait un tour com-

Guide du constructeur d'automobiles

plet, le pas de l'hélice obtenue est de $2 \frac{m}{m} 5$. Si on remplaçait la pointe b par un outil à fileter approprié, on obtiendrait de cette manière une vis de même pas.

Il résulte donc de ceci que le rapport du pas obtenu sur la pièce au pas de la vis-mère est de :

$$\frac{2,5}{10} = \frac{1}{4} ;$$

ce rapport est précisément égal au rapport du nombre de dents de la roue A au nombre de la roue B. Nous avons, en effet :

$$\frac{30}{120} = \frac{1}{4},$$

c'est-à-dire que :

$$\frac{2,5}{10} = \frac{30}{120}.$$

Cette proportion est toujours vraie, quels que soient les nombres de dents des roues A et B. Il suffirait, pour l'établir, de répéter dans chaque cas, le raisonnement précédent.

Si à la roue A nous donnons le nom de *roue commandante* et à la roue B le nom de *roue commandée*, nous pourrions donc énoncer la loi suivante qui est fondamentale :

Le rapport du pas à obtenir au pas de la vis-mère est égal au rapport du nombre de dents de la roue commandante au nombre de dents de la roue commandée.

Cette loi peut se résumer en une formule simple et d'un caractère tout à fait général.

Soient :

p , le pas à produire ;

Le Filetage

P, le pas de la vis-mère ;

n , le nombre de dents de la roue calée sur l'arbre de la poupée fixe ou « roue commandante » ;

N, le nombre de dents de la roue calée sur l'arbre de la vis-mère, ou « roue commandée ».

On peut écrire, d'après ce qui précède :

$$\frac{P}{P} = \frac{n}{N}.$$

Cette formule peut encore s'écrire de la façon suivante :

$$\frac{\text{pas de la vis à fileter}}{\text{pas de la vis-mère}} = \frac{\text{nombre de dents de la roue commandante.}}{\text{nombre de dents de la roue commandée.}}$$

La formule peut être appliquée dans tous les cas.

Dans la théorie élémentaire que nous venons d'exposer, nous avons supposé, pour simplifier, que la vis-mère pouvait se rapprocher ou s'éloigner à volonté de l'axe du tour, de manière à pouvoir toujours mettre en prise les deux roues dentées qui conviennent pour obtenir le pas désiré. Or, nous avons vu, dans la description des tours à fileter que nous avons donnée dans le premier volume, que l'axe de la vis-mère est fixe ; aussi est-il nécessaire d'interposer entre la roue calée sur l'axe de la vis-mère et la roue montée sur l'axe de la poupée fixe, une ou plusieurs roues *intermédiaires* servant à relier la roue A à la roue B.

Lorsqu'on emploie une seule roue intermédiaire, on dit que l'on opère un *filetage* à deux *roues*, car la roue intermédiaire n'influe pas sur le pas obtenu.

Guide du constructeur d'automobiles

Pour certains cas, un intermédiaire ne suffit pas et, pour obtenir le pas demandé, l'ouvrier peut être obligé de recourir à un montage à quatre roues comprenant un harnais d'engrenage; on fait alors un *filetage* à quatre roues. ;

De même, dans certains cas, plus rares, on doit employer un montage à six roues, avec deux harnais et l'on fait du *filetage* à six roues.

Enfin, dans des cas exceptionnels, on est conduit à employer des montages à huit et dix roues.

FILETAGE A DEUX ROUES. — Dans le cas du filetage à deux roues, l'intermédiaire n'influe pas sur le pas obtenu. C'est, en effet, une règle bien connue de cinématique que les *intermédiaires, quels que soient leur nombre et leur nombre de dents, ne changent pas la vitesse de la roue qu'ils conduisent.*

En revanche, les intermédiaires changent le sens de rotation de la roue conduite (ou roue commandée), s'ils sont en nombre *impair*; le sens de la rotation n'est pas changé, au contraire, si le nombre des intermédiaires est *pair*.

Ceci peut avoir de l'importance dans le filetage, car suivant que l'on emploiera un nombre pair ou impair d'intermédiaires, on obtiendra une *vis à droite* ou une *vis à gauche*.

Ceci posé, supposons que le tour dont nous disposons soit muni des roues ayant les nombres de dents suivants :

20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 75,

Le Filetage

80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150 et 200.

Nous admettrons aussi, pour les exemples qui vont suivre, que le pas de la vis-mère est de 10 millimètres.

Règles générales pour le calcul des engrenages (Lombard). — 1° Prendre le rapport entre le pas à fileter et le pas de la vis-mère : $\frac{p}{P}$.

Exemple : si l'on veut obtenir le pas de 3 millimètres, on aura :

$$\frac{p}{P} = \frac{3}{10}.$$

2° Rendre le numérateur entier, s'il y a lieu, en multipliant les deux termes de la fraction par une puissance de 10 strictement suffisante.

Exemple : pour obtenir le pas de 2 $\frac{m}{m}$ 5, on posera :

$$\frac{p}{P} = \frac{2,5}{10}, \text{ soit : } \frac{p}{P} = \frac{25}{100}.$$

3° Simplifier la fraction obtenue en divisant les deux termes par leur plus grand diviseur commun.

Exemple : si l'on a :

$$\frac{p}{P} = \frac{25}{100}.$$

on prendra pour $\frac{p}{P}$ la valeur $\frac{1}{2}$, en divisant les deux termes par leur plus grand diviseur commun qui est 5.

4° Les nombres de dents des roues cherchées

Guide du constructeur d'automobiles

sont des équimultiples des deux termes de la fraction irréductible que l'on vient d'obtenir ; ce sont en d'autres termes, des nombres obtenus en multipliant le numérateur et le dénominateur par un même nombre.

Exemple : Si l'on pose pour $\frac{p}{P}$ la valeur $\frac{1}{3}$, il est évident que toutes les fractions :

$$\frac{2}{6}, \frac{3}{9}, \frac{4}{12}, \dots, \frac{15}{45}, \dots, \frac{50}{150},$$

obtenues en multipliant les deux termes de la fraction $\frac{1}{3}$ par 2, 3, 4, ... 15, ... 50, ont pour numérateur les nombres de dents des roues commandantes et pour dénominateur le nombre de dents des roues commandées qui donneraient respectivement le pas demandé.

Il est non moins évident que les nombres de dents qui conviennent sont ceux qui correspondent aux roues constituant la série du tour (voir plus haut).

Pour monter les roues calculées, on opère comme le montre la figure 72 : les roues A et B étant calées respectivement, la première sur l'axe de la poupée fixe, la seconde sur l'axe de la vis-mère, on prend pour C, roue intermédiaire, une roue quelconque et on la monte sur la tête de cheval D de manière à la faire engrener avec B.

Il suffit ensuite de faire basculer la tête de cheval autour de son pivot P jusqu'à ce que la roue C soit exactement en prise avec la roue A ;

Le Filetage

la roue B n'ayant pas cessé d'être en prise avec la roue intermédiaire, les trois roues sont en prise: il ne reste plus qu'à fixer la lyre ou tête de cheval dans sa position au moyen de l'écrou E.

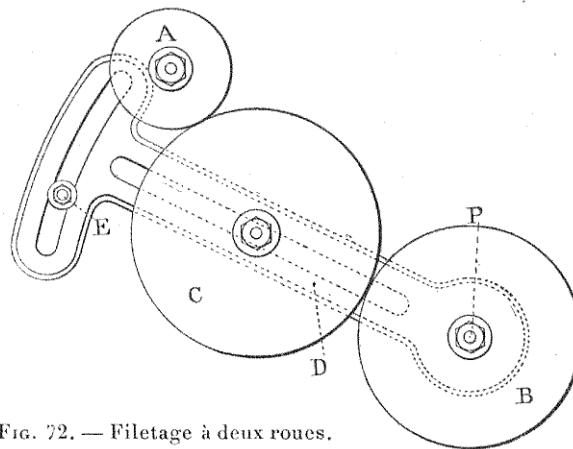


FIG. 72. — Filetage à deux roues.

Donnons maintenant quelques *exemples de filetage à deux roues* (d'après Lombard).

1^{er} exemple. — Supposons qu'il s'agisse de fileter une vis au pas de 5 millimètres, le pas de la vis-mère étant toujours, comme nous l'avons supposé, de 10 millimètres.

Notre formule fondamentale (page 169) nous donne $\left(\frac{P}{P} = \frac{n}{N}\right)$:

$$\frac{5}{10} = \frac{n}{N},$$

$$\text{ou } \frac{n}{N} = \frac{1}{2}.$$

Guide du constructeur d'automobiles

Les nombres de dents des roues A et B doivent donc être dans le rapport de 1 à 2. En d'autres termes, la roue commandante doit avoir deux fois plus de dents que la roue commandée.

En examinant le tableau des roues dont nous disposons (page 170), nous trouvons immédiatement que 13 combinaisons sont possibles pour produire le pas de 5 millimètres, depuis

$$A = 20 \text{ et } B = 40$$

jusqu'à :

$$A = 100 \text{ et } B = 200$$

2° *exemple.* — Soit à fileter le pas p de 3 millimètres, avec $P = 10$ millimètres.

La relation fondamentale nous donne :

$$\frac{n}{N} = \frac{3}{10}.$$

Les nombres de dents des deux roues devront donc être entre eux dans le rapport de 3 à 10.

Pour trouver ces roues, cherchons dans le tableau des roues du tour (page 170) la plus petite roue dont le nombre de dents soit divisible par 3, numérateur de la fraction $\frac{3}{10}$. Nous trouvons 30.

En appliquant les règles que nous avons énoncées plus haut, nous trouvons que si la roue de 100 dents existe dans notre série (page 171), la combinaison de ces deux roues nous donnera le filetage voulu,

$$\frac{30}{100} = \frac{n}{N}.$$

Le Filetage

Mais ce n'est pas la seule combinaison possible ; la même méthode nous montrera que l'on a aussi :

$$\frac{45}{150} = \frac{n}{N}$$

et encore :

$$\frac{60}{200} = \frac{n}{N}.$$

Nous aurons donc le choix entre les trois combinaisons de roues :

30 dents sur la poupée et 100 dents sur la vis-mère.

45	—	—	150	—	—
60	—	—	200	—	—

3^e *exemple*. — Soit à fileter le pas p de $2\frac{m}{m} 5$, avec $P = 10$ millimètres.

La relation fondamentale nous donne :

$$\frac{n}{N} = \frac{2,5}{10};$$

Nous avons vu qu'il faut rendre entier le numérateur de la fraction $\frac{2,5}{10}$; il suffit pour cela de multiplier les deux termes par 10, ce qui nous donne la fraction ordinaire $\frac{25}{100}$, d'où :

$$\frac{n}{N} = \frac{25}{100} = \frac{1}{4}.$$

Le problème se trouve ainsi ramené à l'un de ceux que nous venons de résoudre ; en suivant toujours la même méthode nous trouvons que les roues qui sont dans le rapport $\frac{1}{4}$ sont :

A = 20 avec B = 80 ;

Guide du constructeur d'automobiles

$$\begin{array}{lll} A = 25 & \text{---} & B = 100 ; \\ A = 30 & \text{---} & B = 120 ; \\ A = 35 & \text{---} & B = 140 ; \\ A = 50 & \text{---} & B = 200. \end{array}$$

Toujours de la même manière, on trouverait, par exemple, que les combinaisons de roues pour fileter le pas de 11 millimètres, 25 avec $P = 10$ millimètres, sont :

$$\begin{array}{lll} A = 45 & \text{avec} & B = 40 ; \\ A = 90 & \text{---} & B = 80. \end{array}$$

Nous avons supposé dans tous les exemples précédents que le pas de la vis-mère était de 10 millimètres. Montrons par un exemple que la même méthode donne la solution du problème avec la même facilité pour n'importe quel pas de vis-mère.

4^e Exemple. — Soit à fileter le pas p de 5 millimètres avec $P = 12$ millimètres.

Appliquons toujours la relation fondamentale ; nous aurons :

$$\frac{n}{N} = \frac{5}{12}.$$

Les roues A et B devront être respectivement dans le rapport de 5 à 12.

Cherchons dans le tableau des roues les nombres divisibles par 12 ; nous trouvons 60 et 120, qui donnent pour quotient 5 et 10 ; ces nombres, multipliés par le numérateur 5, donnent respectivement 25 et 50. Nous avons donc :

$$\frac{n}{N} = \frac{25}{60} \text{ ou } \frac{50}{120}.$$

Le Filetage

Par suite, le pas demandé de 5 millimètres peut être construit à deux roues avec une vis-mère de pas = 12 millimètres au moyen des deux combinaisons :

$$\begin{array}{lll} A = 25 & \text{avec} & B = 60; \\ A = 50 & \text{—} & B = 120. \end{array}$$

FILETAGE A QUATRE ROUES. — La série des roues dentées dont dispose le tourneur étant forcément limitée, il s'ensuit qu'avec le montage à deux roues, l'ouvrier peut se trouver embarrassé pour obtenir certains pas. Ainsi, par exemple, s'il s'agit de fileter le pas de $13\frac{5}{10}$ mm, le pas de la vis-mère étant de 10 millimètres, l'application du principe fondamental nous donne :

$$\frac{p}{P} \text{ ou } \frac{13,5}{10} = \frac{n}{N},$$

d'où, pour le rapport $\frac{n}{N}$, les valeurs :

$$\frac{135}{100} = \frac{27}{20} = \frac{54}{40} = \frac{81}{60} = \frac{108}{80}.$$

On obtiendrait donc le pas demandé au moyen des combinaisons suivantes :

$$\begin{array}{lll} A = 135 & \text{avec} & B = 100; \\ A = 27 & \text{—} & B = 20; \\ A = 54 & \text{—} & B = 40; \\ A = 81 & \text{—} & B = 60; \\ A = 108 & \text{—} & B = 80. \end{array}$$

Mais, si nous nous reportons au tableau des roues dont nous disposons, par hypothèse, nous voyons que les roues de :

27, 54, 81, 108 et 135 dents n'existent pas dans

Guide du constructeur d'automobiles

notre série. Nous nous trouvons donc conduits à adopter un *montage à quatre roues*, comprenant un « harnais d'engrenages ».

La figure 73 montre, d'après M. J. Lombard, la façon de réaliser pratiquement ce montage.

Avec ce dispositif, lorsque la roue A tourne,

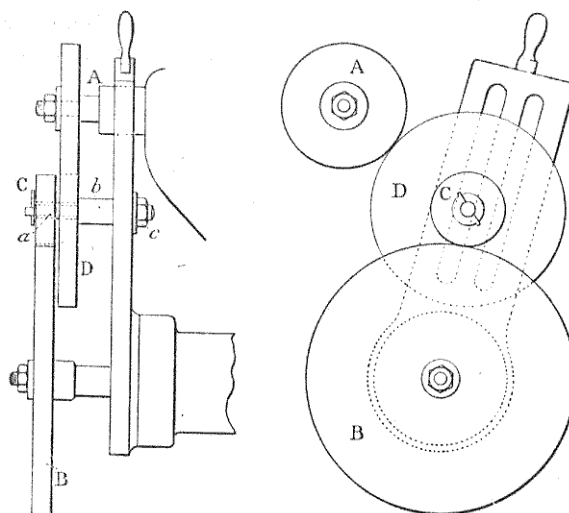


FIG. 73. — Filetage à 4 roues.

elle entraîne la roue D, laquelle transmet à la roue C sa propre vitesse par l'intermédiaire de la douille *a*; enfin la roue C fait tourner la roue B calée sur l'axe de la vis-mère.

Le *harnais* est constitué par les deux roues C et D clavetées sur la douille *a*; il est monté fou sur un axe *b* fixé sur la lyre au moyen de l'écrou *c*.

Le Filetage

Si les quatre roues ont les nombres de dents suivants :

A : 25 dents ;
B : 60 — ;
C : 15 — ;
D : 50 — ,

d'après les propriétés bien connues des engrenages, lorsque la roue A aura tourné d'un tour, la roue B n'aura tourné que de :

$$\frac{15 \times 25}{60 \times 50} = \frac{375}{3.000} \text{ de tour.}$$

Or, nous savons qu'une roue de 375 dents montée sur l'axe de la poupée commandant une roue de 3.000 dents montée sur l'axe de la vis-mère ferait également tourner celle-ci de $\frac{375}{3.000}$ de tour chaque fois qu'elle ferait un tour.

Il en résulte donc que le mouvement de l'arbre de la poupée fixe aura été transmis à l'arbre de la vis-mère au moyen des quatre roues A, B, C, D, comprenant le harnais C-D dans les mêmes conditions que si ce mouvement était transmis dans un montage à *deux* roues, où A aurait 375 dents (15×25) et B 3.000 dents (50×60).

Remarquons, avec M. Lombard, que les roues A et C commandent les roues D et B ; nous pouvons donc appeler les deux premières roues A et C *roues commandantes* et les deux autres, D et B, *roues commandées* : le principe fondamental, énoncé page 168, devient ainsi applicable et garde son caractère de généralité. Il s'é-

Guide du constructeur d'automobiles

noncée dans le cas du *filetage à quatre roues* de la façon suivante :

Le rapport du pas à obtenir au pas de la vis-mère est égal au rapport du produit des nombres de dents des deux roues commandantes au produit des nombres de dents des deux roues commandées, ce qui peut s'écrire :

$$\frac{p}{P} = \frac{A \times C}{B \times D},$$

ou, ce qui revient au même :

$$\frac{p}{P} = \frac{A}{B} \times \frac{C}{D}.$$

Les règles énoncées plus haut (page 171) pour l'application de la formule fondamentale s'énoncent ainsi dans le cas du filetage à quatre roues (Lombard) :

1° Prendre le rapport entre le pas à fileter p et le pas de la vis-mère P $\left(\frac{p}{P}\right)$;

2° Rendre le numérateur entier s'il y a lieu (voir page 171) ;

3° Simplifier la fraction obtenue en divisant les deux termes par leur plus grand commun diviseur ;

4° Décomposer le numérateur et le dénominateur en deux facteurs dont l'un peut être égal à l'unité. Opérer sur deux facteurs correspondants du numérateur et du dénominateur comme on l'a fait pour le filetage à deux roues.

Voyons, par des exemples, l'application pratique de ces règles.

1^{er} Exemple. — Soit à fileter le pas de 27 millimètres, avec une vis-mère de pas = 10 millimètres.

La relation fondamentale s'écrit :

$$\frac{n}{N} = \frac{27}{10},$$

avec :

$$\frac{n}{N} = \frac{A \times C}{B \times D}.$$

Décomposons 27 et 10 en leurs facteurs premiers :

$$\begin{aligned} 27 &= 3 \times 9; \\ 10 &= 2 \times 5. \end{aligned}$$

Nous avons donc :

$$\frac{n}{N} = \frac{3 \times 9}{2 \times 5} \text{ ou } \frac{3}{2} \times \frac{9}{5}.$$

Le problème est ramené à la recherche de quatre roues formant deux à deux les rapports $\frac{3}{2}$ et $\frac{9}{5}$. En d'autres termes, nous avons à faire avec chacun des rapports $\frac{3}{2}$ et $\frac{9}{5}$ des recherches analogues à celles que nous avons faites pour le filetage à deux roues.

Le rapport $\frac{3}{2}$ est satisfait avec les roues :

$$\frac{30}{20} = \frac{45}{30} = \frac{60}{40} = \frac{75}{50} = \frac{90}{60} = \frac{120}{80} = \frac{150}{100} = \frac{3}{2}$$

Guide du constructeur d'automobiles

Le rapport $\frac{9}{5}$ est donné par les roues :

$$\frac{45}{25} = \frac{90}{50} = \frac{9}{5}.$$

En combinant les différents rapports que nous venons d'établir, nous aurons tous les moyens possibles pour produire le pas de 27 millimètres avec quatre roues.

Le tableau suivant donne toutes ces combinaisons :

(1) $\frac{30}{20} \times \frac{45}{25}$	(8) $\frac{75}{50} \times \frac{90}{50}$
(2) $\frac{30}{20} \times \frac{90}{50}$	(9) $\frac{90}{60} \times \frac{45}{25}$
(3) $\frac{45}{30} \times \frac{45}{25}$	(10) $\frac{90}{60} \times \frac{90}{50}$
(4) $\frac{45}{30} \times \frac{90}{50}$	(11) $\frac{120}{80} \times \frac{45}{25}$
(5) $\frac{60}{40} \times \frac{45}{25}$	(12) $\frac{120}{80} \times \frac{90}{50}$
(6) $\frac{60}{40} \times \frac{90}{50}$	(13) $\frac{150}{100} \times \frac{45}{25}$
(7) $\frac{75}{50} \times \frac{45}{25}$	(14) $\frac{150}{100} \times \frac{90}{50}$

Mais les combinaisons (3) (8) et (10) nécessitant chacune deux roues d'un même nombre de dents, ne sont pas acceptables ; il ne nous reste plus que 11 combinaisons possibles.

La combinaison (6) $\frac{60}{40} \times \frac{90}{50}$, par exemple, convient parfaitement.

Le Filetage

Pour monter ces roues, nous placerons les roues des numérateurs comme roues commandantes et les roues des dénominateurs comme roues commandées.

Remarquons qu'on peut intervertir entre elles les roues A, C et les roues B, D, si l'on est gêné dans le montage (Lombard).

2^e Exemple — Soit à fileter le pas p de $1\frac{m}{m}7$, le pas de la vis-mère P étant de 10 millimètres.

Nous avons toujours :

$$\frac{n}{N} = \frac{1,7}{10} = \frac{17}{100}.$$

Mais $17 = 17 \times 1$,
et $100 = 20 \times 5$.

Nous pouvons donc écrire :

$$\frac{n}{N} = \frac{17 \times 1}{20 \times 5} \text{ ou } \frac{17}{20} \times \frac{1}{5}.$$

Le rapport $\frac{17}{20}$ est satisfait par les roues 85 et 100 ;

D'autre part, le rapport $\frac{1}{5}$ est satisfait par les roues suivantes :

$$\frac{20}{100} = \frac{30}{150} = \frac{40}{200} = \frac{1}{5}.$$

En combinant, comme dans le premier exemple, le rapport $\frac{85}{100}$ avec les trois rapports correspondants à $\frac{1}{5}$, nous avons les trois combinaisons :

$$(1) \frac{85}{100} \times \frac{20}{100} = \frac{n}{N}$$

$$(2) \frac{85}{100} \times \frac{30}{150} = \frac{n}{N}$$

$$(3) \frac{85}{100} \times \frac{40}{200} = \frac{n}{N}$$

De même que dans le premier exemple, la combinaison (1) ne convient pas parce qu'elle emploie deux roues de 100 dents. Il reste donc définitivement à notre disposition les combinaisons (2) et (3) pour fileter à quatre roues le pas de $1 \frac{m}{m} 7$ avec une vis-mère ayant un pas de 10 millimètres.

La même méthode s'appliquerait, exactement de la même manière, pour tous autres pas à fileter et de la vis-mère.

FILETAGE A SIX ROUES. — On peut être conduit à fileter à six roues (avec deux harnais), notamment

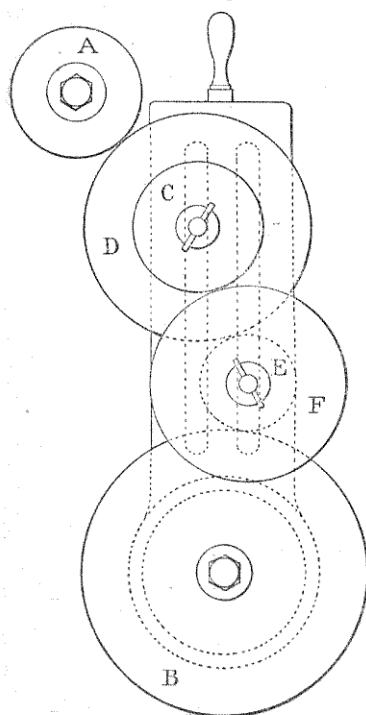


FIG. 74. — Filetage à six roues.

Le Filetage

quand le pas de la vis à fileter est très grand par rapport au pas de la vis-mère.

L'opération est tout à fait analogue à celle que nous avons exposée pour le filetage à quatre roues. La règle générale s'énonce alors comme suit :

Le rapport du pas à obtenir au pas de la vis-mère est égal au rapport du produit du nombre de dents des trois roues commandantes au produit des nombres de dents des trois roues commandées (Lombard), et la formule s'écrit :

$$\frac{p}{P} = \frac{n}{N} = \frac{A \times C \times E}{B \times D \times F} \text{ ou } \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{E}{F}.$$

La figure 74 représente schématiquement le montage des six roues.

Le calcul des roues dans chaque cas particulier se fera de la même façon que pour le filetage à quatre roues.

Nous en donnerons un seul exemple, sans entrer dans le détail des calculs.

Soit à fileter le pas de **224** millimètres, avec une vis-mère de pas : **10** millimètres.

$$\frac{n}{N} = \frac{224}{10}.$$

$$\text{Or, } 224 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 7.$$

$$\text{Ou: } 224 = (2 \times 2) \times (2 \times 2 \times 2) \times 7 \\ = 4 \times 8 \times 7.$$

D'autre part :

$$10 = 1 \times 2 \times 5.$$

Nous avons donc :

$$\frac{n}{N} = \frac{224}{10} = \frac{4 \times 7 \times 8}{1 \times 2 \times 5} = \frac{4}{1} \times \frac{7}{2} \times \frac{8}{5}.$$

Guide du constructeur d'automobiles

En cherchant les roues qui satisfont à chacun de ces rapports, et en combinant tous les rapports de roues trouvés, on arrive à 30 combinaisons, dont il faut écarter toutes celles qui emploient deux fois la même roue.

On pourra adopter, par exemple, la combinaison :

$$\frac{120}{30} \times \frac{70}{20} \times \frac{80}{50}.$$

FILETAGE A HUIT OU DIX ROUES. — On raisonnerait de même dans le cas très rare où l'on serait conduit à fileter à huit ou dix roues.

PAS APPROXIMATIFS. — Dans tous les exemples qui précèdent, nous avons été conduits à employer des roues existant dans notre série. Ces roues nous donnent exactement les pas demandés.

Mais il peut arriver que le calcul conduise à l'emploi de roues qui ne se trouvent pas dans la série. Si l'on désire un travail de précision, il faudra absolument se procurer ou faire faire la roue indiquée dans le calcul.

Dans la plupart des travaux de mécanique courants, on se contente d'obtenir un pas se rapprochant le plus possible de celui qui est demandé (*pas approximatif*).

Exemple. — Soit à fileter le pas de $24 \frac{m}{m} 99$, avec une vis-mère de pas $P = 10$ millimètres.

La relation fondamentale nous donne :

$$\frac{p}{P} = \frac{n}{N} = \frac{24,99}{10} = \frac{2.499}{1.000}.$$

Ce rapport est très voisin de

$$\frac{2.500}{1.000} = \frac{5}{2} = \frac{50}{20}$$

En filetant donc, à deux roues, avec les roues de 50 et de 20 dents, nous aurons un pas qui diffère du pas demandé de moins de $0 \frac{m}{m} 01$.

Autre exemple (d'après Leblanc). — Soit à fileter le pas p de $3 \frac{m}{m} 7$ avec la vis-mère de pas $P = 10$ millimètres,

La relation fondamentale donne :

$$\frac{p}{P} = \frac{n}{N} = \frac{3,7}{10} = \frac{37}{100}$$

La roue de 37 dents n'existe pas dans notre série et le nombre 37 est un nombre premier.

Si l'on prenait la roue de 40 dents, le pas approximatif obtenu serait le pas de 4 millimètres, soit une erreur de $0 \frac{m}{m} 3$.

Pour atténuer cette erreur, multiplions-le par le plus petit rapport que nous puissions obtenir avec les roues de notre série (page 170) ; ce plus petit rapport est évidemment celui des roues extrêmes, soit :

$$\frac{20}{200} = \frac{1}{10}$$

Nous pouvons poser :

$$\frac{37}{100} = \frac{1}{10} \times \frac{x \text{ une roue à déterminer}}{y \text{ une roue à déterminer}}$$

d'où :

$$\frac{x}{y} = \frac{37 \times 10}{100} = \frac{37 \times 2}{20} = \frac{74}{20}$$

Guide du constructeur d'automobiles

Si la roue de 84 dents existait dans la série, nous aurions le pas exact demandé, en filetant à deux roues avec une roue de 74 dents et une roue de 20 dents.

Mais cette roue n'existe pas : il faut donc faire entrer une erreur dans le rapport $\frac{x}{y}$, erreur qui se trouvera divisée par 10, puisque $\frac{x}{y}$ est le $\frac{1}{10}$ du rapport des pas.

Remplaçons la roue de 74 dents par celle de 75 ; on a alors :

$$\frac{x}{y} = \frac{75}{20};$$

et l'on obtient le pas approximatif $3 \frac{m}{m} 75$, lequel diffère du pas demandé de 0,05 de millimètre.

VIS A PLUSIEURS FILETS. — Une vis à plusieurs filets est une vis dont le pas est divisé en plusieurs parties égales, chacune de ces parties portant un filet (Lombard).

La vis à plusieurs filets est employée généralement dans le cas où l'on veut qu'un écrou se déplace rapidement sur une vis, tout en conservant une assez grande solidité au filetage.

Les figures 75 et 76 représentent, à titre d'exemple une *vis à quatre filets* : le pas p est divisé en quatre parties égales, et chacune de ces parties porte un filet.

La figure 76 montre la section droite de la même vis.

Pour exécuter une telle vis, il faut diviser la circonférence extérieure de la vis en quatre parties égales (ou, d'une façon plus générale, en un nombre de parties égal au nombre de filets).

Le meilleur moyen de diviser ces vis serait d'avoir un plateau diviseur spécialement affecté pour ce travail; mais ces plateaux étant d'un prix élevé sont peu répandus.

Quelquefois, les ouvriers se contentent de faire sur le bout de la vis autant de méplats qu'il y a de filets. Chaque méplat détermine de la sorte le départ d'un filet. Malheureusement, ce procédé est peu exact.

Il est préférable de diviser la roue d'engrenage A, calée sur l'arbre de la poupée fixe, en autant de parties égales que la vis doit porter de filets, et, lorsqu'on a tracé un filet, on fait tourner cette roue de

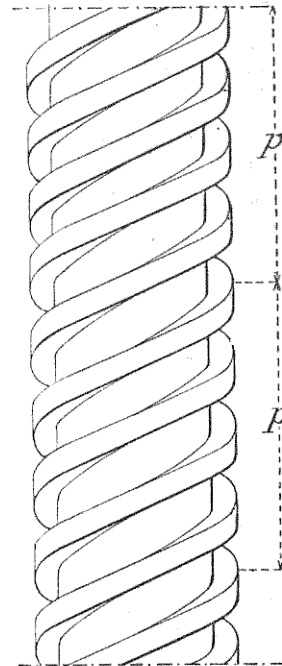


FIG. 75.

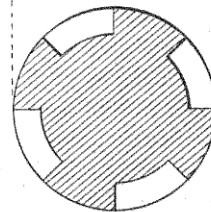


FIG. 76. — Vis à quatre filets.

Pour obtenir de bons résultats, on doit donc, à chaque passe, dégager la roue A, la faire tourner d'une division, puis l'engrener à nouveau (Lombard).

FIG. 77.

ser les vis, page 235, figure 129). Il nous reste à indiquer ici la façon dont s'opère pratiquement le filetage sur la fraiseuse.

D'une façon générale, le filetage à la fraise se fait, comme avec le tour, par la combinaison d'un mouvement lent de rotation de la pièce travaillée avec une translation de la table par rapport à la fraise taillante.

Le Filetage

Dans la plupart des fraiseuses, un appareil à diviser permet la répartition exacte et facile des rainures (1).

Les figures 77 et 78 représentent (d'après Jurthe et Mietzschke) un appareil à diviser de construction américaine. La pièce extérieure A forme avec la pièce intérieure J, qui peut tourner dans A, un tambour fermé, dans lequel sont placées une vis sans fin et sa roue. La roue est placée exactement au milieu du tambour J sur l'arbre B, tandis que la vis avec boulon est placée latéralement en J. Pour transmettre le mouvement du pignon conique à la vis, on place au milieu du J une roue intermédiaire.

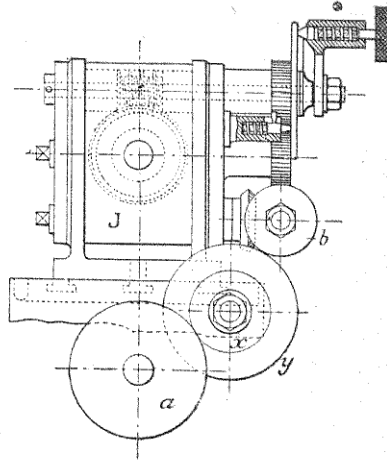


FIG. 77.

Ceci étant, pour fileter, on doit commencer par rendre libre le cran d'arrêt qui immobilise le plateau pour le fraisage de rainures droites.

L'engrenage pour l'entraînement de la pièce

(1) Ces appareils servent aussi au taillage des engrenages.

Guide du constructeur d'automobiles

au moyen de l'appareil à diviser est visible sur les figures 77 et 78. Sur l'arbre u qui donne le mouvement d'avance est placée la roue a , et sur l'arbre de l'appareil à diviser la contre-roue b ; en même temps ce boulon porte la pince p , et au moyen de l'écrou o les roues intermédiaires x et y sont assujetties. Au moyen de cette liaison par engrenages, la rotation de la pièce est rendue dépendante du mouvement d'avance de la table. Prenons un exemple : supposons que les roues a et b aient même nombre de dents, que la roue de vis sans fin de l'appareil à diviser ait 40 dents, que la vis soit à un filet, et la montée de l'arbre du support soit de 0,5 millimètres.

D'après ces données, pour 40 tours de l'arbre-support u , la pièce fera un tour complet, car la roue b a aussi fait 40 tours avec le boulon p . En même temps, au moyen des roues coniques i_1 et i_2 , le plateau divisé a fait avec la vis 40 tours. Pour ces 40 tours, la table a avancé de $40 \times 0,5 = 20$ millimètres.

Une spirale ou une vis taillée avec cette combinaison aurait ainsi un pas de 20 millimètres. Le nombre de tours de l'arbre-support est dans le rapport 40 : 1 avec le nombre de tours de la pièce.

Le calcul des engrenages est exactement le même que pour le filetage sur le tour (1). La

(1) Jurthe et Mietzschke, *Le Fraisage*, Paris, Dunod, 1905.

Le Filetage

mise en place des roues se fait aussi d'une façon analogue.

Le fraisage permet d'obtenir les vis meilleur marché, plus rapidement et plus facilement que le tournage, lequel exige un ouvrier habile et exercé.

Le filetage à la fraiseuse ne présente pas d'autres particularités que celles qui précèdent: à part ces calculs des engrenages à employer pour un pas donné, le filetage à la fraiseuse se fait de la même manière que toute autre opération de fraisage. Nous renverrons donc le lecteur, pour ce travail, au chapitre suivant, où il fera l'objet d'une étude spéciale.

Avec l'emploi de la fraiseuse, nous avons terminé l'exposé des procédés relatifs au filetage.

Des trois procédés de filetage que nous avons passés en revue, les deux derniers (filetage sur le tour et filetage à la fraiseuse) sont les plus employés et les seuls possibles lorsqu'il s'agit du filetage de grosses vis de précision, telles que des vis sans fin de direction pour automobiles. Pour ce travail, l'emploi de la fraiseuse se répand de plus en plus, par suite des avantages signalés plus haut.

CHAPITRE VII

Le Fraîsage.

Généralités. — Les applications des machines à fraiser sont très nombreuses : nous en avons vu, dans le chapitre précédent, un exemple pour le filetage.

Dans le premier volume de cet ouvrage (pages 208 et suivantes), nous avons étudié les conditions et caractéristiques générales du travail de la fraise.

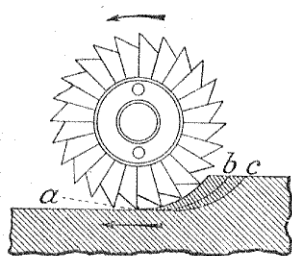


FIG. 79.

Nous avons signalé que la fraise commence par produire un travail nul, ce qui constitue une qualité précieuse : la figure 79 fait mieux

comprendre cette particularité : on voit la dent qui enlève un copeau lequel devient graduellement plus fort, comme le montre le triangle curviligne *abc*.

Cette remarque fait comprendre combien il serait mauvais de déplacer la pièce en travail.

Le Fraisage

dans le sens de rotation de la fraise (1), car alors la dent devrait commencer par supporter l'effort maximum, ce qui ferait encore perdre deux avantages :

D'une part la dent de la fraise s'accrocherait exactement dans la pièce en travail, ce qui troublerait la marche douce nécessaire à l'exécution d'un travail proprement fait.

D'autre part, la croûte dure des pièces de fonderie ou la couche oxydée des pièces de forge, qui sont si nuisibles aux outils de tour et de rabotage, ne seraient plus enlevées, comme dans le cas du déplacement en sens contraire des particules sous-jacentes, et la fraise serait promptement abîmée (Jurthe et Mietzschke).

Nous ne reviendrons pas sur la comparaison entre le rabotage d'une plaque de métal à la fraiseuse et la même opération faite à la raboteuse (voir 1^{er} volume, page 210).

La fraise permet d'exécuter d'une façon très simple et très rapide des travaux qui demanderaient beaucoup de temps et des réglages d'outils très nombreux avec d'autres machines. La figure 80 en montre un exemple : pour raboter la table à glissière A sur la raboteuse, il faudrait treize opérations successives ; une seule opération suffira, à la fraiseuse, en réunissant toutes les fraises comme l'indique la figure.

(1) Au lieu de produire ce déplacement en sens inverse de la rotation de l'outil, comme cela se fait toujours dans les machines à fraiser.

Guide du constructeur d'automobiles

« Les innombrables manières d'appliquer la fraise à la production de formes très variées sont comprises, pour la plupart, dans les indications suivantes :

1° On peut donner à la fraise une forme grâce à laquelle elle peut produire des pièces profilées, qui ne peuvent être faites d'une façon aussi avantageuse avec aucun autre outil ;

2° La pièce peut, pour la nécessité du travail,

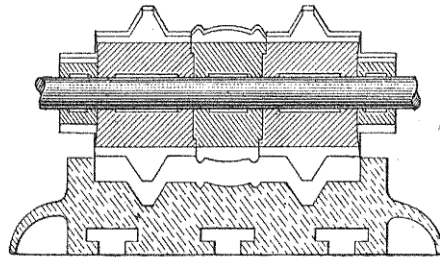


FIG. 80.

être déplacée sous la fraise pour être travaillée de toutes les façons imaginables, tant que les dents de la fraise restent en bon état.

Les *lignes de passe*, qui sont droites, courbes ou gauches, produisent, en combinaison avec la disposition de la fraise, les différents modes d'avance suivants :

a) La ligne de passe, droite, est perpendiculaire à l'axe de la fraise ; par exemple dans la figure 80, ainsi que pour les fraises à plat, en bout ou pour tailler des dentures droites (voir chapitre VIII) ;

Le Fraisage

b) La ligne de passe, droite, est parallèle à l'axe de la fraise, par exemple, pour le fraisage de mortaises, de trous, etc.;

c) La ligne de passe, droite, fait un certain angle avec l'axe de la fraise : fraisage de rainures, de roues hélicoïdes ;

d) La ligne de passe, circulaire, a son axe parallèle à celui de la fraise : fraisage de disques, pistons, segments, manivelles, etc.;

e) La ligne de passe, circulaire, a son axe perpendiculaire à celui de la fraise ;

f) L'axe de la ligne de passe, circulaire, fait un certain angle avec celui de la fraise ;

g) La ligne de passe, droite, comme en *a*, en combinaison avec une ligne circulaire comme en *e*, permet d'effectuer, par exemple, le fraisage de dents en spirale, de rainures de cannelures ;

h) La ligne de passe droite *a*, en combinaison avec la ligne circulaire *d*, permet le fraisage de courbes et de roues de vis sans fin ;

i) La ligne de passe droite *b*, en combinaison avec la ligne courbe *d*, permet le fraisage de courbes ;

k) La ligne de passe droite *c*, en combinaison avec les courbes *e* et *f* permettra le fraisage des vis sans fin.

Dans cette liste, on n'a pu indiquer toutes les dispositions possibles ; on pourra cependant se faire ainsi une idée de la variété des dispositions réalisables.

La puissance de travail, ajoutée à la facilité de

l'emploi de la fraise, permet de l'approprier aux exigences les plus rigoureuses. En outre, la facilité de la conduite permet de conduire de trois à six machines à fraiser en même temps (1).

La machine à fraiser exécute avantageusement les travaux de mortaisage : les figures 81 et 82 montrent, à titre d'exemple, le fraisage d'une manivelle : ce travail se fait environ trois fois plus vite qu'à la mortaiseuse ; en outre, le tra-

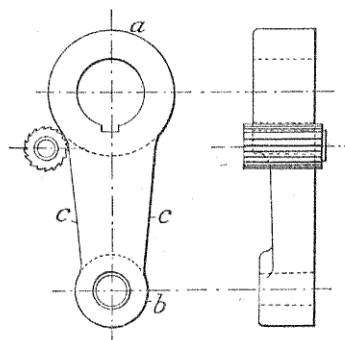


FIG. 81.

FIG. 82.

vail de la machine à mortaiser ne laisse pas, il s'en faut de beaucoup, la surface du métal aussi propre que les machines à fraiser : il en résulte que l'ajusteur doit, bien souvent, se livrer à des retouches, lorsque la pièce a été travaillée à la machine à mortai-

ser, retouches inutiles lorsque la même pièce est faite à la fraise.

Les exemples de travaux faits sur la fraiseuse comparés aux mêmes à la raboteuse ou au tour, exemples que nous avons donnés dans le premier volume suffisent à montrer le grand intérêt que présente la fraise comme outil de

(1) Jurthe et Mietzschke, *loc. cit.*

Le Fraisage

travail rapide et précis. Ajoutons encore que la machine à fraiser se prête, d'une façon toute spéciale, au travail en série.

Remarque. — Pour obtenir de la fraise tous les avantages que nous venons de signaler, il faut observer strictement les conditions imposées par son mode de travail.

« En première ligne, il faut faire attention que *la fraise travaille en tournant rigoureusement rond*.

S'il n'en est pas ainsi, le travail exécuté pour une révolution de la fraise sera seulement celui correspondant à une ou deux dents. Cela a pour conséquence que le travail n'est pas suffisamment propre, que la fraise est émoussée prématurément et que la machine souffre des vibrations produites.

Comme seconde condition, intervient l'*affûtage*, auquel il faut faire particulièrement attention. Si l'on n'obtient avec un outil droit insuffisamment affûté que des résultats tout à fait insuffisants, il en sera de même, à un bien plus haut degré avec une fraise mal affûtée.

C'est pourquoi les meilleures firmes d'outils inscrivent sur les fraises la mention « *Affûter souvent* ».

L'entretien et surtout l'affûtage des fraises présentent donc une importance capitale pour la qualité du travail obtenu. Nous allons examiner maintenant la façon dont doivent se faire cet entretien et cet affûtage.

Guide du constructeur d'automobiles

Entretien et affûtage des fraises. — Dans le second volume, nous avons étudié les conditions dans lesquelles doit se faire la trempe des fraises ; nous n'aurons donc pas à y revenir ici et ne parlerons que de l'affûtage, de la bonne exécution duquel dépend la qualité du travail de la fraise.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire les indications très claires données sur cette importante question, dans leur ouvrage, par MM. Jurthe et Mietzschke.

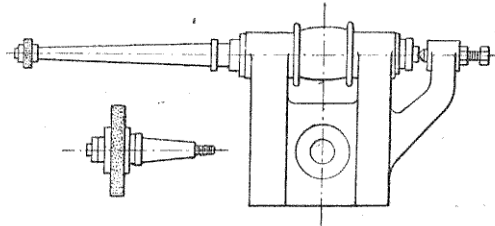


FIG. 83.

Les conditions absolument indispensables pour que les fraises aient une bonne puissance de travail sont la suppression de toutes les irrégularités produites par la trempe et l'affûtage des dents à la meule d'émeri. Ces irrégularités sont la torsion pour les longues fraises, la flexion pour les fraises en disque, le rétrécissement et l'ovalisation des alésages.

Les travaux d'alésage se divisent donc en deux sortes :

1° *L'affûtage circulaire* pour remédier aux défauts de la trempe ;

Le Fraisage

2° *L'affilage des arêtes des dents des fraises.*

La suppression des défauts de trempe commence avec la rectification des alésages et se fait sur un tour à l'aide d'un appareil à rectifier les canons de fusil (figure 83), sur une machine à affûter les fraises modifiée pour la rectification des canons et sur la machine à rectifier circulairement arrangée spécialement pour ce travail.

La fixation de la fraise se fait au moyen de l'appareil à centrer connu sous le nom d'étau centreur. Les roues d'émeri à employer pour la rectification ne doivent pas être plus grandes que $\frac{2}{3}$ de l'alésage de la fraise et doivent faire de 4.500 à 6.000 tours par minute.

On doit ensuite dresser les faces extérieures des fraises, ce qui se fait également au moyen des machines déjà indiquées.

Si la machine à affûter les fraises n'est pas disposée pour rectifier circulairement, et si l'on n'a pas de machine spéciale pour faire ce travail, on doit restreindre la rectification des défauts de trempe à l'affilage des dents de coupe.

L'affilage circulaire des fraises pour la correction des défauts de trempe se fait sur la fraise en mouvement, et l'affilage des dents se fait sur la fraise fixe ou animée d'un mouvement de faible amplitude. La petite meule d'émeri est déplacée le long de la dent de la fraise, tout en conservant la position convenable.

De même que la forme des dents des fraises à denture droite diffère beaucoup de la forme

Guide du constructeur d'automobiles

des dents des fraises à dentures dégagées (1), de même leur affûtage présente des différences fondamentales. Nous examinerons donc séparément :

- a) L'affûtage des fraises à denture droite.
- b) L'affûtage des fraises à denture dégagée.

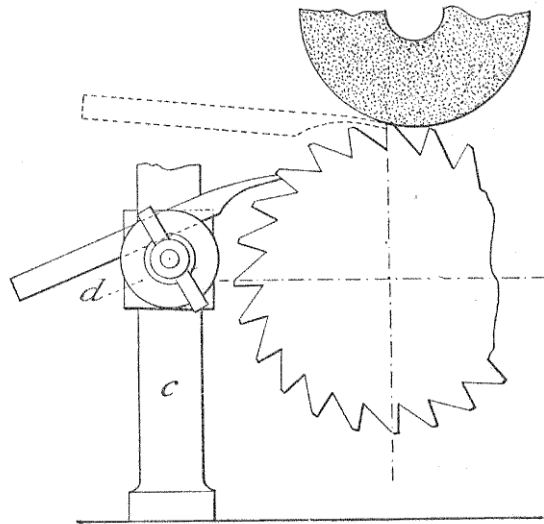


FIG. 84.

a. — *Affûtage des fraises à denture droite.* —
L'affûtage des fraises à denture droite consiste en la formation d'une facette coupante sur les

(1) Voir 1^{er} volume, page 214 et suivantes.

Le Fraisage

dents de la fraise et peut se faire de deux manières :

1° Au moyen d'une petite meule d'émeri comme le montrent les figures 84 et 85 ;

2° Au moyen d'une meule cylindrique comme dans les figures 86 à 88.

Le premier mode d'affûtage entraîne les inconvénients suivants : la dent affûtée comme l'indique la figure 84 se termine par un arc de cercle dont le centre est extérieur, ce qui a pour effet d'affaiblir les arêtes coupantes. En outre, la dent voisine est très facilement endommagée, et, pour cette raison, ce mode d'affûtage est de beaucoup le plus difficile à exécuter.

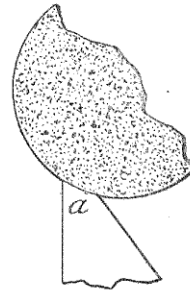


FIG. 85.

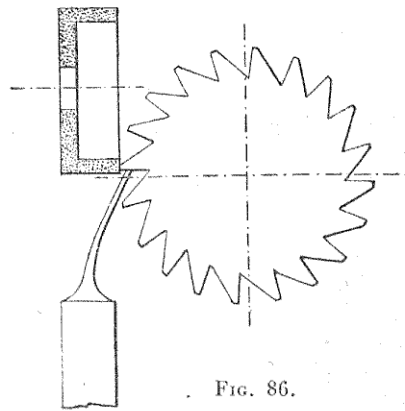


FIG. 86.

Au contraire, par l'affûtage comme l'indique la figure 89, la fraise acquiert des arêtes coupantes beaucoup plus résistantes ; aussi, depuis

longtemps déjà, cette méthode va se généralisant tous les jours davantage. Malheureusement ce

procédé ne peut s'appliquer que pour des fraises à tailler des surfaces planes ; les fraises à profil doivent être affûtées comme le montre la figure 84.



FIG. 87.

Dans l'affûtage à la meule cylindrique, le mode d'attaque a une grosse importance. Un côté seulement de la meule doit attaquer le métal, et ce résultat est obtenu lorsque l'axe du cylindre d'affûtage n'est pas tout à fait perpendiculaire à la fraise en travail (figure 88). En même temps la meule doit travailler en commençant par l'arête coupante de la dent et en se dirigeant vers

le dos de celle-ci. On obtient ainsi une arête bien tranchante et on évite la formation d'un morfil gênant.

b. — Affûtage des fraises à denture dégagée.

— L'affûtage des fraises à denture dégagée consiste simplement en une rectification de la face antérieure de la dent et se fait, par suite, très simplement. Il faut noter que l'on doit tailler la face de la dent toujours

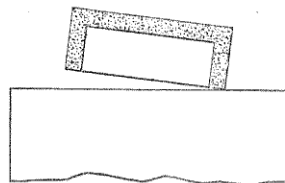


FIG. 88.

selon un rayon de la fraise, afin que ses dents ne prennent pas la forme que montre la figure 89.

Le Fraisage

Pour éviter ce défaut, on doit, en faisant l'affûtage, se servir d'un calibre dont la tranche donne exactement un rayon du cercle de la fraise.

Pour l'affûtage de toutes sortes de fraises, la division exacte et le maintien de la position correcte de la dent ont une extraordinaire importance, car c'est de l'exactitude de l'affûtage que dépend l'uniformité de la répartition du travail sur toutes les dents.

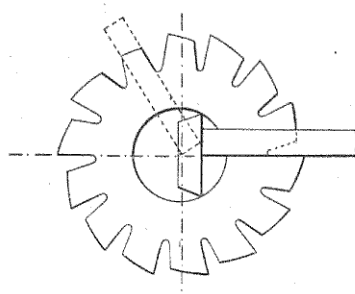


FIG. 89.

On peut employer, dans ce but, deux procédés : la division et la fixation au moyen des

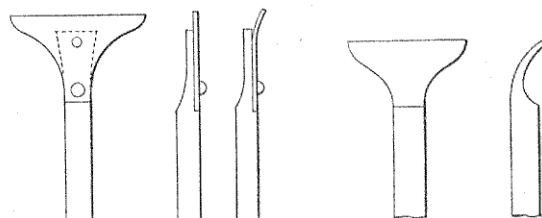


FIG. 90.

91.

92.

93.

94.

appareils à diviser et le procédé de l'index d'assujettissement.

Le premier ne diffère pas de la division sur machine à fraiser.

Pour la construction de ces index d'assujettissement

Guide du constructeur d'automobiles

sement, on part souvent de principes faux, et il n'est pas rare que l'affûtage soit fait d'une manière tout à fait incorrecte. En principe, ces index sont trop faibles ; ils plient et se tordent sous l'effet de la pression et, plus spécialement, ne se fixent pas assez bien dans les différentes divisions. En outre, l'index de fixation, et particulièrement la portion qui se place dans les intervalles des dents, doit pouvoir s'employer avec tous les différents genres de fraises que l'on aura à affûter. Il serait donc très mauvais de vouloir économiser sur cette partie, car l'appareil de fixation est une partie très importante de la machine à affûter les fraises et contribue puissamment à permettre d'obtenir un travail propre et net. A vrai dire, chaque machine à affûter devrait être munie d'un solide appareil d'assujettissement de l'index et de quatre ou cinq index de rechange.

La fixation de l'index peut se faire soit dans chaque intervalle de dents, soit dans les parties interrompues qui sont ménagées dans les dents. La première disposition exige que toutes les dents et tous les intervalles soient exactement égaux, la seconde ne l'exige pas, et, comme il y a très souvent de petits défauts dans la répartition des dents, il y a lieu de préférer la première disposition.

La façon la plus avantageuse de disposer l'index est celle qui consiste à appuyer la face antérieure de la dent à affûter sur l'index, car ainsi de petits défauts dans la répartition des dents ne pourront pas influencer sur les dents voisines.

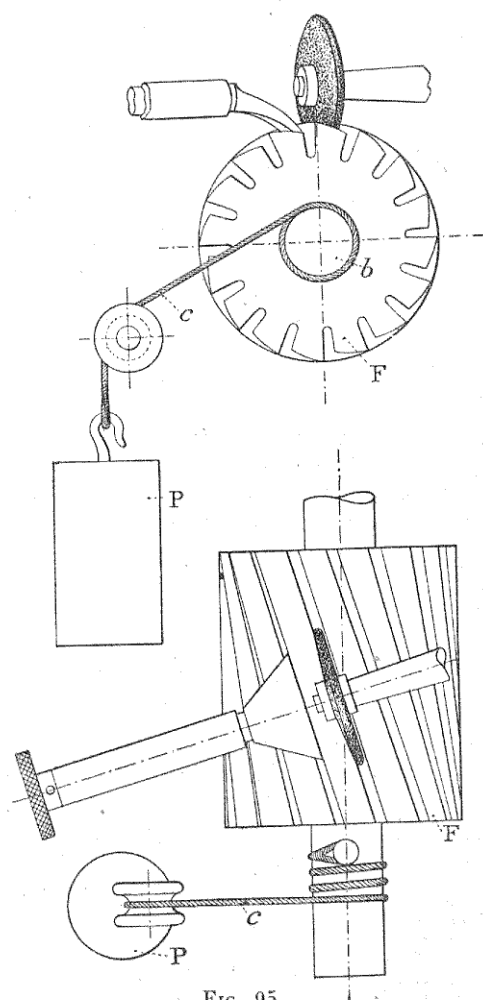


FIG. 95.

Guide du constructeur d'automobiles

Les figures 84, 86, 87 et 95 représentent plusieurs fraises avec les index d'appui placés pour les formes de fraises les plus généralement en usage.

La figure 87 montre un index d'appui au moment où il est fléchi.

Les figures 90 à 94 représentent, d'après Jurthe et Mietzschke, des index d'assujettissement ou d'appui.

L'index de la figure 90 est muni d'une lame servant de ressort, qui a une grande tendance à prendre peu à peu la forme de la figure 92, ce qui est incommode.

L'index de la figure 93 est dépourvu de ressort. Pour pouvoir passer d'une dent à l'autre, il faut faire glisser la fraise jusqu'à ce que l'index puisse se dégager ; on fait ensuite tourner la fraise jusqu'à ce que l'index puisse entrer en prise avec la dent suivante.

La figure 95 représente un bon système d'index d'assujettissement combiné avec un système d'avance.

On ne peut passer d'une dent à l'autre qu'après avoir décrit une course longitudinale ; la fraise ne peut tourner et se laisse bien assujettir. Une corde c est enroulée autour de la broche b sur laquelle est fixée la fraise F et un poids P est attaché à son extrémité libre. Le poids tend à faire tourner la fraise, et dans ce mouvement la dent se trouve bien appuyée sur l'index de fixation. Il n'y a donc plus à maintenir avec la main la dent bien en contact, ce qui est une opération pénible.

Remarque. — Il est très important que la meule d'émeri servant à l'affûtage soit parfaitement centrée.

On comprend, en effet, aisément que, si la meule d'émeri ne tourne pas rond, il n'y a qu'une faible portion de la circonférence de la meule qui entre en prise, ce qui ne peut permettre d'obtenir un bon affûtage ; la portion de la meule qui entre seule en prise s'émousse très rapidement, et dès lors, au lieu de tailler, la meule ne fait plus que polir.

Un bleuissement des arêtes et une teinte bleu foncé des parties polies au lieu d'une teinte blanche sont les plus sûrs indices qui permettent d'apprécier que le défaut indiqué ci-dessus ne s'est pas produit et que la partie de la meule qui entre en prise a bien taillé.

Il arrive fréquemment aussi que ce défaut se produit quand toute la circonférence de la meule entre en prise ; c'est parce que la fraise n'est pas suffisamment débarrassée de l'huile et de la crasse ou que la meule n'est pas appropriée au travail. L'affûtage des fraises exige des meules qui, outre la dureté convenable, présentent toujours un grain ouvert, c'est-à-dire que les petits grains d'émeri détachés par le travail d'affûtage doivent toujours laisser la surface en bon état pour l'attaque du métal.

Beaucoup plus souvent, il arrive qu'on entend dire qu'une fraise ayant été mal trempée présente des parties tendres qui s'usent rapidement. Mais c'est là rarement la vraie cause de ce défaut. Il vient plutôt de ce que l'ouvrier affuteur,

ayant mal conduit son affûtage dans les premières retailles de la fraise, a échauffé quelques dents au point de les recuire. L'affûteur, loin de reconnaître sa maladresse, se hâte de dissimuler ce défaut en modifiant avec de l'émeri la couleur de la fraise.

Il est avantageux de contrôler minutieusement le travail de l'affûteur, et, en principe, il vaut mieux affûter lentement que recuire la fraise en la taillant trop vite (Jurthe et Mietzschke).

L'affûtage se fait au moyen des machines à affûter que nous avons déjà étudiées (voir 1^{er} volume, chapitre x, pages 325 et suivantes), employant des meules d'émeri (voir 1^{er} volume, chapitre x, page 307 et 2^e volume, 1^{re} partie, chapitre vii).

Pour l'affûtage des fraises, les meules dites vitrifiées (voir 2^e volume, page 100) conviennent tout particulièrement : elles se prêtent très bien à l'affûtage à l'eau.

Pour l'affûtage circulaire des fraises, on doit choisir une meule à grain fin et de faible dureté.

Dans cette opération, la meule doit tourner à une vitesse circonférentielle moyenne v d'environ 20 mètres par seconde (le nombre de tours par minute n se déduit, évidemment de la formule suivante, pour une meule de diamètre D :

$$n = \frac{60 v}{\pi D}.$$

La meule doit être parfaitement centrée

Le Fraisage

(voir plus haut); il faut la nettoyer soigneusement avant chaque mise en route : si les pores de la meule sont bouchés, vitrifiés ou obstrués par de la graisse, il faut la piquer avec une lime émoussée, ou, mieux, la tourner avec un outil de tour. Enfin, la fraise à affûter doit être débarrassée de toute trace de crasse ou d'huile.

Pour l'affûtage proprement dit, ou affûtage des dents, on choisira des meules de grains plus fin.

L'affûtage peut se faire à sec ou à l'eau. Toutes les fois que ce

sera possible, on préférera l'affûtage à l'eau : on évite ainsi l'échauffement de la fraise, tout en ayant la possibilité de tourner plus vite (dans la limite, bien entendu, de la résistance à l'éclatement (1)). L'eau agit aussi comme lubrifiant et donne un travail plus fin.

La figure 97 montre l'affûtage d'une fraise dans la machine Heald.

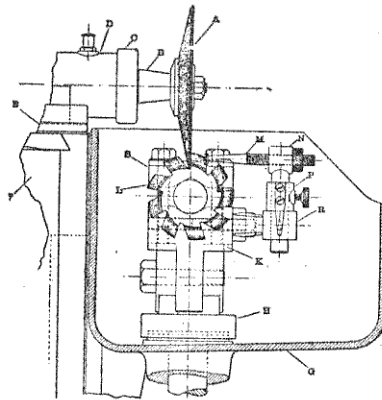


FIG. 97. — Affûtage d'une fraise de forme à la machine Heald (coupe de l'auge).

(1) Voir plus loin chapitre ix.

Guide du constructeur d'automobiles

Les figures 98 à 100 représentent, sous trois

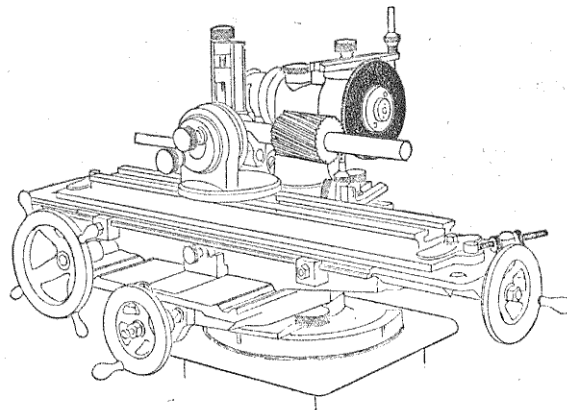


FIG. 98. — Affûtage d'une fraise sur machine Brown et Sharpe.

aspects, et dans l'affûtage de trois fraises diffé-

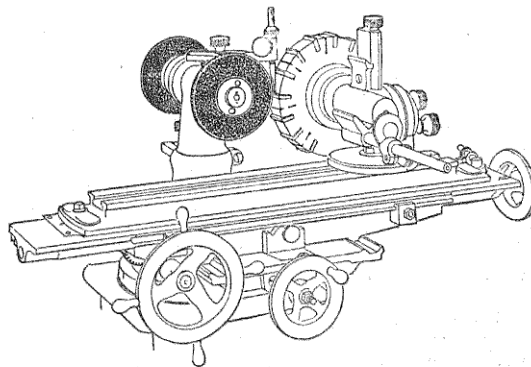


FIG. 99. — Affûtage d'une fraise à dents rapportées sur machine Brown et Sharpe.

Le Fraisage

rentes, un appareil à affûter les fraises de forme, de construction américaine. Cet appareil se monte facilement sur les machines à affûter Brown et Sharpe (voir 1^{er} volume, figure 207, page 326).

Il permet d'affûter les fraises de forme suivant leur rayon, ce qui est indispensable,

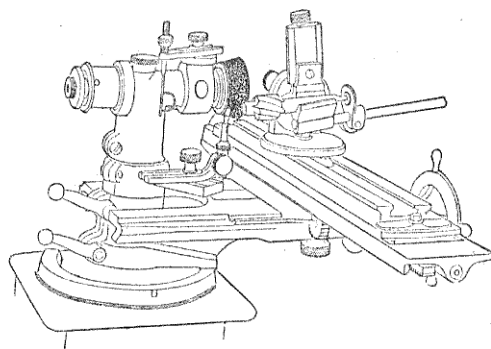


FIG. 100. — Affûtage d'une fraise sur machine Brown et Sharpe.

comme nous l'avons déjà vu, pour assurer la forme correcte de leur tranchant.

L'appareil se compose d'un banc rigide soutenu par le banc principal et portant le chariot représenté par la figure. Ce chariot porte deux poupées entre les pointes desquelles sont montées les fraises à affûter. Les poupées permettent d'affûter des fraises jusqu'à 180 millimètres de diamètre et 266 millimètres de longueur. A l'aide de cales on peut arriver à

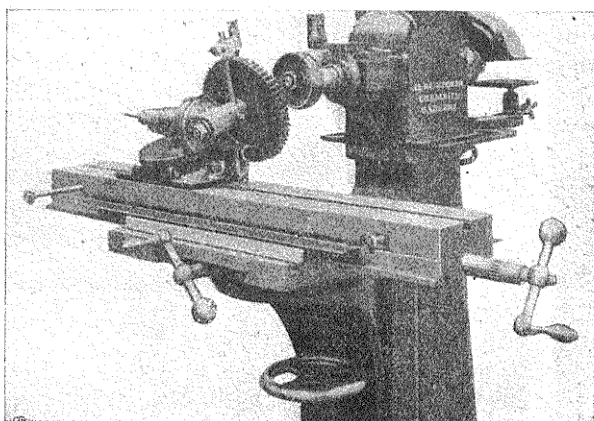


FIG. 101. — Machine Reinecker à affûter les fraises.

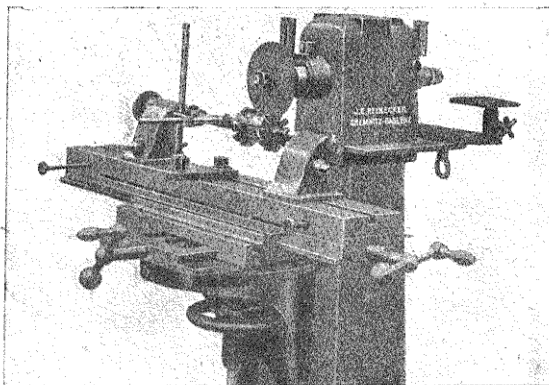


FIG. 102. — Affûtage d'une fraise de forme sur machine Reinecker.

Le Fraisage

affûter des fraises jusqu'à 200 millimètres de diamètre.

L'appareil est muni d'un plateau à diviseur portant 24 trous et pouvant être tourné au moyen d'un volant à vis sans fin : celle-ci peut

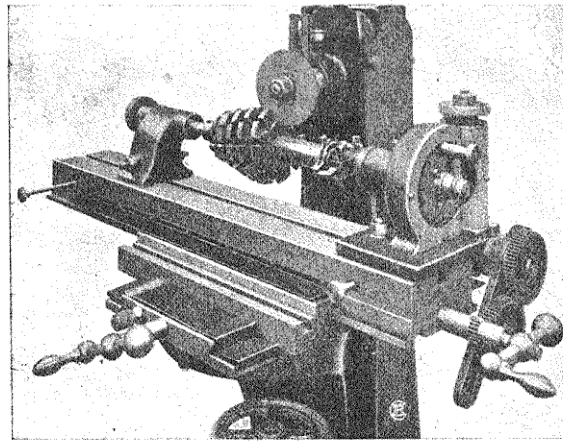


FIG. 103. — Affûtage d'une fraise de forme sur machine Reinecker.

également être dégagée et l'on peut alors faire tourner le plateau à la main.

Enfin, les figures 101 à 104 montrent d'autres exemples de machines à affûter les fraises.

Les figures 101 à 103 représentent la machine Reinecker affûtant une fraise à rainures (figure 101) et des fraises de forme (figures 102 et 103).

Travaux de fraisage. — Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer, les fraiseuses permettent l'exécution de travaux très divers. Les figures 105 à 113 peuvent en donner une idée. Ces neuf figures représen-

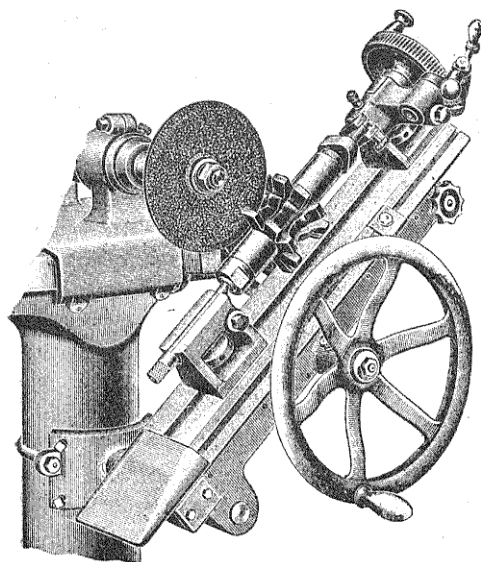


FIG. 104. — Affûtage d'une fraise de forme.

tent, à titre d'exemple, quelques-uns des travaux pouvant être exécutés sur la machine à fraiser universelle Smith et Coventry que nous avons décrite et figurée dans le 1^{er} volume (page 242).

La figure 105 montre le *taillage de roues d'angle*; sur le dessin, la fraise est représentée

Le Fraisage

éloignée du pignon en travail : on conçoit aisément que la fraise étant amenée au contact du pignon à fraiser, le plan de travail de l'outil se trouvant dans le plan déterminé par l'axe du pignon et un rayon, la fraise creusera dans le métal la rainure comprise entre deux dents.

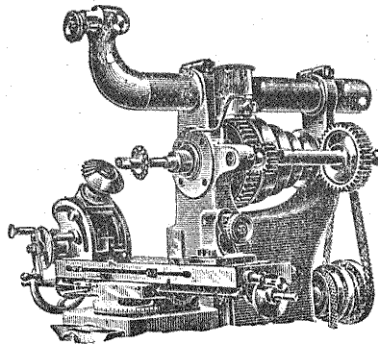


FIG. 105. — Taillage de roues d'angle.

La figure 106 représente la disposition de la machine pour le *fraisage vertical*.

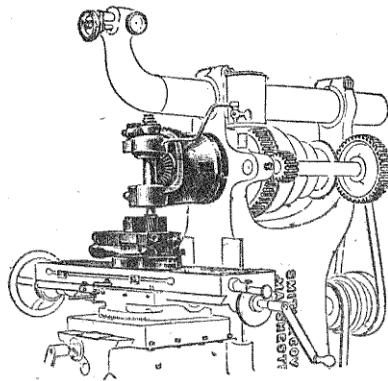


FIG. 106. — Fraisage vertical.

Comme on peut le voir, un dispositif de renvoi de mouvement par pignons d'angle (tête à fraiser verticalement) est monté sur l'arbre de la fraiseuse et la pièce est travaillée au moyen d'une fraise cylindrique (voir 1^{er} volume pages 216 et 217).

Dans la figure 107, un montage analogue à celui de la figure 105 permet le *taillage de roues à vis sans fin*. Pour cette opération, l'axe du pignon à travailler est placé parallèlement à la table, au lieu d'être disposé obliquement par

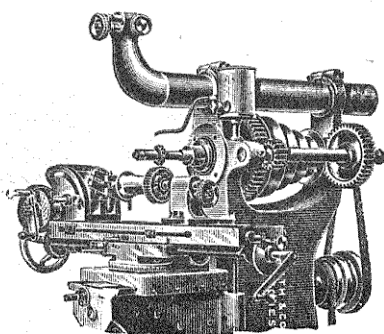


FIG. 107. — Taillage de roues à vis sans fin.

rapport à cette table, comme dans la figure 105.

La « tête à fraiser verticalement », employée pour le fraisage vertical de la figure 106, peut être orientée de différentes façons sur la machine. C'est ainsi qu'elle peut être montée comme le montre la figure 108 et servir au *taillage de crémaillères*. Le système diviseur fait avancer la table

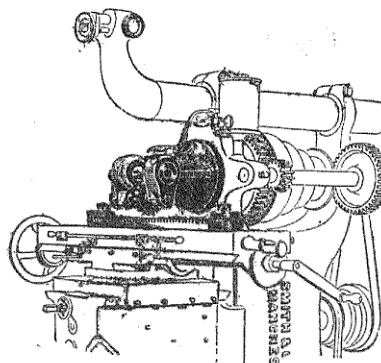


FIG. 108. — Taillage de crémaillères.

Le Fraisage

portant la crémaillère à tailler de longueurs uniformément égales.

Le *taillage de roues hélicoïdales* (figure 109) est analogue au taillage de roues d'angle ou au taillage de roues à vis sans fin déjà vus, mais la table de travail est tournée d'un angle convenable autour de son axe vertical, comme le montre la figure 109.

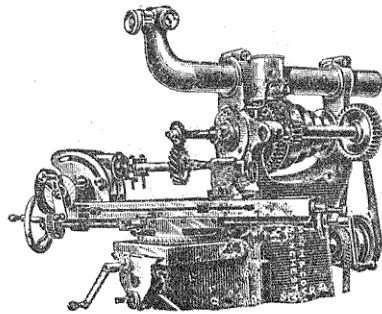


FIG. 109. — Taillage de roues hélicoïdales.

La figure 110 montre le montage qui permet l'*alésage* sur la machine à fraiser des trous dont les axes doivent coïncider exactement.

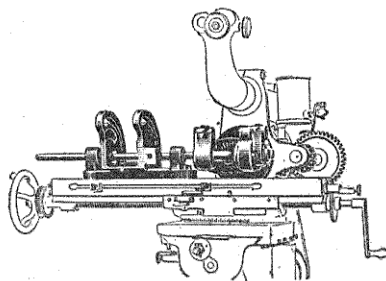


FIG. 110. — Alésage à la fraiseuse.

Le *taillage de rainures à clavetage* se fait avec la plus grande facilité sur la machine à fraiser, comme le montre la figure 111. Dans ce montage, on a fait usage du bras contre-

pointe (voir 1^{er} volume, page 243) qui, pour les

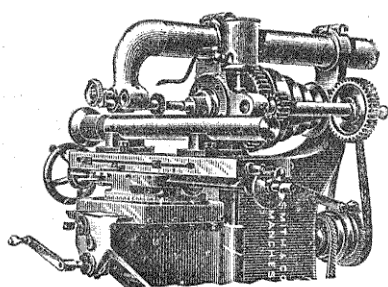


FIG. 111. — Taillage de rainures à clavetage.

autres opérations, n'a pas été utilisé. L'arbre à rainurer est monté sur la table qui lui communique un mouvement de translation perpendiculaire à l'axe de la fraise à rainurer (voir

1^{er} volume, page 217) montée sur l'arbre de la machine.

La figure 112 représente une autre application de la tête à fraiser verticalement; ici, cette tête étant montée obliquement par rapport à la table de la machine, la fraise cylindrique montée sur l'arbre de cette tête effectue

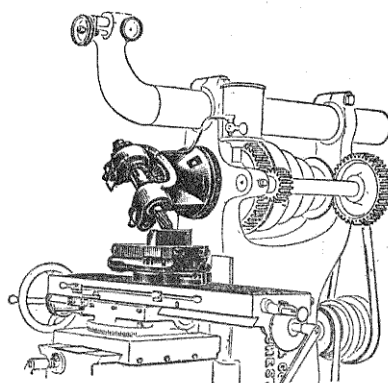


FIG. 112. — Fraisage angulaire.

le *fraisage angulaire*. La figure 112 fait suffisamment comprendre cette opération sans qu'il

soit nécessaire de l'expliquer plus longuement.

Enfin, la figure 113 montre comment, avec un montage analogue à celui de la figure 105, on peut faire le *taillage de manchons*.

Ces quelques exemples suffisent, pensons-nous, à donner une idée des multiples opérations que l'on peut exécuter, avec la plus grande facilité, sur une machine à fraiser universelle.

Il nous reste à donner quelques indications générales et quelques conseils relatifs à l'organisation des machines à fraiser et aux conditions dans lesquelles doivent être exécutés les travaux de fraisage (1).

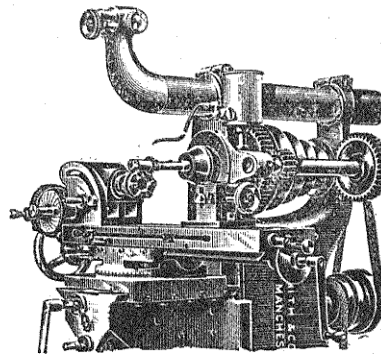


FIG. 113. — Taillage de manchons.

Choix des fraiseuses. — Les petits ateliers ne pouvant faire l'acquisition que d'une seule fraiseuse emploieront avec avantage la machine à fraiser universelle. Nous venons de voir, par

(1) D'après Jurthe et Mietzschke, *loc. cit.*

Guide du constructeur d'automobiles

les exemples précédents, qu'une telle machine permet l'exécution de travaux très divers. Pour rendre tous les services que l'on est en droit d'en attendre, elle doit comporter un appareil à diviser avec contre-pointe, ou un appareil à diviser avec dispositif pour les crémaillères, un bon étau de fixation, etc. Une telle machine pourra utiliser les fraises de tous types : fraises de front, fraises à rainures, fraises en disque, fraises d'angle, fraises pour engrenages, etc., (voir I^{er} volume, pages 214 et suivantes).

La grandeur de la machine doit être évidemment telle qu'elle permette le travail des plus grandes pièces que l'atelier aura à usiner. Il convient de remarquer, toutefois, qu'une machine de trop grandes dimensions se prête mal au travail de petites pièces.

Si l'atelier possède plusieurs fraiseuses, les plus utiles, après les machines à fraiser universelles, seront les machines à planer à la fraise et les machines à fraiser verticales qui permettent de profiler des pièces de formes très variées. Ces machines remplacent les mortaiseuses et les étaux-limeurs.

On fera ensuite l'acquisition des machines à fraiser spéciales, telles que les machines à fraiser les roues dentées, les roues de vis sans fin, etc.

Le bon affûtage des fraises ayant une importance capitale, ainsi que nous l'avons vu, l'atelier de fraisage devra posséder une bonne machine à affûter les fraises (voir I^{er} volume, pages 325 et suivantes).

Le Fraisage

Il est bon que l'ouvrier puisse commander les principaux mouvements de la machine sans se déplacer : les commandes des supports doivent être pourvues de vis de serrage à manœuvre facile.

Un dispositif très utile, et malheureusement un peu négligé dans certaines fraiseuses est un *disque divisé* fixé sur l'axe du support et permettant de lire les positions de celui-ci.

Deux exemples feront mieux comprendre l'utilité des disques divisés et les services qu'ils peuvent rendre :

Supposons qu'un

arbre de support soit au pas de 4 millimètres

et que le plateau divisé correspondant soit divisé en 80 parties. 20 divisions valent 1 millimètre, ce qui permet d'évaluer avec exactitude $1/20$ de millimètre (figures 114 et 115).

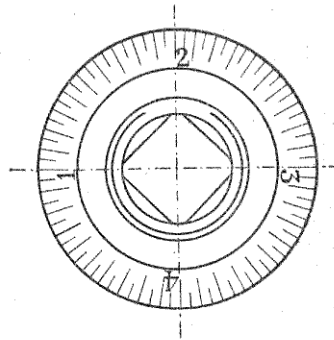


FIG. 114.

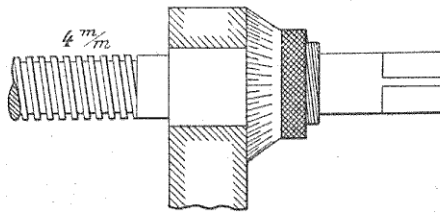


FIG. 115.

Guide du constructeur d'automobiles

Soit à fraiser une rainure de 9 millimètres de profondeur dans un cylindre : une fois la fraise amenée exactement au contact du cylindre, on amène le plateau divisé au zéro et on donne à la manivelle une rotation de $2 \frac{1}{4}$ tours, ce qui donne exactement la profondeur de rainure demandée.

Soit à fraiser une denture de module 6 dans une roue droite : on amène la fraise au contact de la circonférence extérieure de la roue et on place le plateau divisé au zéro. La profondeur à fraiser est de $2 \frac{1}{6}$ du module $= 13 \frac{m}{m} 0 = 3 \frac{1}{4}$ tours de l'arbre du support. Si l'on remarque combien il est difficile de maintenir exactement la profondeur de fraisage voulue, on comprendra de suite l'avantage de ce procédé simple.

En outre, dans le fraisage des roues de vis sans fin, le mesurage exact de la profondeur des dents est impossible, parce que le fond des dents est bouché et que la dent est plus ou moins oblique. Ici on doit prendre la mesure de cette façon quand on est pas obligé, comme cela arrive malheureusement fréquemment, de l'évaluer seulement par approximation. Le réglage de la profondeur de fraisage, pour une roue de vis sans fin dont la vis a un pas de $9 \frac{m}{m} 42$ ($= 3 \pi$), se fait de la manière suivante : aussitôt que la fraise effleure légèrement la roue de vis sans fin, on met le plateau divisé au zéro. La profondeur de fraisage de la roue est de $2 \frac{1}{6} \times 3 = 6 \frac{m}{m} 5$; par suite, il faudrait donner à la manivelle le nombre de

Le Fraisage

tours convenable pour obtenir une profondeur de $6 \frac{m}{m} 5$, ce qui serait un tour complet et une fraction jusqu'à la division 2,5 (Jurthe et Mietzschke).

Conduite des machines à fraiser. — Les principales précautions à observer dans la conduite des machines à fraiser, pour obtenir dans tous cas d'excellents résultats, sont les suivantes :

Tout d'abord, l'ouvrier doit veiller à bien monter la fraise à l'endroit. Il n'est pas rare, en effet, surtout pour les machines ayant une marche à droite et une marche à gauche, que la fraise se trouve montée de telle manière qu'elle tourne à l'envers. Elle sera alors détruite très rapidement.

Nous avons déjà signalé (voir page 194) l'importance qu'il y a à ce que l'avance de la table se produise en sens inverse du sens de rotation de la fraise.

On doit encore avoir soin de ne pas monter la fraise trop près de la pièce à travailler, pour l'attaque. La fraise doit, en effet, produire alors un travail trop considérable en une seule passe et le choc qui en résulte produira à coup sûr la rupture des dents de l'outil.

Il convient de ne pas perdre de vue que l'avance ou vitesse d'avance doit varier avec la dimension de la fraise employée. Par exemple, si une avance de 30 millimètres par minute convient avec une fraise de 100 millimètres de diamètre tournant à 60 tours par minute (ce qui donne une avance d'environ $1/2$ millimètre

Guide du constructeur d'automobiles

par tour), elle ne conviendra pas avec une de 25 millimètres de diamètre, car celle-ci devrait travailler alors quatre fois plus.

L'ouvrier aura soin aussi de ne pas attaquer à la fraise des pièces brutes de fonderie présentant sur toute leur surface ou en quelques points une croûte dure et sableuse, sous peine d'émousser et de détruire très rapidement la fraise.

Lorsque la machine vibre, le travail manque de netteté; ces vibrations sont dues le plus souvent à l'existence du jeu dans les différentes pièces du support ou dans les paliers de l'arbre. Les vibrations se produisent aussi lorsque l'on impose une charge trop forte à une machine légèrement construite.

La contre-pointe avec appui la reliant au support est assez efficace pour supprimer les vibrations. Malheureusement, comme le font remarquer MM. Jurthe et Mietzschke, cette pièce de renfort est généralement supprimée par les fraiseurs pour raison de commodité, ce qui est fâcheux au point de vue de la machine. Les bras d'appui ne doivent être mis en place qu'après que la machine a été disposée pour la coupe; autrement une flexion se produit entre la contre-pointe et le support et peut aller jusqu'à amener la rupture de ces pièces. En outre, l'exactitude de la pièce en souffre beaucoup, puisque la fraise n'étant plus parallèle au plan du support, la pièce ne peut plus lui être perpendiculaire.

CHAPITRE VIII

La Taille des Engrenages

Généralités. — Il existe un assez grand nombre de types d'engrenages, dans les constructions mécaniques. Pour le cas particulier, qui seul nous intéresse, de la construction automobile, les engrenages les plus employés sont : les engrenages droits ou engrenages cylindriques (trouvant leur application principale dans les changements de vitesse, et employés aussi pour la commande de la magnéto, de la pompe, de l'arbre à cames, etc.), les engrenages coniques ou pignons d'angle (différentiels, cardans, etc.) les engrenages par roues et vis sans fin (employés dans beaucoup de systèmes de directions).

Quel que soit le système d'engrenages, la condition essentielle de bon fonctionnement est l'exécution rigoureuse du profil des dents, qui seule assure une transmission parfaite, sans déperdition de force et sans bruit.

Définitions. — **Engrenages cylindriques.** — On sait que les engrenages dérivent des "disques

ou roues de friction", mode d'entraînement le plus simple, mais donnant lieu à des glissements dès que l'effort à transmettre devient supérieur à la résistance créée par l'adhérence. Pour éviter ces glissements, on a eu l'idée d'armer les surfaces en contact de *dents*, de telle manière que chaque dent de la roue commandante pousse une dent

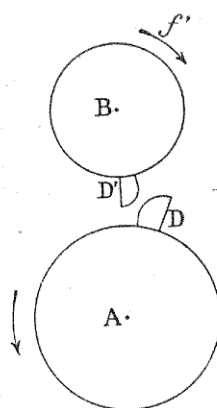


FIG. 116.

de la roue commandée. Considérons les deux roues de la figure 116.: si la roue A tourne dans le sens de la flèche f , la dent D viendra en contact avec la dent D' de la roue B; la dent D poussera la dent D' et fera par conséquent tourner la roue B dans le sens de la flèche f' , c'est-à-dire en sens inverse de la rotation de la roue A (roue commandante).

Le mouvement de B continuera tant que D sera en contact avec D', mais il cessera dès que cessera aussi le contact entre D et D'. Pour assurer la continuité du mouvement, on garnira donc toute la périphérie des roues A et B de dents semblables à D et D', et on les disposera de manière qu'il y ait toujours trois couples de dents en contact. Le mouvement sera ainsi continu, évidemment. En outre, l'effort de la roue A portera sur trois dents au lieu d'une seule, et l'effort par dent sera moindre.

La taille des engrenages

On voit donc que seul un côté de la dent est utile ; on donnera cependant aux dents un profil symétrique pour pouvoir faire tourner à volonté les roues dans un sens ou dans l'autre.

Les engrenages sont dits alors *réci-proques* ou *réversibles*.

On donne le nom de *circonférences primitives* aux circonférences des cylindres de friction imaginaires desquels dérive l'engrenage considéré ; les diamètres de ces circonférences sont dits *diamètres primitifs*.

Il est intéressant de bien définir les parties essentielles des engrenages ; nous le ferons, pour plus de clarté, sur l'exemple de la figure 117 représentant des engrenages cylindriques de la maison Piat. La roue (à droite) est à quatre bras à nervures avec moyeu symétrique ; le pignon (à gauche) est évidé, avec moyeu dissymétrique.

Dans cette figure :

A est la distance des centres ou distance de l'axe commandant à l'axe commandé :

a est la *couronne* ;

b sont les faces de la couronne ;

c est l'extérieur de la couronne ;

d sont les *bras*, lesquels ne se retrouvent pas dans tous les engrenages ;

e sont des nervures renforçant les bras, surtout pour des roues de grand diamètre ;

f est le *moyeu* ;

g sont les faces du moyeu ;

Guide du constructeur d'automobiles

h est le diamètre de l'alésage ;
 i est la rainure pour le clavetage de l'engrenage sur son arbre ;
 j sont les dents ;

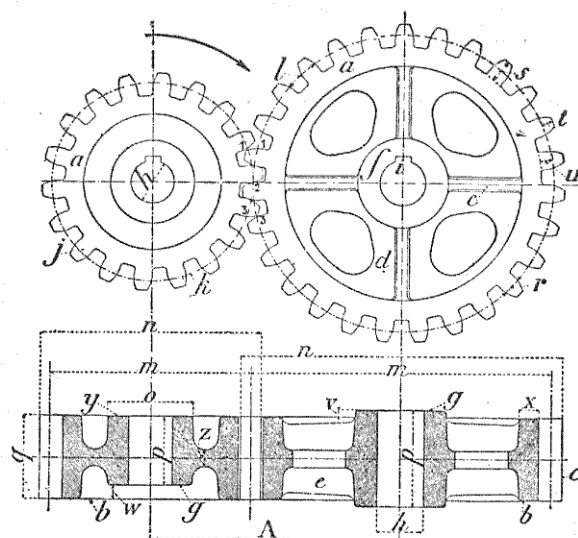


FIG. 117.

k sont les creux entre les dents ;
 l est le pas ; on voit que c'est l'arc de la circonférence primitive qui représente la largeur d'une dent plus la largeur d'un creux ;
 m est le diamètre primitif, appelé également diamètre au contact. La figure montre que ces diamètres sont bien ceux des roues fictives de friction qui, en roulant l'une sur l'autre, transmettraient le mouvement dans les mêmes

La taille des engrenages

conditions cinématiques que les engrenages, sous les réserves faites ci-dessus :

n sont les *diamètres extérieurs* ; le cercle ayant n comme diamètre est appelé parfois *cercle d'échanfreinement* ou *d'échanfrinement*.

o est le diamètre du moyeu ;

p la longueur du moyeu ;

q la *longueur des dents* ;

r l'épaisseur des dents (mesurée sur la circonférence primitive) ;

s la *hauteur des dents* ;

t la *face des dents* ;

u le *flanc de la dent* ;

v la saillie du moyeu sur la couronne ;

w la saillie de la couronne sur le moyeu ;

x l'épaisseur de la couronne ;

y la face du moyeu à fleur de la couronne ;

z L'épaisseur de la toile (dans le cas des pignons sans bras).

Pour que les dents d'une roue retombent toujours dans les creux de l'autre, il faut que les circonférences contiennent un nombre entier de pas. On voit donc que le pas dépend du développement de la circonférence, et réciproquement.

Le nombre de pas, ou le *nombre de dents* est donc, pour chaque roue, *proportionnel à son diamètre primitif*.

Le *profil* d'une dent est la section faite dans la dent par un plan perpendiculaire à l'axe. Ce profil doit être tel qu'il soit toujours tangent au profil de la dent en contact. En effet, si ces profils étaient sécants, la première dent userait

la seconde, s'userait elle-même et les profils seraient ramenés par ce fait à la condition de tangence (Leblanc).

Nous dirons tout à l'heure quelques mots des principaux profils de dents usités dans la pratique. Définissons auparavant les engrenages coniques et leurs éléments essentiels.

Engrenages coniques. — Nous avons vu que les engrenages cylindriques dérivent des roues de friction ; les engrenages coniques dérivent, d'une manière analogue, des cônes de friction (figure 118). Si nous considérons deux cônes OAB et OBC ayant même sommet et une génératrice commune (ou bien deux troncs de

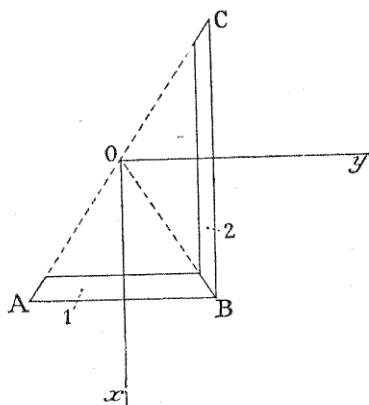


FIG. 118.

cône 1 et 2 découpés comme le montre la figure 118, dans les cônes OAB et OBC), on conçoit aisément que la rotation du tronc de cône 1, par exemple, autour de son axe Ox , produira par friction la rotation du tronc de cône 2 autour de son axe Oy .

Pour la même raison que dans le cas des roues de friction, la transmission sera infini-

La taille des engrenages

ment plus sûre si, au lieu de faire agir les troncs de cônes par friction, on en garnit la surface extérieure de dents rayonnant à partir de leur sommet commun et établies de manière que chaque dent du tronc de cône 1 vienne, en se logeant dans le creux existant entre deux dents du tronc de cône 2, pousser une dent de celui-ci et déterminer, par suite, la rotation de 2 autour de son axe.

La figure 119 montre, à titre d'exemple, deux pignons d'angle tels qu'ils sont construits dans la pratique et qui vont nous permettre de définir les diverses parties d'un engrenage conique.

Dans ces engrenages (de la maison Piat), la roue est à quatre bras et à denture droite, le pignon est plein.

a est l'angle des axes des arbres ;

a est la couronne ;

b est le cône de tête extérieur ;

c le cône de tête intérieur ;

d est l'extérieur de la couronne ;

e sont les bras de la roue ;

f sont des nervures ;

g est le moyeu ;

h sont les faces du moyeu ;

i est l'alésage ;

j est la rainure pour le clavetage ;

k est une dent ;

l le creux entre deux dents ;

m est le pas extérieur ;

n le pas intérieur ;

o est le diamètre primitif extérieur ;

p le diamètre primitif moyen ;

Guide du constructeur d'automobiles

q le diamètre primitif intérieur
 r est le diamètre extérieur ;

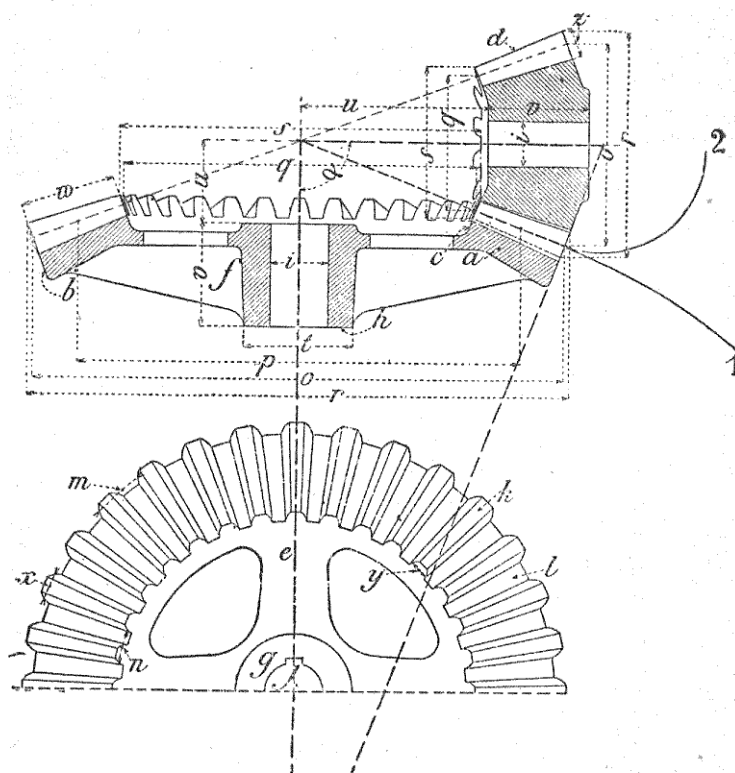


FIG. 119.

s le diamètre intérieur ;
 t le diamètre du moyeu ;
 u est la distance de la face du moyeu à l'axe ;
 v est la longueur du moyeu ;

La taille des engrenages

w est la longueur des dents ;
 x l'épaisseur des dents à l'extérieur ;
 y l'épaisseur des dents à l'intérieur ;
 z la hauteur des dents à l'extérieur.

Enfin, 1 est la circonférence de base de la roue sur laquelle on tracera les profils en la considérant comme circonférence primitive ; pour le pignon, la circonférence 2 jouera le même rôle.

Roue et vis sans fin. — Les figures 120 et 121

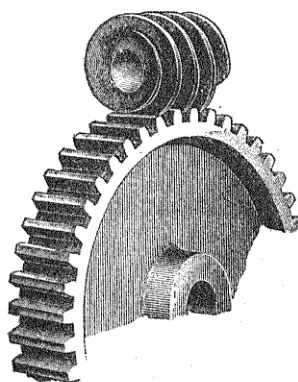


FIG. 120.

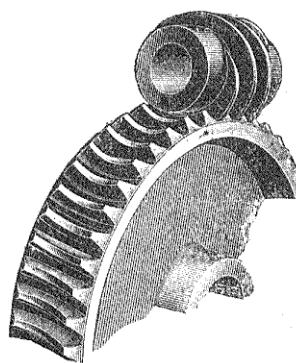


FIG. 121.

représentent, la première l'ensemble d'une roue et vis sans fin ordinaires, la seconde une roue à vis tangente.

La vis sans fin peut être considérée comme engendrée par une crémaillère (susceptible d'engrener avec la roue dentée) à laquelle on communiquerait un mouvement hélicoïdal, c'est-à-

Guide du constructeur d'automobiles

dire résultant d'une rotation autour de son axe combinée avec une translation le long de cet axe (voir chapitre vi, *Filetage*).

Nous savons (chapitre vi) que la vis peut être à un ou plusieurs filets. Le rapport entre le nombre de tours de la roue et le nombre de tours de la vis est égal au rapport entre le nombre de filets de la vis et le nombre de dents de la roue.

Ainsi, par exemple, si nous avons un équipage formé d'une vis à *un* filet et d'une roue de 60 dents, la roue tournera de *un* tour lorsque la vis aura fait 60 tours.

Si la vis est à *trois* filets et commande la même roue de 60 dents, pour faire tourner la roue de *un* tour, il suffira de faire faire à la vis $\frac{60}{3} = 20$ tours.

Dans l'équipage de la figure 121, la denture de la roue, au lieu d'être limitée par un cylindre primitif, a la forme d'un tore. La denture de la roue embrasse ainsi la vis d'une façon plus étendue et plus complète. Ce dispositif (vis tangente) convient surtout pour la transmission de grands efforts.

Détermination et tracé du profil des dents. — Nous ne pouvons pas donner ici dans tous ses détails la théorie du tracé des divers profils adoptés pour les dents des engrenages. Cette question est traitée complètement dans tous les ouvrages de Mécanique et de Cinématique ap-

La taille des engrenages

pliquée (1), où elle est plus à sa place que dans le présent travail. Nous nous bornerons donc, dans ce qui va suivre, à indiquer rapidement les formes les plus fréquemment employées dans la pratique et à définir ces formes.

Les conditions que doivent remplir les profils des dents sont les suivantes : les profils des dents en contact doivent être tangents à chaque instant, ce qui a pour résultat que les circonférences primitives des deux roues roulent exactement l'une sur l'autre.

En outre, la normale commune aux profils doit, à chaque instant, passer par le point de contact des circonférences primitives.

L'un des profils est l'enveloppe des positions successives qu'occupe l'autre profil quand la circonférence primitive du second roule sur la circonférence primitive du premier supposée fixe.

Ceci posé, les principaux tracés adoptés dans la pratique pour le profil des dents sont les suivants :

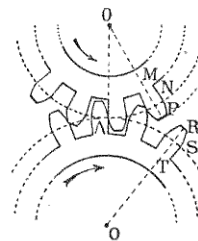


FIG. 122. — Engrenages à dentures épicycloïdales.

Profils en forme d'épicycloïdes. — Les flancs des dents sont formés (figure 122) d'une portion de

(1) Voir notamment un exposé très clair des méthodes les plus usuelles de tracé dans l'ouvrage de M. H. Leblanc, *Les Mécanismes, Traité élémentaire de Cinématique appliquée*, Paris, Garnier frères.

droite (ST, MN) raccordée à un arc d'épicycloïde (NP, RS). Ce tracé a deux défauts :

1° Les dents tendent à écarter les arbres, d'où fatigue des paliers;

2° En général, une roue engrenant avec une autre roue ne peut engrener avec une troisième

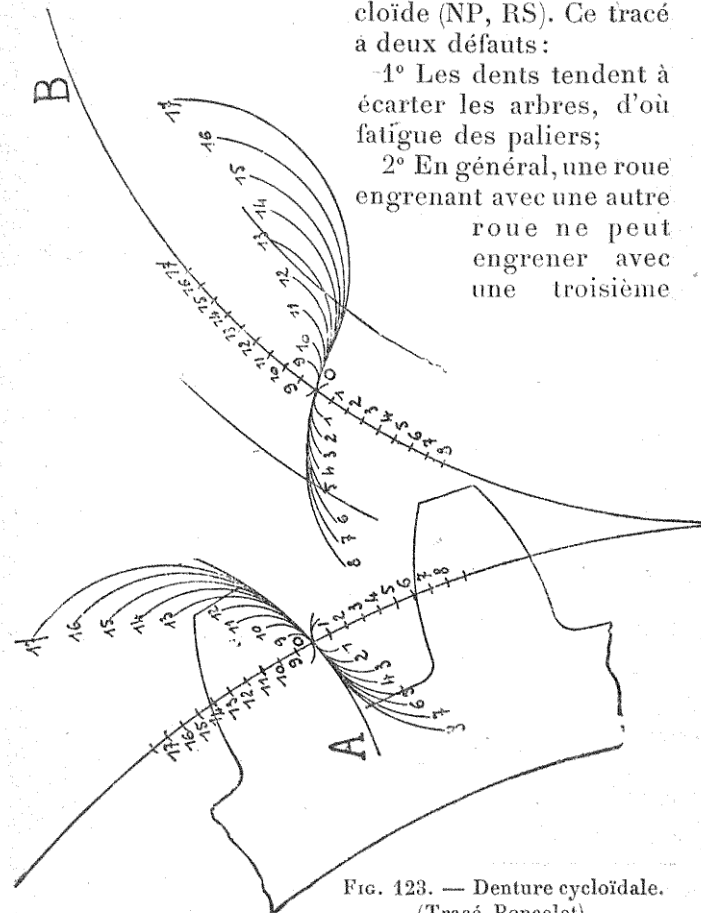


FIG. 123. — Denture cycloïdale.
(Tracé Poncelet).

roue que si cela a été prévu en traçant les profils.

La taille des engrenages

On n'emploie plus guère aujourd'hui ces engrenages.

Dentures cycloïdales. — Tracé Poncelet. —

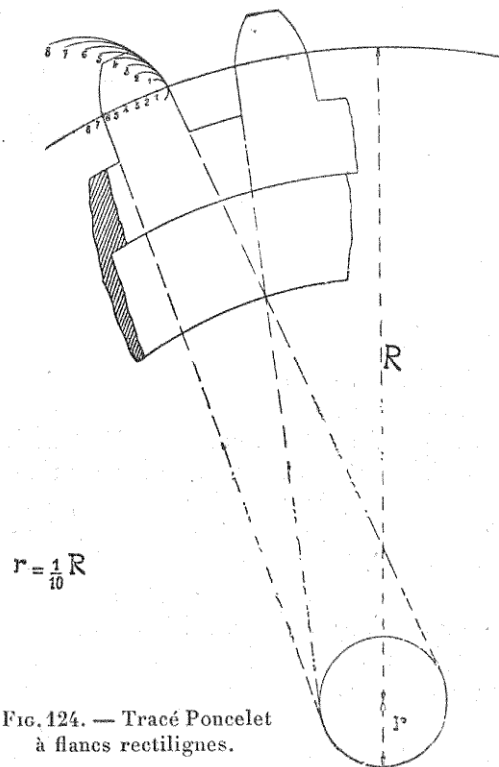


FIG. 124. — Tracé Poncelet à flancs rectilignes.

La figure 123 montre ce tracé, très employé dans la pratique. Il s'applique aussi bien lorsqu'on veut créer en même temps les deux roues

Guide du constructeur d'automobiles

que dans le cas où l'on veut déterminer une roue engrenant avec une autre de profil connu. C'est ce deuxième cas que représente la figure 123. A est la roue-existante et B la roue que l'on veut construire.

Mais la même méthode s'applique lorsque l'on veut créer les deux roues en même temps.

Le tracé Poncelet comporte parfois une variante, que montre la figure 124 : c'est le *tracé à flancs rectilignes*. On mène alors par les points d'intersection du profil avec la circonférence primitive des tangentes à une circonférence de rayon r égal au dixième du rayon de la circonférence primitive. Les dents ainsi obtenues sont très robustes.

Tracé Reuleaux. — Le procédé de Reuleaux (figure 125) donne le même profil que le tracé Poncelet. E et E' sont les cercles d'échanfrinement ; F et F' sont les cercles de base ou d'évidement. Le point de premier contact, sur la roue R', est e , et le dernier contact, sur la roue R, est en e' . Les normales aux profils des flancs déterminent les points ε et ε' , limitant la longueur de l'arc de conduite $\varepsilon S \varepsilon'$, ou arc d'engrènement ; εS est l'arc d'approche, $S \varepsilon'$ est l'arc de retraite.

Remarquons que, dans le mouvement de la roue R' autour de R, le point d_1 décrit une boucle d'épicycloïde allongée, qui est tangente en e' au flanc de la dent. Le profil de la racine de la dent, entre e' et le cercle d'évidement, pourra être quelconque, pourvu qu'il soit en

dehors de l'épicycloïde. De même pour le point d_1 et le dernier contact en e .

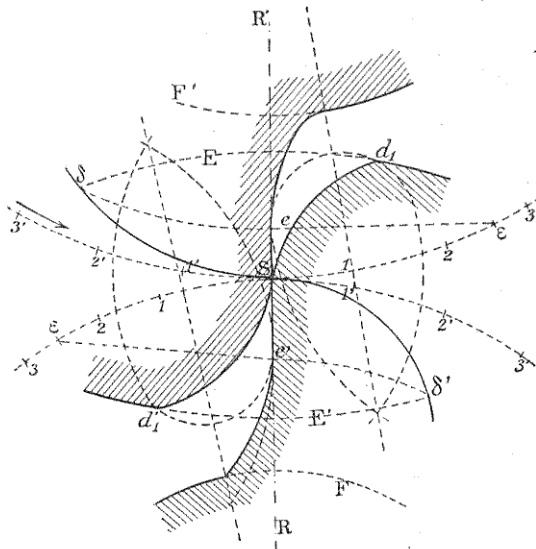


FIG. 125. — Tracé Reuleaux.

Dentures en développantes. — Les profils cycloïdaux sont généralement tracés par une des méthodes approchées que nous venons d'indiquer. Les dentures en développantes peuvent être tracées d'une façon plus rigoureuse, le tracé de la développante de cercle étant facile, par la méthode connue.

Les profils en développantes étant les plus employés pour les engrenages d'automobiles,

nous rappellerons la méthode permettant de tracer la développante d'un cercle donné.

Soit (figure 126) O la circonférence à développer : on divisera la circonférence en un cer-

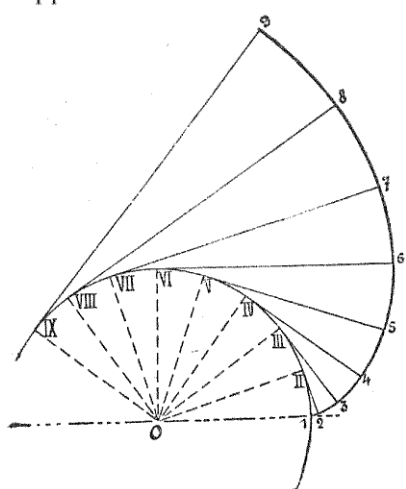


FIG. 126.

tain nombre de parties égales. Par les points de division, on mène les tangentes II-2, III-3, ... etc... IX-9. Sur chacune de ces tangentes, à partir de son point de contact avec la circonférence, on porte une longueur égale à l'arc compris entre ledit point de contact et l'ori-

gine 1. On obtient ainsi sur les tangentes les points 2, 3, 4... 9. Pour tracer la développante, on décrira du point II l'arc 1-2, du point III l'arc 2-3, du point IV l'arc 3-4 et ainsi de suite.

Cela étant, le tracé de l'engrenage se fait comme l'indique la figure 127 :

Soient OA et O'A les rayons des circonférences primitives et supposons que ce soit la roue O qui entraîne le pignon O' dans le sens de la flèche.

Sur la circonférence primitive O', portons

La taille des engrenages

Parc A-1 égal à l'arc de retraite (ou soit environ un pas). Traçons le rayon 1-O' et du point A menons la ligne XY perpendiculaire à ce rayon. Cette ligne coupe le rayon au point 2.

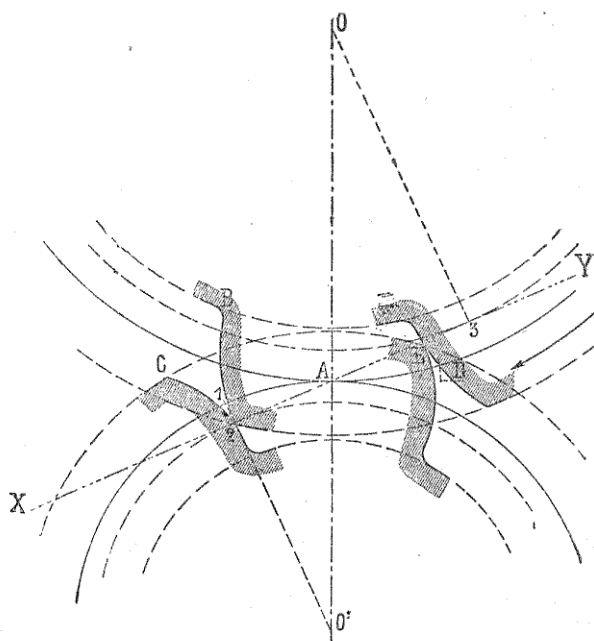


FIG. 127. — Tracé des dentures en développantes.

Du centre O, traçons la droite O-3, parallèle à O'-2 et des centres O, O', avec les rayons O-3 et O-2 traçons les circonférences ayant la ligne XY pour tangente commune.

Au point 2 on trace : 1° la développante 2-B qui donnera le profil des dents de la roue O ;

Guide du constructeur d'automobiles

2° la développante 2-C qui donnera le profil des dents du pignon O'. La circonférence de rayon O-2 sera la limite extérieure des dents pour la roue O.

Sur la circonférence primitive OA portons un arc AD égal à l'arc d'approche (soit environ un pas). Reproduisons le profil 2—B de la roue en le faisant passer par le point D ; ce profil coupe la ligne XY au point E ; la circonférence du rayon O'E sera la limite extérieure de la dent pour le pignon. On laissera le jeu nécessaire au fond des dents ; avec le tracé en développantes, ce jeu peut être presque nul (Leblanc.)

La ligne XY est désignée sous le nom de *ligne de poussée* ; on l'incline généralement de 75° sur la ligne des centres.

Le profil en développantes est donné d'une façon rigoureusement exacte par les machines automatiques à tailler les engrenages employées aujourd'hui par toutes les grandes usines de construction d'automobiles ou par les industriels qui se sont fait une spécialité de la taille des engrenages.

Cette exécution rigoureuse du profil est une condition essentielle de bon fonctionnement silencieux de l'organe employant les engrenages, par exemple du changement de vitesse.

Notation des engrenages. — *Notation diamétrale.* — Nous avons défini plus haut le *pas* d'une roue dentée par l'arc de circonférence primitive qui représente la largeur d'une dent plus la largeur d'un creux. On peut encore le

La taille des engrenages

définir en disant, ce qui revient au même, que le pas est la distance séparant, sur la circonférence primitive, les axes de deux dents consécutives.

Le pas ainsi défini est dit *pas circonférenciel* ; c'est ainsi que le pas d'un engrenage était toujours exprimé autrefois.

Mais, depuis quelques années, une nouvelle notation dite *notation diamétrale* tend à se substituer à la précédente. Elle consiste à exprimer le pas en le rapportant au diamètre primitif. Le pas ainsi défini est appelé *pas diamétral ou module*.

Le pas diamétral est égal au diamètre primitif de la roue divisé par le nombre de dents.

C'est ainsi qu'une roue de 300 millimètres de diamètre et de 60 dents aura comme pas diamétral :

$$\frac{300}{60} = 5.$$

Le pas circonférenciel se déduit du pas diamétral en le multipliant par π (3,1416). Dans l'exemple précédent (roue de module 5), le pas circonférenciel serait donc de :

$$5 \times 3,1416 = 15,708.$$

Le diamètre primitif est évidemment le produit du pas diamétral par le nombre de dents.

Dans ces engrenages, on fait le creux égal en largeur à l'épaisseur de la dent. Ils tournent donc sans jeu.

La saillie de la dent au-dessus du diamètre primitif est toujours égale au module.

La hauteur totale de la dent est égale au

Guide du constructeur d'automobiles

MODULE ou PAS DIAMÉTRAL	PAS	SAILLIE DE LA DENT	HAUTEUR DE LA DENT	MODULE ou PAS DIAMÉTRAL	PAS	SAILLIE DE LA DENT	HAUTEUR DE LA DENT
1	3,14	1	2,16	3 1/4	10,20	3,25	7
1 1/4	3,93	1,25	2,70	3 1/2	11	3,50	7,55
1 1/2	4,71	1,50	3,23	3 3/4	11,77	3,75	8,09
1 3/4	5,50	1,75	3,77	4	12,57	4	8,63
2	6,28	2	4,31	4 1/4	13,35	4,25	9,17
2 1/4	7,07	2,25	4,85	4 1/2	14,14	4,50	9,71
2 1/2	7,86	2,50	5,40	4 3/4	14,92	4,75	10,24
2 3/4	8,63	2,75	5,93	5	15,71	5	10,78
3	9,42	3	6,47	6	18,66	6	12,94

La taille des engrenages

double du module augmenté du dixième du demi-pas. Cette dernière fraction donne le jeu diamétral.

Le tableau ci-contre donne, à titre d'exemple (d'après Leblanc), les dimensions caractéristiques d'une série d'engrenages de modules courants, établis sur ces données.

Cette notation est très commode et beaucoup de fabricants d'engrenages l'ont adoptée aujourd'hui.

Il nous faut examiner maintenant comment se fait dans les usines l'opération du taillage des engrenages.

Nous avons déjà décrit (voir I^{er} volume, pages 244 et suivantes) quelques-unes des machines à tailler les engrenages les plus typiques. Nous allons voir ici de quelle façon on utilise ces machines et quel en est le mode de travail.

Pratique de la taille des engrenages. — Il nous reste à étudier maintenant comment on réalise, en pratique, les profils dont nous venons de parler.

L'opération de la taille des engrenages se fait aujourd'hui avec une très grande perfection ; cette perfection, qui a pour résultat de donner des roues dont les dents présentent un profil rigoureusement théorique, est indispensable, dans la construction automobile, pour établir des transmissions à fonctionnement silencieux et à bon rendement.

Les machines à tailler les engrenages peuvent être réparties en deux grandes catégories :

- a) Les machines employant comme outil la fraise;
- b) Les machines employant un outil tranchant à mouvement alternatif, dérivant, par suite, de l'étau-limeur.

Les premières sont actuellement les plus répandues, c'est donc par elles que nous commencerons notre étude.

a) Taille des engrenages au moyen de fraises.
(Voir pour description et figures de machines

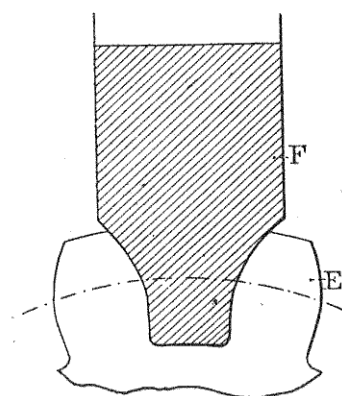


FIG. 128.

de ce genre, tome I^{er}, chapitre VI, pages 244 et suivantes). — Le principe de la taille des engrenages au moyen de fraiseuses est le suivant :

Le profil des dents à obtenir ayant été déterminé par l'une des méthodes

que nous avons exposées précédemment, on établit une fraise d'acier ayant la forme du creux entre deux dents de l'engrenage projeté.

Puis, la fraise étant montée sur l'arbre de la machine, on s'en sert pour tailler, dans le disque d'engrenage, l'intervalle de deux dents.

La taille des engrenages

La figure 128 représente schématiquement l'opération : E est l'engrenage à tailler, F est la fraise.

On fait ensuite tourner le disque d'une quantité égale au pas de l'engrenage et, après l'avoir fixé dans cette position, on répète la même opération de manière à tailler un nouvel intervalle de deux dents, et ainsi de suite jusqu'à complet achèvement de la roue.

Les machines décrites dans le tome I^{er} font automatiquement ces opérations, mais on peut aussi, comme nous l'avons déjà fait remarquer, se servir au besoin de fraiseuses ordinaires, en les complétant par un appareil diviseur.

La méthode dont nous venons d'indiquer le principe peut avantageusement être perfectionnée par l'emploi de fraises à défoncer au moyen desquelles on ébauche le profil de l'engrenage ; le travail est ainsi plus rapide et la fraise de profil est conservée plus longtemps en bon état, puisqu'elle a moins de matière à enlever.

La figure 129 représente une telle fraise à défoncer pour la taille des engrenages.

Pour que cette méthode de taille des engrenages au moyen de fraises donne des résultats tout à fait satisfaisants, il est indispensable d'observer quelques précautions fondamentales :

La première condition — elle est évidente — est la nécessité d'une rigoureuse exactitude du profil de la fraise employée.

La fraise doit être montée perpendiculairement à son axe de rotation et tourner bien rond ; la ligne médiane de la fraise doit être bien exac-

tement dirigée suivant le rayon de la roue perpendiculaire à son axe de rotation.

Pour que les dents soient d'épaisseur uniforme, il faut que la division soit parfaite.

Même en prenant toutes ces précautions, la taille des engrenages au moyen de fraiseuses peut donner parfois des produits un peu impar-

faits à la suite, par exemple, de l'affûtage des fraises.

On doit donc apporter les plus grands soins à l'affûtage des fraises à tailler les engrenages; quant à la fabrication même de ces fraises, elle n'est pas du ressort de notre travail. L'on a employé, pour obtenir un profil

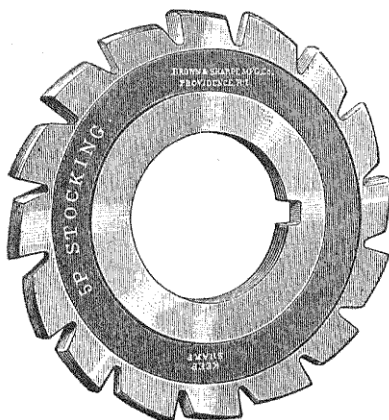


FIG. 129. — Fraise à défoncer pour la taille des engrenages.

rigoureusement exact, la méthode qui consiste à tracer un profil à une échelle suffisamment grande pour éviter les erreurs de dessin, puis à réduire cette épure par la photographie à la grandeur d'exécution. Ce profil étant transporté sur la fraise dégrossie au préalable, l'ajusteur pouvait aisément rectifier l'outil avec toute la précision désirable.

La taille des engrenages

Nous n'indiquons cette méthode qu'à titre de curiosité, car elle n'est plus guère employée aujourd'hui, croyons-nous. On préfère obtenir l'exactitude du profil de la fraise par des moyens mécaniques dérivant du procédé imaginé par Schiele en 1856 pour tailler des dentures droites avec des fraises à vis.

Les procédés mis en œuvre pour cette fabrication des fraises à tailler les engrenages sont, en général, fondés sur l'observation suivante : soit une crémaillère engrenant avec la roue (fraise) à obtenir; si l'on suppose que les dents de la crémaillère agissent comme outils (à la façon d'une lime, par exemple) et que la crémaillère se déplace avec une certaine vitesse, la roue se déplaçant à la même vitesse linéaire, sur le cercle primitif, la crémaillère taillera dans la roue qui engrène avec elle des flancs de dents théoriques.

Nous ne pouvons pas, sans sortir du cadre de ce livre, entrer dans de plus amples détails sur la fabrication des fraises à tailler les engrenages et nous devons renvoyer le lecteur que la question intéresserait aux ouvrages spéciaux sur la matière.

Taille des engrenages droits. — C'est le cas le plus simple; l'opération se fait comme nous l'avons indiqué précédemment, au moyen d'une fraise faisant exactement le creux entre deux dents, la machine assurant, par un dispositif approprié, la division rigoureuse du disque à tailler.

Guide du constructeur d'automobiles

On doit fixer l'engrenage à tailler avec le plus grand soin, car il va de soi que toute précision disparaîtrait si la roue travaillée venait à se desserrer pendant l'opération.

Le parfait centrage de la roue taillée est tout aussi indispensable.

La fraise doit être rigoureusement perpendiculaire à l'axe de l'arbre qui porte la roue travaillée ; on s'en assure généralement au moyen d'un fil à plomb.

A ce moment on met en place l'appareil à diviser en ayant soin de le disposer de manière que, après avoir terminé une dent, on puisse abaisser suffisamment le support pour que, dans le mouvement de retour, la dent que l'on vient de tailler ne soit pas touchée, ce qui compromettrait l'exactitude de la dent.

Taille des roues de vis sans fin. — Des machines spéciales (voir tome I^{er}, page 246) permettent d'exécuter cette opération. Ce n'est qu'avec ces machines que l'on peut obtenir des tracés rigoureusement exacts.

Toutefois, lorsqu'une précision absolue n'est pas requise, ou lorsqu'on ne dispose pas de machines spéciales, on peut tailler les roues de vis sans fin au moyen de machines à fraiser universelles.

La figure 130 représente les fraises employées pour ce travail, sur les machines spéciales ; la fraise figurée à gauche s'applique au travail sur une fraiseuse universelle. On opère alors, en principe, de la façon suivante :

La taille des engrenages

La roue est d'abord ébauchée avec une fraise

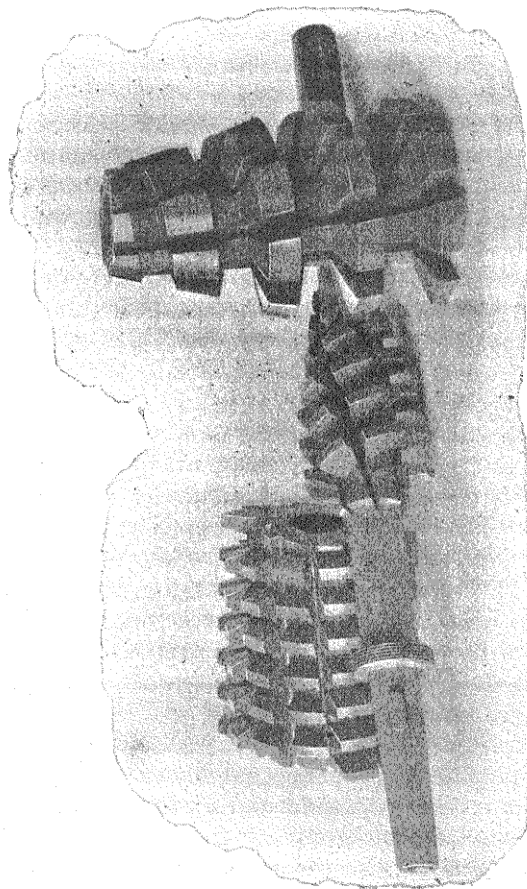


Fig. 130. — Fraises pour la taille des roues de vis sans fin.

ordinaire à tailler les engrenages, mais en

donnant à la table l'inclinaison voulue pour que les dents fassent avec l'arbre l'angle demandé; puis on termine le travail avec la fraise représentée sur la figure 130, à gauche. On ne peut obtenir par ce procédé qu'une exactitude relative, les roues présentant presque toujours des inégalités dans la division.

Pour produire un travail de précision, il faut recourir aux machines spéciales, telles que la machine Reinecker que nous avons décrite (tome I^{er}, page 246). Dans cette machine, la fraise agit à la façon d'une mèche hélicoïdale. Les divers mouvements de la fraiseuse sont établis de telle manière que le nombre de tours de l'arbre de division, ainsi que le nombre de tours de la roue à tailler et le nombre de tours de la fraise soient dans le même rapport que le nombre des dents de la roue de vis sans fin et le nombre de filets de la fraise ou de la vis. En outre, les dents de la roue taillée sont déplacées d'une quantité égale à l'avance de la fraise.

La roue à tailler est fixée sur une barre et reliée à l'arbre de division muni des roues d'engrenages choisies d'après le nombre des dents à tailler.

La fraise est placée à la profondeur de fraisage voulue et dans le plan médian de la roue à fraiser, puis poussée jusqu'à ce qu'elle attaque la roue.

Taille des engrenages coniques. — Cette opération ne peut se faire avec exactitude que sur les machines spécialement construites à cet effet

La taille des engrenages

(voir plus loin), mais on est quelquefois conduit à l'exécuter sur des fraiseuses universelles. Nous en avons déjà vu un exemple dans un chapitre précédent (chapitre VII, page 217).

On est donc obligé d'opérer en deux fois, en taillant d'abord, par exemple, tous les flancs droits des dents, puis les flancs gauches.

Ces roues doivent généralement subir un ajustage ultérieur, à la lime. Aussi préfère-t-on, toutes les fois que la chose est possible, le travail fait par les machines spéciales.

b) Taille des engrenages au moyen de machines employant des outils à mouvement alternatif. — Le cas le plus simple serait celui où l'on effectuerait la taille d'un engrenage droit au moyen d'un étau limeur de la façon suivante :

La roue à tailler est disposée sur un plateau diviseur perpendiculairement au chemin parcouru par l'outil et l'étau-limeur ; cet outil rabote le profil de la dent, donné par un calibre préalablement tracé avec toute la précision possible ; lorsqu'une dent est ainsi entièrement faite, on fait tourner le disque d'une quantité égale au pas de l'engrenage et on opère de même pour le creux suivant, et ainsi de suite, jusqu'à achèvement de la roue.

C'est là, bien entendu, un procédé très primitif, donnant une précision toute relative et qui ne saurait être employé que dans le cas exceptionnel où l'on n'aurait à sa disposition qu'un étau-limeur ordinaire pour l'exécution d'une roue dentée isolée.

Mais ce procédé est susceptible de perfectionnements qui le rendent applicable à un travail de précision. C'est, en particulier, le cas pour les engrenages coniques que l'on taille sur des machines spéciales, de grande précision, fondées sur cette méthode.

En effet, les flancs de deux roues coniques en prise se touchent en tous les points d'une droite qui passe par le sommet du cône ; or, sur les machines à tailler les roues d'angle par rabotage, la pointe de l'outil décrit toujours, dans son mouvement, une droite passant par le sommet du cône.

Nous avons vu, dans le tome I^{er} (page 252) un exemple d'une machine classique à tailler les engrenages d'angle, la machine Bilgram.

Cette machine se compose d'un étai-limeur à retour rapide, l'outil se déplaçant exactement suivant la génératrice du cône, de manière à tailler des engrenages coniques rigoureusement exacts ; les dentures obtenues sont sans jeu et l'on peut faire tout pas demandé. Le mouvement rayonnant de l'outil est combiné avec un mouvement tournant de l'axe du mandrin portant la couronne.

Machine Fellows à tailler les engrenages extérieurs et intérieurs. — Nous avons dit que la taille des engrenages au moyen de fraises exigeait de très minutieuses précautions et d'habiles ouvriers pour donner des résultats précis.

Aussi les constructeurs se sont-ils préoccupés de chercher à établir une machine à tailler

La taille des engrenages

les engrenages dans laquelle seraient éliminées ces causes d'erreur. Nous avons à résoudre là un problème du même ordre que celui qui s'est posé (voir plus haut, page 251) pour la fabrication des fraises à tailler : il a été résolu d'une manière analogue dans la très intéressante *machine Fellows* dont nous allons dire quelques mots pour terminer l'étude de la taille des engrenages.

La machine Fellows, exploitée en France par MM. Bonvillain et Ronceray, repose entièrement sur des méthodes *géométriques*. Le mot « géométrique » est employé ici par opposition au mot « mécanique ». Nous voulons par là faire une différence entre les machines reproduisant mécaniquement une forme produite à l'avance sur un gabarit, ou une forme d'après un tracé fait à la main (telles que les machines employant la fraise étudiées dans la catégorie *a*) et les machines dans lesquelles le taillage des engrenages est le résultat de mouvements élémentaires, d'une précision facile à obtenir pratiquement.

Les seules figures géométriques qu'on puisse obtenir avec précision et vérifier dans un atelier sont le cercle (et ses dérivés, le cylindre, le cône, etc.) et le plan.

On a donc cherché, dans la machine Fellows, à employer comme points de départ le cercle et le plan, en prenant toutes les précautions pour que ces points de départ soient d'une précision aussi rigoureuse que le permettent les procédés de mesure et de vérification modernes.

Guide du constructeur d'automobiles

La crémaillère, dont le profil, pour la denture à développante, est *rectiligne*, peut être considérée comme base du système. Si, par exemple,

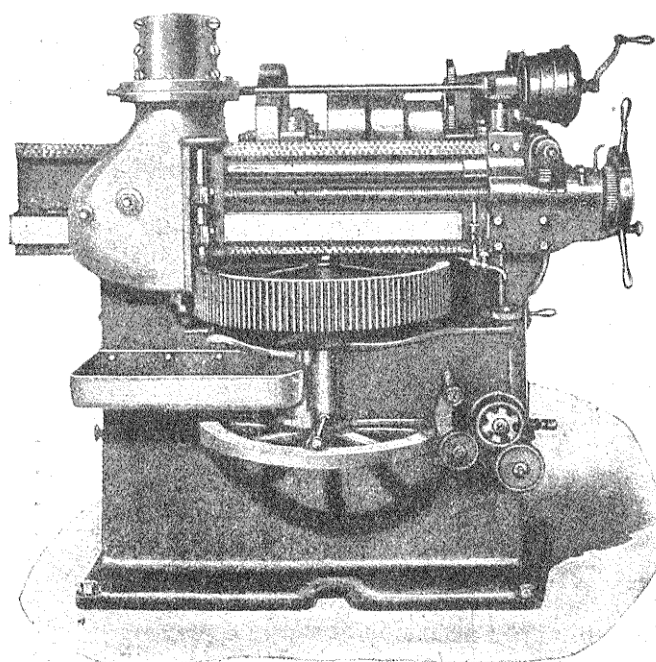


FIG. 131. — Machine Fellows.

on possédait un disque en matière plastique et qu'on le fasse rouler sur une crémaillère à une distance convenable, la forme des dents imprimées sur le disque serait parfaite. Si le pignon

La taille des engrenages

ainsi produit pouvait être rendu rigide et qu'un nouveau disque plastique de diamètre différent

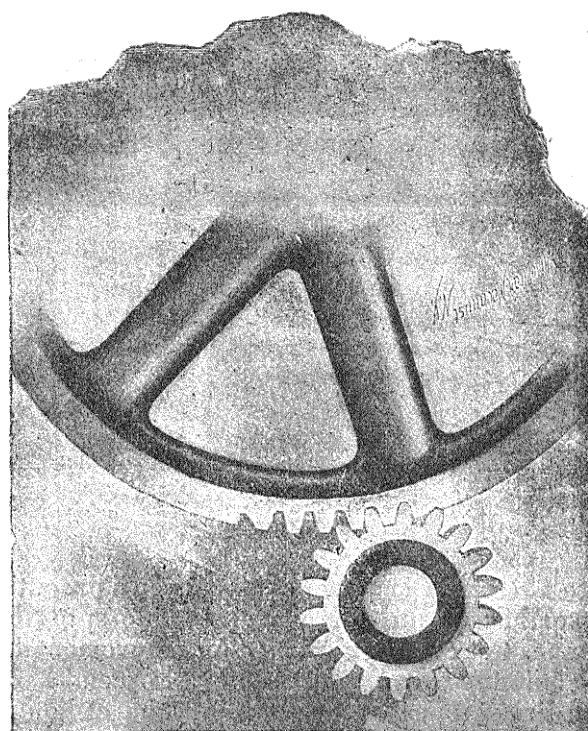


FIG. 132. — Outil de la machine Fellows et roue en train d'être taillée.

soit roulé sur le pignon, on produirait à nouveau une roue parfaite, de diamètre différent, de

Guide du constructeur d'automobiles

même qu'on obtiendrait une crémaillère exacte en le roulant sur une surface droite.

Cette conception qui, à première vue, paraît irréalisable, est cependant la base du procédé Fellows.

La machine Fellows, que représente la fi-

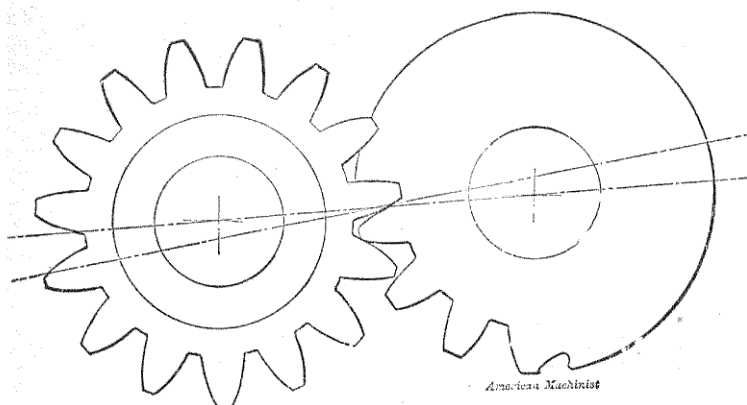


FIG. 133.

gure 131, taille les disques au moyen d'un outil ressemblant à un engrenage, rectifié après la trempe. Cet outil est animé d'un mouvement de va-et-vient vertical, assez semblable à celui d'un étau-limeur, pendant que le disque et l'outil tournent exactement comme s'ils étaient des engrenages finis.

La figure 132 représente cet outil en prise avec une roue d'engrenage en train d'être taillée. La figure 133 montre la même opération d'une manière plus schématique.

La taille des engrenages

Le problème que s'est posé M. Fellows est l'exécution, par des procédés d'une *précision géométrique*, d'un outil engendré par une crémaillère idéale, dont la fraction travaillante vient rectifier l'outil pour lui donner la forme voulue.

La figure 134 montre le principe de cette opération. La face plane de la meule représente un côté d'une dent de la crémaillère idéale, laquelle se trouve représentée en entier en pointillé. Cette face peut être dressée d'une façon parfaite, par un outil diamant bien guidé. Le disque destiné à

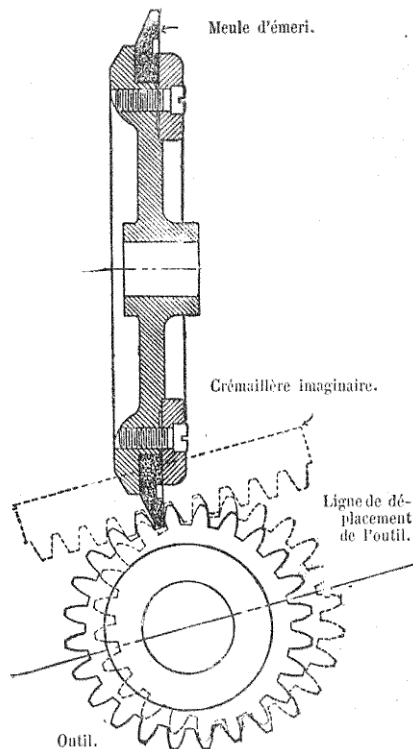


FIG. 134.

former l'outil, ébauché à la fraise et trempé, est présenté devant la meule émeri et roulé, guidé par un mouvement réel de pignon et crémail-

lère, de façon que l'outil passe devant la meule exactement comme s'il engrenait avec elle, tout comme si la face droite de la meule était un côté de la dent de crémaillère. La meule rectifie ainsi un côté de l'outil, et cette opération est renouvelée jusqu'à ce que toutes les dents soient rectifiées d'une façon analogue. L'outil est ensuite placé sur une seconde machine symétrique à la première et qui rectifie le côté opposé.

L'outil produit est donc un engrenage dont la précision dépend seulement de l'exactitude de la meule employée et de celle du mouvement de roulement donné à l'outil. Ces deux facteurs peuvent être obtenus avec une précision presque absolue, et le résultat est un outil approchant de l'exactitude théorique avec une des plus petites approximations mécaniques connues.

Toutefois, en pratique, le résultat à obtenir est quelque peu différent. On sait, en effet, que, pour que l'outil travaille dans de bonnes conditions, il faut qu'il « ait de la coupe » et qu'il ne « talonne pas », autrement dit, il est indispensable que l'outil attaque la pièce sous un angle de quelques degrés afin d'éviter le frottement inutile des parties en contact.

Il faut donc que l'outil soit plus mince en bas qu'en haut, au talon qu'à la face d'attaque. Il semblerait alors que le profil de l'outil changeant, celui de la dent devrait changer aussi. En fait, il n'en est rien : en se fondant sur des considérations dans le détail desquelles nous ne pouvons pas entrer ici, M. Fellows a tourné la diffi-

La taille des engrenages

culté : il emploie des outils dont le profil à la base correspond à une distance des centres donnée, tandis que le profil au milieu de la denture et celui au sommet correspondent à des distances de centres moindres : une dent de cet outil va constamment en diminuant de haut en bas ; cette dent est donc en dépouille d'un bout à l'autre.

Or, on démontre aisément qu'un tel outil taille des engrenages parfaitement corrects, pourvu que la distance des centres soit elle-même correcte.

La machine Fellows, employée aujourd'hui, à plusieurs exemplaires, dans un grand nombre d'usines de construction d'automobiles, réalise donc un très grand progrès pour l'usinage précis des engrenages. Elle convient aussi bien à la taille des engrenages intérieurs qu'à celle des engrenages extérieurs. Ajoutons qu'elle est entièrement automatique et qu'un ouvrier peut conduire quatre ou cinq machines.

CHAPITRE IX

Meulage et rectification.

Généralités. — Dans la construction automobile, plus peut-être que dans les autres branches de la construction de machines, il est fait un usage très important des meules, soit sur les machines à meuler, soit sur les machines à rectifier, soit sur les machines à affûter, que nous ne citons ici que pour mémoire (voir chapitre VII); enfin, dans quelques cas particuliers, on se sert des machines à polir pour le finissage de certaines pièces.

Les *machines à meuler* rendent les plus grands services : avant de passer aux ateliers des machines-outils proprement dites (tours, et surtout tours à revolver, fraiseuses, etc.,) les pièces brutes de forge ou de fonderie, préalablement décapées dans des bains acides, comme nous avons eu l'occasion de le dire précédemment, sont *dégrossies* à la meule.

Les meules employées pour ce travail sont généralement des *lapidaires* (voir I^{er} volume, page 309); on fait usage, soit de meules lapi-

Meulage et rectification

daïres entièrement en émeri aggloméré (comme sur la machine que représente la figure 190 du I^{er} volume de cet ouvrage), soit de disques d'acier garnis de papier ou toile d'émeri, comme dans la machine à meuler Gorton (voir I^{er} volume, figures 194 à 196, pages 313 et suivantes.)

La généralisation de l'emploi des meules pour dégrossir les pièces brutes avant de les livrer aux machines-outils est due surtout à ce fait que que le travail de la meule se fait très rapidement et dans des conditions de très grande précision. En outre, grâce à la dureté très élevée de l'émeri ou corindon dont sont faites les meules, on peut attaquer à la meule des métaux très durs. Il est facile, notamment, d'enlever la croûte dure superficielle qui recouvre souvent tout ou partie des pièces brutes de fonderie, croûte qui émousserait en quelques instants les meilleurs outils de tour ou les meilleurs fraises.

La *rectification* au moyen de meules avec les machines spéciales que nous avons décrites pages 320 et suivantes du I^{er} volume, est tout aussi employée dans la construction automobile et les services que rendent les machines à rectifier ne le cèdent en rien à ceux des machines à meuler.

Dans toutes les grandes usines de construction d'automobiles, toutes les pièces sont minutieusement rectifiées, avec la plus grande précision (souvent au centième de millimètre),

Guide du constructeur d'automobiles

après qu'elles ont été travaillées par les machines-outils.

Cette excellente pratique, outre qu'elle facilite considérablement l'ajustage et qu'elle lui donne la plus grande précision, présente l'important avantage d'assurer l'absolue interchangeabilité des pièces, avantage précieux, que tous les automobilistes apprécient.

Les cylindres de moteurs, notamment, sont toujours rectifiés, dans une construction soignée, après l'alésage.

En outre, ainsi que nous l'avons déjà dit, la rectification rend d'énormes services pour les pièces qui, après l'usinage aux machines-outils, doivent être soumises à la cémentation et à la trempe. En effet, la trempe déforme souvent légèrement les pièces et la rectification s'impose pour corriger cette déformation.

Choix des meules d'après les travaux à effectuer et d'après les métaux à meuler. — Les règles générales suivantes peuvent servir de guide pour le choix des meules :

1° *Plus la matière à meuler est dure, plus la meule devra être dure.* Cette règle souffre une exception dans le cas de la rectification des pièces d'acier trempé : on doit alors faire usage de meules relativement tendres, pour éviter de détremper les pièces, ou pour empêcher le lustrage de la meule.

2° *Plus la surface de contact avec la pièce sera*

Meulage et rectification

grande, plus la meule sera tendre. C'est ainsi qu'une meule de 25 millimètres d'épaisseur devra être beaucoup plus tendre qu'une meule de 3,5 millimètres pour faire le même travail ; pour la même raison, une meule-boisseau (voir 1^{er} volume, page 310) est faite plus tendre qu'une meule ordinaire.

Une meule tendre s'usant, naturellement, plus vite qu'une meule dure, on est souvent amené, lorsqu'il est nécessaire de donner à la meule un certain profil, à faire une meule plus dure.

Une meule donne le *meilleur rendement* lorsqu'elle est *juste assez tendre pour ne pas se lustrer et juste assez dure pour ne pas s'user trop rapidement.*

3° *Plus l'émeri est fin, plus le fini obtenu est poli.* Ceci est évident et s'applique plutôt aux meules pour machines à polir.

4° Pour enlever beaucoup de matière, quand le fini a peu d'importance, une meule à gros grain sera employée, parce que les points coupants sont plus saillants et par conséquent la coupe plus profonde.

Ces règles n'ont rien d'absolu ; le choix peut se trouver modifié du fait de la vitesse, notamment.

Une même meule ne peut pas convenir pour une grande variété de travaux. Il y a intérêt, toutes les fois que cela est possible, à avoir des meules bien appropriées à chaque genre de

Guide du constructeur d'automobiles

travail. C'est ce que font les grandes usines de construction d'automobiles.

Par exemple, pour l'affûtage des outils, on préférera une meule tendre, avec laquelle on ne risquera pas de détremper l'outil. En revanche, pour l'ébarbage et pour dégrossir une pièce brute, on devra se servir d'une meule dure et à gros grain.

Les résultats donnés par une meule varient avec la vitesse circonférencielle à laquelle on la fait tourner. Bien souvent, si une meule ne donne pas satisfaction, le résultat peut être notablement amélioré en changeant de vitesse.

On peut dire d'une façon générale, que toutes les fois qu'une meule *s'encrasse* ou qu'elle *se lustre*, c'est qu'elle est *trop dure* ou qu'elle *tourne trop vite* pour le genre de travail effectué.

Une vitesse circonférencielle convenant à la plupart des meules du commerce est celle de 1.500 mètres à la minute ; la vitesse de 1.800 mètres, employée parfois, est une limite supérieure qu'il est prudent de ne pas dépasser. La limite inférieure serait de 1.200 mètres.

Le tableau suivant donne les nombres de tours nécessaires (pour les diamètres de meules existant couramment dans le commerce) pour obtenir les vitesses circonférencielles de 1.200, 1.500 et 1.800 mètres à la minute.

La force centrifuge résultant de la rotation d'une meule aux vitesses indiquées dans ce tableau est d'environ :
3 kilg. 500 par centimètre carré à 1.200 m.

Meulage et rectification

5 kilog. 500 par centimètre carré à 1.500 m.
7 — 800 — — 1.800 m.

DIAMÈTRE DE LA MEULE	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE POUR UNE VITESSE CIRCONFÉRENTIELLE DE :		
	1.200 m.	1.500 m.	1.800 m.
Millimètres.	Tours/minute.	Tours/minute.	Tours/minute.
25	15.279	19.099	22.918
50	7.638	9.549	11.459
75	5.095	6.366	7.639
100	3.822	4.775	5.730
125	3.056	3.820	4.584
150	2.546	3.183	3.820
175	2.183	2.728	3.274
200	1.910	2.387	2.865
250	1.528	1.910	2.292
300	1.273	1.592	1.910
350	1.091	1.364	1.637
400	955	1.194	1.432
450	849	1.061	1.273
500	764	955	1.146

On ne saurait trop recommander de vérifier de temps à autre la vitesse de rotation des meules au moyen d'un compte-tours.

Guide du constructeur d'automobiles

Essais des meules. — Toutes les bonnes fabriques de meules soumettent les meules qu'elles produisent à des essais très rigoureux avant de les livrer aux consommateurs.

La Compagnie « American » opère de la façon suivante : au moment de son expédition, on fait tourner chaque meule, sur une machine à essayer spéciale, à une vitesse circonférentielle d'au moins 2.750 mètres ; la meule est ainsi soumise à un effort d'environ 18 kilogrammes par centimètre carré, soit plus du triple de l'effort (5 kg. 500) auquel sera soumise la même meule lorsqu'elle tournera à la vitesse circonférentielle moyenne de 1.500 mètres à la minute, pour son travail normal.

Ces machines à essayer sont munies de tachymètres qui enregistrent rigoureusement le nombre de tours auquel chaque meule est essayée. Ce chiffre est noté sur la feuille relative à chaque meule, avec son numéro et ses diverses caractéristiques. Par ce moyen toute meule peut être identifiée à n'importe quel moment.

On a objecté parfois qu'un tel essai n'est pas une garantie de sécurité, mais qu'au contraire, en faisant supporter ainsi aux meules un effort considérable, on les affaiblit, ce qui les fera éclater plus tard. Il semble bien, toutefois, que, si une meule d'émeri est faible ou défectueuse, elle éclatera certainement sous un effort de 18 kilogrammes par centimètre carré et que, si elle résiste à cet effort, elle pourra

Meulage et rectification

amplement supporter celui auquel elle sera soumise au service.

Causes d'éclatement des meules. — Les causes d'éclatement les plus fréquentes sont les suivantes :

- 1^o L'accrochage de la pièce à travailler entre la meule et son support ;
- 2^o La dilatation de l'arbre par suite d'échauffement ;
- 3^o L'emploi de plateaux trop faibles, trop petits ou pas suffisamment concaves (voir plus loin. *Montage des meules*) ;
- 4^o L'absence complète de plateaux et le simple serrage de la meule par un écrou ;
- 5^o Le jeu de l'arbre dans ses coussinets par suite d'usure ;
- 6^o L'emploi de machines ou de bâtis branlants ou insuffisamment rigides.

Montage des meules. — Les meules devront être montées sur des arbres de diamètre suffisant, *entre des plateaux* ayant au moins le tiers du diamètre de la meule ; le serrage de l'écrou sur le plateau mobile doit se faire de préférence, par une surface sphérique, afin de permettre au plateau mobile de bien s'orienter suivant la meule.

On devra placer de chaque côté de la meule des rondelles de pulpe destinées à amortir le serrage des plateaux ; il est bon aussi d'interposer des rondelles de caoutchouc ou de cuir des deux côtés.

Guide du constructeur d'automobiles

Une meule ne doit jamais être montée sans plateaux de serrage. Ces plateaux doivent être toujours légèrement concaves, afin de ne toucher la meule qu'au plus grand diamètre ; ils

ne doivent jamais être ni convexes, ni même plans.

Il est prudent de ne jamais faire usage de meules dans un atelier sans munir la machine de *protecteurs* destinés à parer aux dangers d'une clatement. On peut voir de tels protecteurs (il en existe un grand nombre de modèles), par exemple sur les

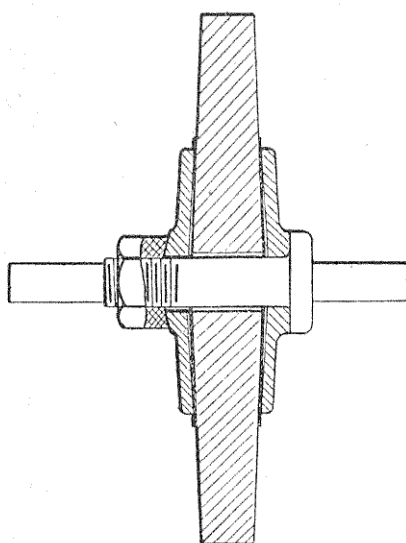


FIG. 135. — Montage des meules « vitrifiées ».

figures 205 (page 324) et 210 (page 330) du 1^{er} volume de cet ouvrage.

Pour les meules « vitrifiées » dont nous avons parlé en étudiant les agglomérants pour meules (1), le montage de la figure 135 (meules

(1) Voir tome II, page 100.

Meulage et rectification

biconiques avec plateaux concaves) évite les dangers d'éclatement. Ce genre de montage convient surtout pour les meules employées à des travaux grossiers. Les éclats en cas de rupture, se trouvent retenus par les plateaux et ce montage présente sur les protecteurs l'avantage de laisser la périphérie complète de la meule à la disposition de l'ouvrier.

Une meule ne doit jamais forcer sur son arbre, car si celui-ci vient à chauffer, il peut être la cause de l'éclatement de la meule.

DIAMÈTRE DE LA MEULE	DIAMÈTRE DE L'ARBRE	DIAMÈTRE DE LA MEULE	DIAMÈTRE DE L'ARBRE	DIAMÈTRE DE LA MEULE	DIAMÈTRE DE L'ARBRE
Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
150	12	300	25	510	45
200	16	350	32	610	50
250	20	400	38	660 et plus.	55 à 75

La meule doit toujours tourner vers l'opérateur.

Les supports de pièces doivent être entretenus en parfait état et toujours réglés près de la meule. Le support en forme de V est le meilleur, toutes les fois qu'il est possible.

Les paliers et coussinets des machines à meuler, à rectifier et à affûter doivent être graissés soigneusement, pour éviter l'échauffement de l'arbre.

Guide du constructeur d'automobiles

Nous avons dit plus haut que les arbres doivent avoir un diamètre suffisant. Voici, à titre d'indication, les diamètres que recommande, pour ses meules, la Compagnie « American » :

Pratique du meulage et entretien des meules. — Ainsi que nous l'avons vu précédemment, la vitesse circonférencielle d'une meule doit varier de 1.200 à 1.800 mètres par minute (ou soit de 20 à 30 mètres à la seconde), la meilleure vitesse étant celle d'environ 1.500 mètres à la minute (ou soit 25 mètres à la seconde).

Il y a lieu de remarquer qu'il est important de conserver à une meule sa vitesse circonférencielle au fur et à mesure qu'elle s'use ; en d'autres termes, il convient d'augmenter progressivement la vitesse de rotation de l'arbre d'une façon correspondante à l'usure de la meule. Il semble parfois qu'une meule est plus tendre au centre qu'à la périphérie ; ce défaut n'est qu'apparent, le plus souvent : on a négligé d'augmenter la vitesse de rotation de l'arbre, alors que le diamètre de la meule a diminué, de telle sorte que les meules ne tournant plus aux vitesses circonférencielles requises lorsque l'on s'approche du centre, elles s'usent rapidement et paraissent, par suite, plus tendres.

L'augmentation de la vitesse des meules, au fur et à mesure de leur usure, peut s'obtenir de plusieurs façons :

1° En employant pour les commandes des renvois à vitesses variables ;

Meulage et rectification

2° En plaçant des cônes à plusieurs étages sur les arbres des meules ;

3° En employant les meules sur des machines différentes suivant l'usure.

Ce dernier procédé est le meilleur toutes les fois que l'atelier emploie plusieurs machines à meuler. En effet, dans ce cas, chaque machine n'aura qu'une seule poulie de commande, robuste, et il n'y a pas lieu de craindre que l'ouvrier, puisse par inadvertance, mettre la meule en marche à une vitesse supérieure à celle qui convient et surtout à la limite de sécurité.

Lorsque l'on emploie l'un des deux premiers systèmes, renvois à vitesses variables ou cônes multiples de commande, il faut veiller à ce que l'ouvrier, après avoir monté une nouvelle meule, la mette en marche à la petite vitesse.

Une meule en service doit toujours *tourner*

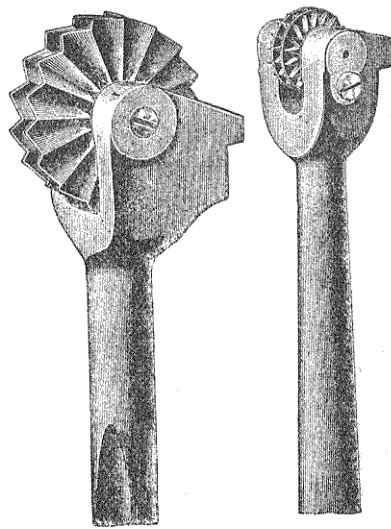


FIG. 136. FIG. 137.
Dresseurs pour meules.

Guide du constructeur d'automobiles

absolument rond et doit être parfaitement équilibrée si l'on veut obtenir les meilleurs résultats au point de vue de la rapidité et de la précision. L'ouvrier doit donc avoir toujours à sa portée un *diamant* ou un *dresseur* pour rafraîchir la meule de temps en temps et la corriger aussitôt qu'il s'aperçoit qu'elle ne tourne plus parfaitement rond.

Les figures 136 et 137 représentent des dresseurs pour meules au moyen desquels on dresse rapidement et correctement les meules, en les rendant bien coupantes et en les rétablissant

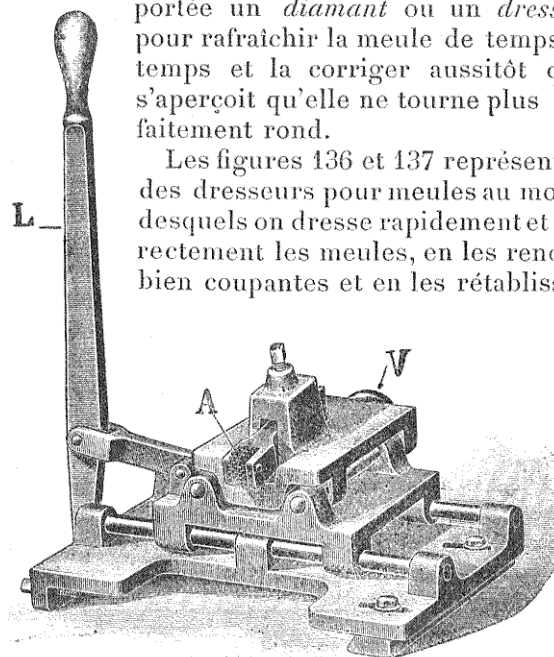


FIG. 138. — Appareil Whitney à dresser les meules.

dans les meilleures conditions possibles pour le travail. Ces outils enlèvent les grains émoussés par l'usage et amènent à la surface de nouveaux grains d'émeri.

Meulage et rectification

Les molettes peuvent être aisément changées lorsqu'elles sont usées.

Les mêmes molettes peuvent aussi être employées sur l'appareil Whitney à dresser les meules que représente la figure 138. Cet appareil s'adapte aisément sur la plupart des machines à meuler; la mise en place se fait très rapidement. Le déplacement de l'outil devant la meule s'opère à l'aide d'un levier L dont l'oscillation permet de produire un déplacement de 90 millimètres. L'avancement de l'outil est donné à l'aide d'un volant à main V. La molette est montée en A.

Il ne faut jamais appuyer une pièce trop fort sur la meule, car cela ne la fait pas couper plus vite et a pour seul résultat d'échauffer la pièce et de produire une usure plus rapide de la meule.

Enfin, il ne faut jamais frapper la meule avec un instrument quelconque pour lui donner de la coupe, car on risque de la fêler, ce qui la ferait éclater à l'usage.

Tels sont les points principaux sur lesquels l'industriel doit porter son attention dans l'emploi des meules dans les machines à meuler et à rectifier.

Pour terminer cette question, il nous reste à dire quelques mots d'une application particulière et intéressante des meules, la rectification des pointes de tour, et à donner quelques détails sur le meulage et la rectification sur le tour,

Guide du constructeur d'automobiles

dont nous avons déjà parlé rapidement au chapitre V.

Rectification des pointes de tour. — Nous avons vu, en étudiant le tour, dans le tome I^{er}, que les pointes de tour doivent former un cône bien net et nous avons dit que la pratique a montré que la meilleure valeur de l'angle au sommet de ce cône est 60° . Il est nécessaire, de temps en temps, de rectifier les pointes d'un tour, car elles s'émoussent par l'usage. Cette opération se fait de la manière suivante et au moyen des appareils que nous allons décrire.

Les appareils pour rectifier les pointes de tour se montent sur la machine lorsque l'on veut en faire usage ; la commande peut se faire, suivant les modèles, à la main, mécaniquement (par le tour lui-même) ou au moyen d'un petit moteur électrique. Les appareils que représentent, à titre d'exemple, les figures 139 à 140, sont connus sous le nom d'appareils à rectifier les pointes de tours « American » ; ils sont fabriqués par la « Heald Machine Co » :

Ils se composent tous d'un bâti en fonte que l'on monte et que l'on serre sur la broche de la poupée contre-pointe du tour et dans lequel tourne la broche porte-meule ; ces appareils n'utilisent en aucune façon les chariots et porte-outils des tours et peuvent, par suite, être employés sur n'importe quel type de tour, ainsi que sur ceux qui sont dépourvus de chariot.

Le mouvement de va-et-vient est donné à la

Meulage et rectification

meule, à la main, à l'aide d'un petit volant placé à l'avant de l'appareil, d'un pignon calé sur son axe et d'une crémaillère. L'opérateur suit ainsi le travail produit avec toute la délicatesse désirable. L'avancement de la meule sur la pièce est donné, d'une façon très naturelle, par le

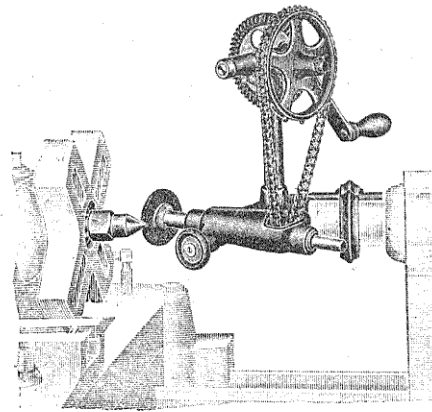


FIG. 139. — Appareil pour rectifier les pointes de tour avec commande à la main.

volant ou la manivelle de contre-pointe et sa vis.

La figure 139 représente le plus simple de ces appareils, dans lequel le mouvement de rotation est imprimé à la meule par une manivelle à bras, une paire de roues coniques et un couple de pignons à chaîne. On peut arriver à faire tourner la meule à une vitesse de 2.000 tours par minute.

Guide du constructeur d'automobiles

Cet appareil convient surtout pour les petits tours, où l'entretien des pointes ne demande qu'un léger meulage. Il en existe deux modèles, l'un pour les pointes à 60° , l'autre pour les pointes à 55° .

Dans un appareil analogue (non figuré) le mouvement de rotation est donné à la meule par le cône même du tour à l'aide des organes suivants : un galet de friction qui s'appuie sur le plus grand étage, un arbre, un joint universel et une paire d'engrenages. L'un de ces derniers est en fibre pour rendre l'appareil silencieux.

Une vis à oreille règle et assure la pression du galet sur le cône.

Cet appareil est réglable, c'est-à-dire que la fourrure de la broche pivote dans le bâti de l'appareil de telle sorte qu'il peut être réglé et employé pour les pointes à n'importe quel angle de 55° à 75° .

Enfin, l'appareil que représente la figure 140 comprend un moteur électrique servant à donner à la meule le mouvement de rotation. Le moteur, à vitesse constante, est monté au-dessus de la broche dans une position fixe ; le mouvement est transmis de l'arbre du moteur à la broche porte-meule par une paire de poulies et une courroie roulée (visibles sur la figure.)

Le moteur est simplement relié au culot d'une lampe à incandescence (ou à une prise de courant ordinaire) par un câble souple et un bouchon fileté.

Meulage et rectification

Aucune vibration ne se fait sentir sur l'appareil. La disposition adoptée pour le moteur ne nuit en rien à la sensibilité de la manœuvre de la meule, ce qui ne serait pas le cas si le mo-

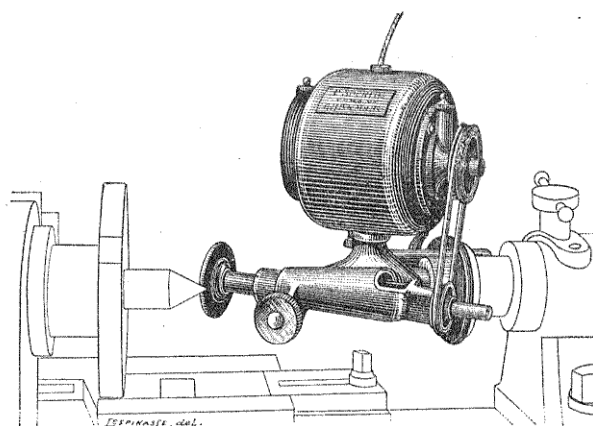


FIG. 140. — Appareil pour rectifier les pointes du tour, avec commande par moteur électrique.

teur était construit sur la broche porte-meule et s'il devait par suite être mû avec cette dernière.

Rectification sur le tour. — Nous avons vu, au chapitre v, que dans les ateliers ne possédant pas de machines à rectifier spéciales, on se servait souvent du tour pour faire, au moyen d'un dispositif simple, de petits travaux de rectification.

Voici quelques appareils se montant très faci-

Guide du constructeur d'automobiles

lement sur le tour et pouvant rendre de grands services pour la rectification (ou l'affûtage sur le tour).

Les figures 141 et 142 représentent les appareils « Norton » à rectifier sur le tour ; ils per-

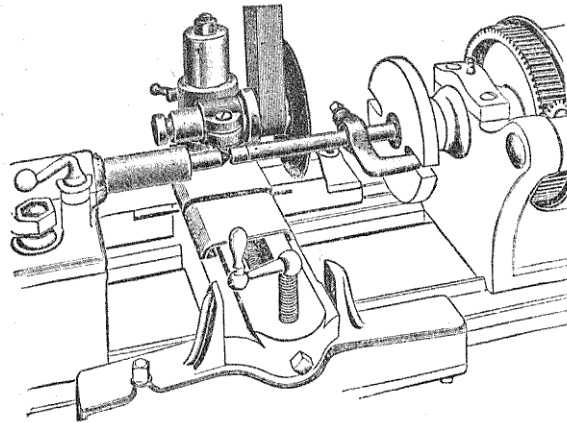


FIG. 141. — Appareil à rectifier sur le tour extérieurement.

mettent, le premier de rectifier extérieurement, le second de rectifier intérieurement.

Ces appareils sont composés d'une quille verticale à embase qui se fixe sur le chariot du tour, comme un porte-outil ordinaire.

Un support, à douilles fendues et à serrage par vis, vient se fixer d'une part sur le cylindre et de l'autre reçoit les appareils proprement dits.

La broche de l'appareil à rectifier extérieurement (figure 141) tourne dans des portées con-

Meulage et rectification

ques et peut prendre des meules de 225 millimètres de diamètre et de 20 millimètres d'épaisseur.

La broche de l'*appareil à rectifier intérieurement* (figure 142) a des coussinets réglables,

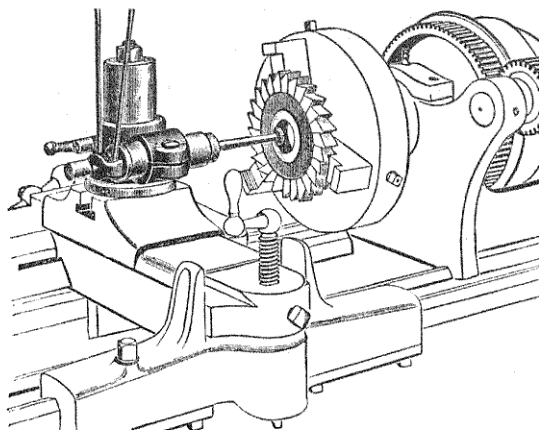


FIG. 142. — Appareil à rectifier sur le tour intérieurement.

s'étendant jusqu'à la meule, et entièrement à l'abri des poussières : elle permet de rectifier des trous de 20 millimètres de diamètre et au-dessus et ayant jusqu'à 88 millimètres de longueur.

Le renvoi est muni d'un tambour de 406 millimètres de diamètre et 760 millimètres de longueur, et comprend deux jeux de poulies fixe et folle, l'un pour la rectification extérieure, l'autre pour la rectification intérieure ; ils de-

Guide du constructeur d'automobiles

vront tourner respectivement à 300 tours pour la rectification extérieure et à 650 pour la rectification intérieure.

Voici un autre appareil à rectifier ou à affûter sur le tour, construit par la « Heald Machine C^o » (figures 143 et 144). Dans cet appareil, la commande est faite par friction, de même que dans l'appareil à rectifier les pointes de tour des mêmes

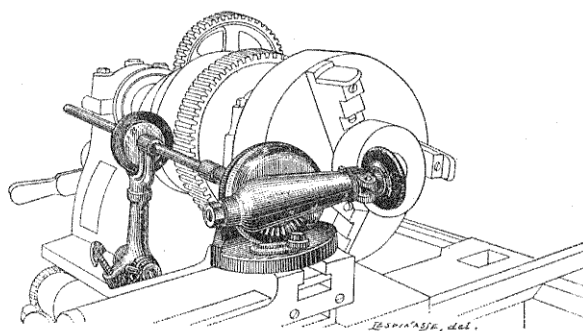


FIG. 143. — Appareil Heald à rectifier sur le tour, commandé par galet de friction.

constructeurs dont nous avons parlé plus haut.

La meule est commandée par le cône même du tour, au moyen d'un galet de friction de 76 millimètres de diamètre, que l'on appuie contre le plus grand étage du cône. La pointe du tour est ainsi absolument dégagée et libre ; par suite, on peut monter la pièce de la façon la plus convenable pour son exécution.

Le mouvement est transmis du galet à fric-

Meulage et rectification

tion à la broche porte-meule par l'intermédiaire d'un arbre de 11 millimètres de diamètre, d'un joint universel et d'un jeu d'engrenages coniques dans le rapport de 3 à 1. L'un de ces engrenages est en fibre de façon à les rendre silencieux, même en marche à grande vitesse.

La broche de la meule, en acier et rectifiée, a

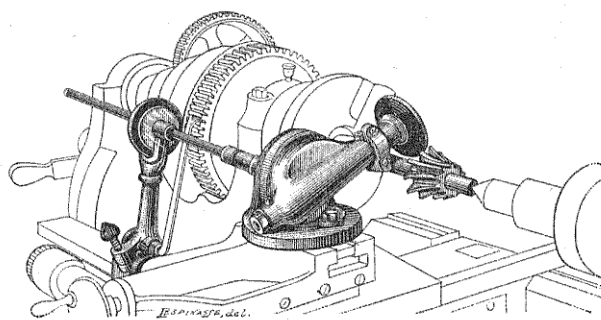


FIG. 144. — Appareil de la figure 143 employé à l'affûtage d'une fraise de forme.

11 millimètres de diamètre et 222 millimètres de longueur. La hauteur de son axe au-dessus de la face d'appui de l'appareil est de 57 millimètres.

Pour modifier la vitesse de la meule, il suffit de déplacer le galet de friction d'un étage à l'autre du tour ou encore de changer la courroie de commande d'un étage à l'autre. On peut ainsi obtenir une très grande variation de vitesses.

Le galet de friction est monté sur un bras

Guide du constructeur d'automobiles

oscillant et son appui contre le cône est réglé et assuré par une vis de pression à oreilles. La hauteur du galet est réglable sur son bras suivant la hauteur de la pointe du tour.

Le sabot sur lequel le bras du galet pivote peut être réglé et fixé en un point quelconque sur le banc du tour.

L'axe d'articulation du bras se prolonge par une tige recourbée en forme de crochet qui vient s'engager dans les dents de la roue d'avant, de la poupée du tour, et rend la pointe fixe. Dans une certaine mesure, ce crochet peut servir d'index pour diviser les pièces montées entre pointes, ou en l'air.

Lorsqu'il faut faire tourner la broche du tour pour la rectification de pièces montées en l'air ou entre pointes, ce crochet est abaissé dans la position verticale opposée.

La base de l'appareil est pivotante sur le chariot du tour, de façon à régler la broche sous un angle quelconque dans le plan horizontal ; elle est ensuite bloquée en place par deux boulons. Elle est de forme elliptique, de 100 et 140 millimètres d'axes.

Le coussinet de la broche peut, de son côté, pivoter verticalement sur la base de façon à régler la broche à tout angle désiré au-dessus ou au-dessous de l'horizontale et présenter ainsi la meule à toute hauteur désirable par rapport à l'axe de la pièce. Cette inclinaison est lue sur une graduation en degrés sur l'appareil.

La figure 143 montre, à titre d'exemple, cet appareil employé à la rectification de la face

Meulage et rectification

d'une bague. On emploie pour cela une meule ordinaire, et la pièce serrée dans le mandrin du tour tourne entraînée par le cône.

On peut rectifier de la même façon les côtés des fraises, des bagues, des douilles, etc., avec la certitude que les faces du trou seront bien

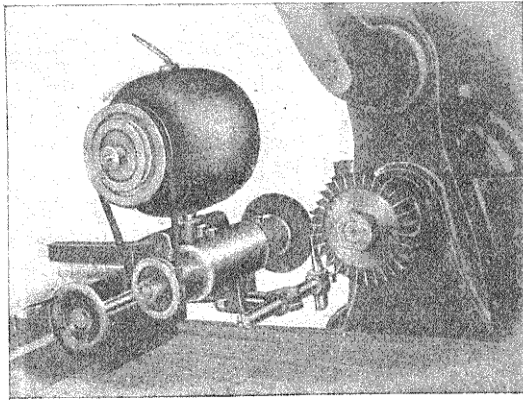


FIG. 145. — Appareil Heald à rectifier sur le tour avec commande par moteur électrique.

parallèles et de plus perpendiculaires à l'axe de ce dernier.

La figure 144 représente le même appareil employé à l'affûtage d'une fraise de forme (voir chapitre VII). Pour cela on emploie une meule de forme cuvette et la broche est inclinée de façon que la face de la meule se trouve dans le plan passant par l'axe de la fraise.

On peut affûter de la même manière les tarauds et les alésoirs.

Guide du constructeur d'automobiles

La figure 145 montre un appareil analogue au précédent, construit également par la « Heald Machine Co ». Ici, la commande de la meule, au lieu de se faire par le cône du tour, est obtenue au moyen d'un petit moteur électrique.

L'appareil se fixe dans le porte-outil du tour par une queue à section rectangulaire de 16×45 millimètres et de 190 millimètres de longueur, sur la face de laquelle il peut s'incliner légèrement d'après une graduation.

Une rallonge de broche sert pour la rectification intérieure; on peut meuler des trous depuis 10 millimètres de diamètre.

Le moteur électrique est monté au-dessus de la meule et parallèlement à elle; il l'actionne au moyen d'un cône à deux étages et d'une courroie ronde, comme le représente la figure.

L'appareil peut se monter également sur des étaux-limeurs, des raboteuses et des fraiseuses.

La figure 145 le montre employé à l'affûtage d'une fraise en place sur sa machine, ce qui est la seule façon d'obtenir une fraise tournant rond sur une fraiseuse de construction médiocre.

CHAPITRE X

L'Alésage.

L'*alésage* est l'opération par laquelle on tourne la surface intérieure d'un cylindre creux. C'est donc une opération particulièrement intéressante dans la construction automobile, puisque c'est par alésage que l'on usine la surface intérieure des cylindres de moteurs.

On alèse aussi les portées des carters de moteurs, de changements de vitesses, etc.

Lorsque le diamètre du cylindre à aléser est inférieur à 20 centimètres, on opère avec avantage sur la machine à percer (voir plus loin), mais, lorsqu'il s'agit d'aléser des cylindres de plus grand diamètre, il faut faire usage de machines spéciales à aléser.

Nous avons donné dans le tome I^{er} (chapitre VIII) la description générale des machines à aléser.

La figure 146 montre un autre modèle de machine à aléser de la maison Louis Besse, machine de construction perfectionnée et tout particulièrement adaptée à l'industrie automobile.

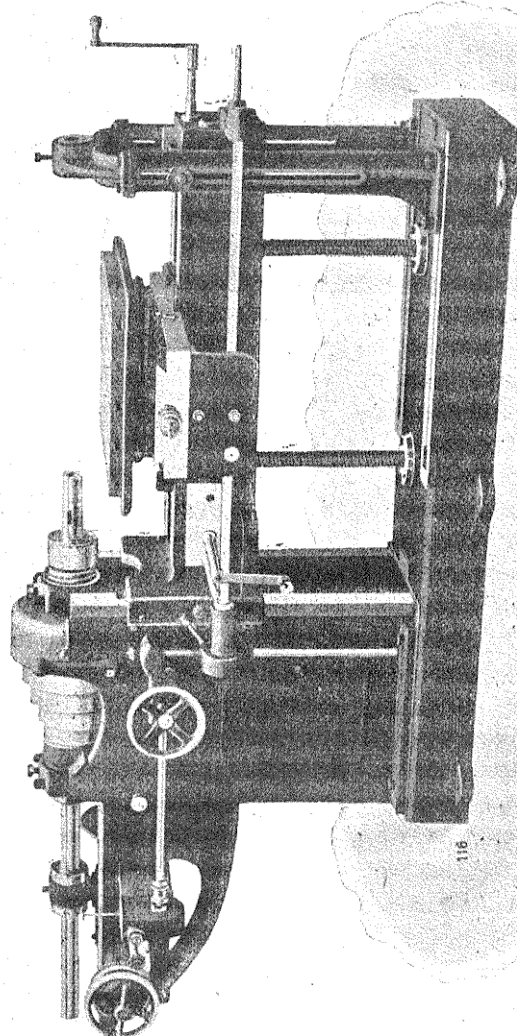


Fig. 146. — Machine à aléser L. Besse.

L'Alésage

Comme on le voit nettement sur cette figure, le cylindre à aléser est immobile et c'est l'outil qui seul se déplace.

Dans cette machine, qui est assez typique pour que nous puissions la donner comme seul exemple de machine à aléser, l'arbre principal est creux et en acier Bessemer, la barre d'alésage est en acier fondu.

La rotation de la barre se fait à 4 vitesses comprises entre 6 et 160 tours par minute, pour le modèle représenté (le nombre de vitesses et les limites varient avec les modèles).

L'avance de la barre s'opère au moyen d'un disque à friction; il en résulte que l'on peut varier à volonté les vitesses d'avance entre 0 et 4 millimètres par tour de la barre.

La barre d'alésage se déplace rapidement et facilement dans toute sa longueur, au moyen d'un volant à main et d'un pignon en prise avec une crémaillère; cette barre peut être enlevée facilement.

La table supérieure, à rainures, tourne sur un disque gradué de 360°; un verrou commandé par un ressort permet de déterminer instantanément les quatre positions principales.

La table supérieure se déplace en outre à la main sur la table inférieure parallèlement et perpendiculairement à l'arbre principal.

La table inférieure repose sur deux vis.

Toutes les mises au point et toutes les manœuvres à la main s'opèrent au moyen de volants et de manivelles disposés commodément.

La lunette se déplace sur une plaque d'assise

Guide du constructeur d'automobiles

dans le sens longitudinal ; elle est assemblée par des boulons à la table inférieure dès que cette dernière est réglée en hauteur et lui donne ainsi plus de maintien.

Un calibre supplémentaire permet de déterminer, en un point commode de la machine, la distance exacte (au 1/10 de millimètre) entre le milieu de l'arbre central et la surface de la table.

On procède de même pour le déplacement transversal de la table dans le plan horizontal.

On peut, par ce moyen, s'éviter de tracer à l'avance les trous à aléser sur les pièces à travailler.

La machine que représente la figure 146 permet d'aléser un diamètre maximum de 400 millimètres sur une longueur de 650 millimètres, la longueur totale de la plaque d'assise étant de 2 m. 30 et la largeur de la table supérieure à rainures étant de 600 millimètres.

L'alésage des cylindres de moteurs est une opération de très grande importance. Elle demande en effet de grands soins pour obtenir la précision indispensable au bon rendement du moteur.

L'alésage d'un cylindre peut se faire sur la machine à aléser ou au moyen d'une perceuse transformée.

I. *Alésage sur la machine à aléser.* — La pièce à aléser est fixée sur la table de la machine ; on place, évidemment, le cylindre de manière que son axe soit rigoureusement parallèle à la

L'Alésage

barre porte-outil. Les divers mouvements que possèdent les machines à aléser (voir plus haut) rendent relativement facile ce réglage de la position du cylindre à aléser.

Pour l'alésage, le cylindre fixé sur la table reste immobile : c'est l'outil (ou les outils, car l'on fait usage parfois de plusieurs outils travaillant simultanément) qui se déplace : il est animé d'un mouvement de rotation et d'un mouvement d'avance.

Il résulte évidemment de ce mode de travail que la barre ou arbre porte-outils doit avoir une longueur un peu supérieure à la longueur du cylindre à aléser.

Voici quelles sont, d'après G. Franche (1) les vitesses circonférencielles qu'il convient de donner à l'outil à aléser suivant les métaux travaillés :

Pour le fer : de 60 à 70 millimètres.

Pour l'acier : de 25 à 35 millimètres.

Pour la fonte dure : de 6 à 12 millimètres.

Pour la fonte ordinaire : de 50 à 60 millimètres.

Pour le bronze : de 90 à 150 millimètres.

Ces vitesses peuvent être augmentées si l'on fait usage d'outils en aciers spéciaux (voir tome II, première partie, chapitre IV).

II. — *Alésage sur la perceuse.* — Un praticien distingué, M. A. Kécheur, recommande l'emploi

(1) G. Franche, *Manuel de l'ouvrier mécanicien.*

Guide du constructeur d'automobiles

de la perceuse américaine à colonne pour l'alésage des cylindres de moteurs d'automobile. Nous empruntons au travail très intéressant qu'il a consacré à cette question dans « La Machine moderne » (avril et mai 1907) les notes suivantes sur l'alésage.

M. Kécheur préconise donc la perceuse américaine à colonne, modèle de 26 pouces pour les alésages de moins de 120 millimètres de diamètre, modèle de 28 pouces pour les alésages jusqu'à 200 millimètres de diamètre.

Il reproche à l'aléseuse horizontale de donner lieu à un montage difficile de la pièce; le dégagement des copeaux est difficile; de plus, leur séjour dans le cylindre contribue à échauffer celui-ci et, d'autre part, la rapidité d'exécution paraît très inférieure.

Certaines usines emploient le *tour vertical* pour l'alésage des cylindres de moteurs. Il semble bien, à l'avantage de la perceuse, qu'il soit plus facile de concevoir un appareil de fixation et de centrage du cylindre, celui-ci étant immobile pendant le travail. En effet, monté sur le plateau d'un tour vertical, un cylindre constitue une masse en mouvement mal équilibrée et sujette à toutes les vibrations. D'autre part, si même on arrive à annuler tout effort centrifuge sur l'axe du tour, il n'en reste pas moins établi que l'on travaille en porte-à-faux sur cet axe qui évidemment, ne présente pas les mêmes garanties de rigidité qu'une base fixe.

L'expérience a démontré que le travail est plus parfait avec la perceuse qu'avec le tour vertical.

L'Alésage

Ceci dit, voici comment on transforme la perceuse à colonne en aléseuse verticale, d'après M. Kécheur :

La machine étant solidement assujettie et nivelée sur un massif, on fera tout d'abord un aiguillage très soigné de la base avec la broche. La correction du plan et de l'axe étant acquise, on enlève le plateau de son support et on le fixe le plus haut possible sur la colonne, en le goupillant sur celle-ci ; on a soin de mettre une cale pour combler le trait de scie qui était destiné à assurer le serrage du plateau dans son support ; on bloque une fois pour toutes ce serrage sur la cale que l'on vient de placer, et, au moyen de la broche de la machine, on pratique dans ce support un alésage aussi parfait que possible.

Dans cet alésage, on emmanche, à force, une bague aux lieu et place du plateau de la machine à percer. Cette bague se compose d'un corps en acier, à l'intérieur et à chaque extrémité duquel sont pratiqués deux cônes opposés par le tournant, destinés à recevoir chacun une bague convenablement sectionnée de manière à ce que, sous la poussée d'écrous *ad hoc*, leur plus ou moins grande pénétration dans leur logement conique rattrape le jeu qui peut se produire pour l'usure entre ces bagues et le porte-outil qu'elles guident.

Il convient d'établir les bagues sectionnées en bronze phosphoreux de première qualité. Le porte-outil sera en acier cémenté, trempé et rectifié.

Guide du constructeur d'automobiles

Ce porte-outil est terminé à son extrémité supérieure par un cône Morse (extérieur) et, à son extrémité inférieure par un cône semblable (intérieur).

Le premier cône fixe le porte-outil dans la broche de la machine, le second est destiné à recevoir l'outil d'alésage.

Cet outil est amovible, facilement démontable sans dérèglage ; il porte les *grains* d'alésage.

L'affûtage des grains doit se faire après rectification en pointes : il est très important que leur arête coïncide exactement avec les générations du cylindre qu'ils doivent aléser.

Après cette rectification cylindrique de l'arête émoussée, on affûte sur le devant de l'outil, comme dans le cas d'une fraise à profil constant,

On règle enfin rigoureusement le diamètre des grains au diamètre de l'alésage que l'on veut obtenir au moyen d'un micromètre spécial.

Pour obtenir un bon résultat, il est nécessaire de faire l'alésage en deux passes, en laissant, pour la seconde, assez peu de matière à enlever. Cette deuxième passe sera tout particulièrement soignée ; elle constituera le finissage du cylindre.

Contrairement à ce qu'on est tenté de croire *a priori*, il ne faut pas laisser trop peu de matière à prendre à la passe de finition ; 3 millimètres, sur le diamètre, est un minimum, si on veut obtenir une surface travaillée très propre.

En laissant trop peu de matière à enlever par l'outil de finition, celui-ci ne rencontrant aucune résistance, tourne, pour ainsi dire, fou et obéit

L'Alésage

à toutes les vibrations dues à la transmission du mouvement et, la plupart du temps, il reproduit en ondes plus ou moins sinueuses la marche des engrenages qui commandent son mouvement. Il faut donc créer une résistance pour annihiler ces vibrations ; c'est pourquoi il convient de laisser au moins 3 millimètres de matière à enlever pour finir (Kecheur).

On peut, dans certains cas, se servir d'un outil à deux tranchants placés l'un derrière l'autre : l'alésage peut être ainsi achevé en une seule opération, le premier tranchant faisant le dégrossissage et l'autre venant, par derrière, opérer le finissage. On peut ensuite, si on le désire, faire une nouvelle passe très légère destinée à faire un dernier finissage-polissage de la surface interne du cylindre.

Ce qui est *absolument essentiel*, c'est de *faire chaque passe d'une seule fois*, sans arrêter la machine un seul instant, si peu que ce soit.

En effet, le moindre arrêt donne lieu à des ressauts, à des reprises visibles à l'intérieur du cylindre, et on conçoit sans peine combien un tel défaut serait grave pour un cylindre de moteur surtout.

Ce fait est dû probablement à l'échauffement, pendant le travail, de la pièce travaillée et de l'outil. Pendant l'arrêt, le tout se refroidit inégalement, à des vitesses différentes, par suite de la différence de masse du cylindre et de l'outil, et il en résulte que l'outil, à la reprise du travail, ne vient pas attaquer le cylindre

Guide du constructeur d'automobiles

exactement au point où il se trouvait au moment de l'arrêt de la machine.

Pour obtenir un bon alésage, il faut donc, nous ne saurions trop le répéter, aléser toute la longueur en une seule passe et n'arrêter la machine que lorsque toute la longueur du cylindre est alésée.

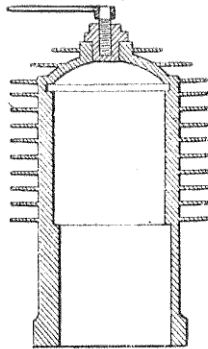


FIG. 147.

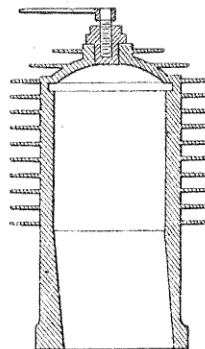


FIG. 148.

Exemples de cylindres mal alésés.

Il arrive même quelquefois, dans des ateliers de réparation mal outillés, que l'on opère le réalésage d'un cylindre de moteur dans des conditions encore plus défectueuses : la machine dont dispose l'atelier ayant une course de la barre d'alésage inférieure à la longueur du cylindre à aléser, l'ouvrier commence par aléser la moitié, par exemple, de la longueur du cylindre. Puis, après avoir retourné bout pour bout le cylindre, il opère l'alésage de l'autre moitié.

L'Alésage

Il est évident que, dans ces conditions, quelle que soit l'habileté de l'ouvrier, quelles que soient les précautions qu'il apporte dans le montage du cylindre sur la table de l'aléreuse, l'axe du premier alésage ne coïncidera pas avec l'axe du second et l'on aura un cylindre alésé comme sur les figures 147 et 148 qui montrent, en l'exagérant, le défaut inévitable dans une telle opération.

Toutes les fois qu'il y aura lieu de réaléser un cylindre de moteur, on ne devra donc pas hésiter à le donner à une usine bien outillée ou, mieux encore, à l'envoyer au constructeur même du moteur qui pourra, mieux que personne, remettre en état le cylindre (1).

Degré de précision de l'alésage des cylindres de moteurs. Tolérance. — Les deux conditions essentielles que doit remplir un cylindre de moteur sont les suivantes :

- 1° Il doit être rigoureusement cylindrique :
- 2° Il doit avoir son axe perpendiculaire au plan de la bride d'attache du cylindre sur le bâti du moteur.

En outre, tous les alésages pratiqués sur des cylindres d'un même type de moteur doivent avoir le même diamètre. La différence entre deux alésages de 100 millimètres de diamètre ne

(1) Ce réalésage est quelquefois nécessaire pour certains moteurs horizontaux dans lesquels, après un long service, il se produit une ovalisation appréciable du cylindre.

Guide du constructeur d'automobiles

doit pas être supérieure à $15/1000$ de millimètre en plus ou en moins ; en d'autres termes, la *tolérance* sera de $3/100$.

Comme règle générale, on peut admettre, D étant le diamètre (ou l'alésage, suivant l'expression courante), une tolérance de $3 D/10.000$, pour les alésages de 50 à 80 millimètres et de $4 D/10.000$, pour les alésages de 80 à 200 millimètres.

Cette approximation minimum est nécessaire pour deux raisons.

1° pour assurer le parfait ajustage des segments, étant donné que ceux-ci sont fabriqués en série et rigoureusement identiques ;

2° pour assurer la parfaite interchangeabilité des trois pièces : cylindre, piston et segment. Cette raison découle directement de la première (Kecheur).

Le rodage. — L'alésage étant terminé sur la machine à aléser, il faut encore, pour les cylindres de moteurs, leur faire subir l'opération dite du **rodage**.

Ce rodage est destiné à faire disparaître complètement la trace de l'outil, toujours un peu visible à la surface intérieure du cylindre, malgré tous les soins apportés à l'alésage.

Le rodage se fait au moyen d'émeri en poudre : le moteur est monté, puis on le fait tourner, à pleine charge, pendant un temps plus ou moins long. Dans les usines d'automobiles, on rode généralement les moteurs en les faisant tourner, dans ces conditions, pendant deux jours.

L'Alésage

Cette opération se fait le plus souvent dans la salle d'essais.

Le moteur est ensuite démonté et soigneusement vérifié (pour constater l'efficacité du rodage, pour voir si les segments portent bien partout), puis remonté pour être soumis au réglage et aux essais. (Voir chapitre xiv).

CHAPITRE XI

Travaux divers, Vérification et montage.

Dans les chapitres précédents, nous avons étudié les principales opérations qu'il faut faire subir aux organes d'une voiture automobile pour les amener à leur forme définitive, à leur forme d'utilisation. Il ne nous reste plus qu'à dire quelques mots d'opérations de moindre importance, avant de parler de la vérification des pièces et du montage.

Perçage. — Nombreuses sont les pièces dans lesquelles il faut percer des trous, soit pour laisser passer des boulons d'assemblage, soit pour le passage des tiges de certains organes ou de barres ou tiges de manœuvres.

Sauf dans les cas assez rares où l'on effectue le perçage sur le tour (voir plus haut, chapitre v), cette opération est exécutée au moyen des machines spéciales dites perceuses ou machines à percer (voir tome I^{er}, chapitre vii).

Nous ne citerons que pour mémoire le perçage

Travaux divers, vérification et montage

au moyen d'instruments à main (foret à rouleau et archet, figures 149 et 150, vilebrequin, drille); ces instruments ne s'emploient guère que comme moyen de fortune pour une réparation dans de petits ateliers. Ils ne sauraient convenir, en tous cas, que pour le forage des trous de faible diamètre; en outre, le travail obtenu manque totalement de précision.

C'est donc avec des perceuses que l'on effectue dans les usines de construction automobile l'opération du perçage.

Les perceuses sont *à bras* (tome I^{er}, figures 157 à 161), *à pédale* (*idem*, figures 162 et 163) ou, le plus souvent, *au moteur* (*idem*, figures 164 et suivantes). Les usines de construction d'automobiles emploient beaucoup les *perceuses mul-*



FIG. 149.
Foret à rouleau.



FIG. 150. — Archet pour foret à rouleau.

tiples, dont la figure 151 est un exemple : ces machines ont, en effet, le précieux avantage de percer simultanément plusieurs trous, ce qui réduit les opérations de montage des pièces à percer sur la machine, et réalise, par conséquent, une économie appréciable de main-d'œuvre.

L'outil employé sur les perceuses est le *foret* ou *mèche* (voir tome I^{er}, chapitre VII, pages 262 et suivantes).

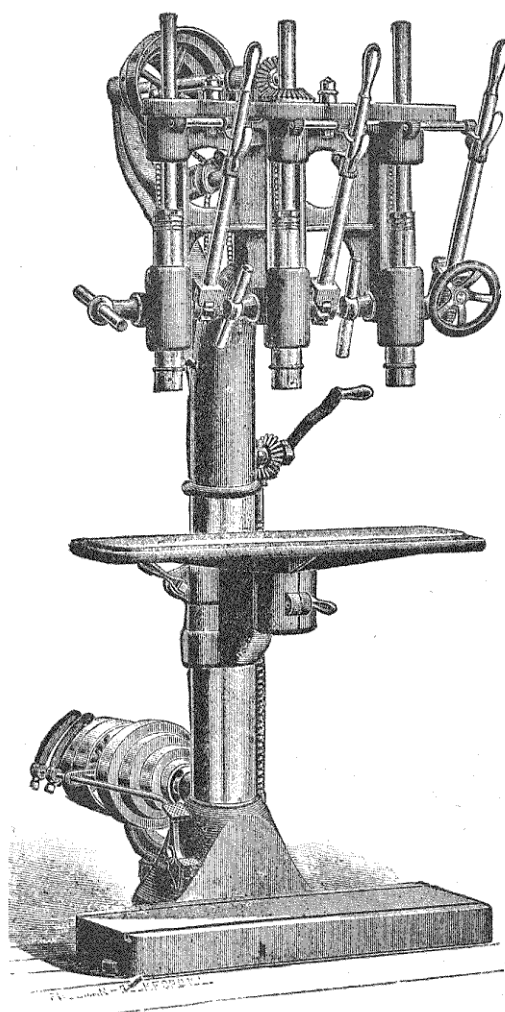


FIG. 151. — Perceuse multiple.

Travaux divers, vérification et montage

La largeur du foret doit être, évidemment, égale au diamètre du trou à obtenir; l'outil tourne autour de son axe; par suite de cette rotation du foret, celui-ci doit présenter deux bords tranchants qui se rencontrent sur l'axe de l'outil, en formant avec ledit axe un angle variable avec les modèles de forets (voir *affûtage des forets*, tome I^{er}, page 331). Cet angle n'est presque jamais inférieur à 80° ni supérieur à 160°. En général, l'angle est de 100 à 120° et il est d'autant plus grand que le diamètre du trou à percer est lui-même plus grand.

Les petits forets ont leur deux tranchants également aignés des deux côtés.

Les tranchants de tous les grands forets, au contraire, ne sont aignés que d'un seul côté, ce qui ne leur permet d'attaquer le métal qu'en tournant dans une seule direction, mais ce qui rend leur action plus efficace que lorsque les tranchants sont aignés des deux côtés. On les appelle *forets à un tranchant*, par opposition aux premiers qui sont dits *forets à deux tranchants* (Ledebur).

Le centre du trou à percer est généralement marqué, au traçage, d'un coup de pointeau qui sert de repère pour placer la pointe du foret.

Le foret doit être forgé assez plat pour laisser un passage suffisant aux copeaux, dans le cas des forets à langue d'aspic ou des mèches à centre.

Dans les forets à spirale ou mèches américaines, les copeaux suivent les rainures hélicoïdales et s'échappent très bien.

Guide du constructeur d'automobiles

Vitesse des forets. — Pour la vitesse de rotation des forets, Hartig donne les chiffres suivants :

Pour le forage de l'acier : 30 à 40 $\frac{m}{m}$ par seconde ;

Pour le forage de la fonte : 60 à 70 $\frac{m}{m}$ par seconde ;

Pour le forage du fer forgé : 70 à 80 $\frac{m}{m}$ par seconde ;

Pour le forage du laiton et du bronze : 100 à 120 $\frac{m}{m}$ par seconde.

L'avancement pour chaque tour du foret est de $\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{14}$ de millimètre.

(Nous avons donné dans le II^e volume, I^{re} partie, chapitre iv, pages 30 et suivantes, les chiffres à adopter dans le cas de forets en aciers « rapides ».)

Rabotage et dressage. — Le rabotage et le dressage des pièces peuvent se faire suivant les cas, à la machine à raboter (ou à l'étau-limeur), à la fraiseuse ou sur le tour.

Dans la construction automobile, on emploie beaucoup la fraiseuse pour le rabotage, car cette opération se fait, sur ces machines, dans des conditions d'économie, de précision et de rapidité que ne sauraient donner les machines à raboter. Nous avons déjà eu l'occasion de mettre en évidence ces avantages de la fraiseuse sur la raboteuse (1), nous n'y reviendrons donc pas ici.

(1) Tome I^{er}, page 210.

Travaux divers, vérification et montage

L'opération du rabotage ou du dressage est d'une grande simplicité et se comprend aisément, sans qu'il soit besoin d'entrer dans des détails :

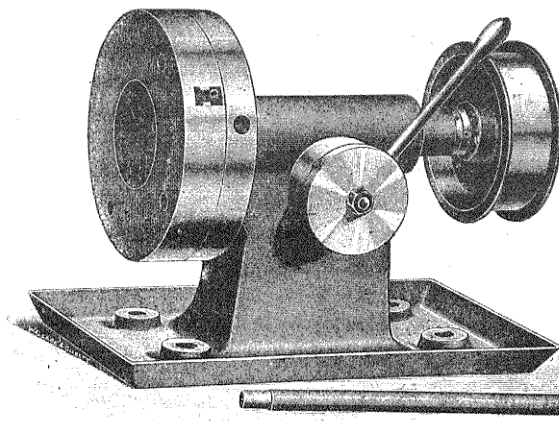


FIG. 152. — Machine à centrer d'établi.

elle a pour but d'obtenir sur une pièce une face plane, en enlevant de la matière jusqu'au trait marqué par l'ouvrier traceur.

Mortaisage. — Le mortaisage est l'opération par laquelle on creuse dans une pièce une mortaise, ou rainure rectiligne. Il peut également s'exécuter sur les trois genres de machines énumérées pour le rabotage.

Avec le mortaisage, nous terminons l'examen des opérations fondamentales au moyen desquelles on exécute les pièces composant une voiture automobile. Il nous resterait à parler

Guide du constructeur d'automobiles

de la soudure, du brasage, du rivetage, etc., mais ces opérations ne s'appliquent qu'à des organes particuliers et sont du ressort de la chaudronnerie, art un peu spécial qui fera l'objet du chapitre suivant.

Les organes essentiels d'une voiture, moteur, changement de vitesse, différentiel, embrayage, direction, etc., sont fabriqués au moyen des opérations, des outils et des machines que nous venons de passer en revue.

A titre d'exemples, nous dirons quelques mots de l'usinage de deux pièces importantes d'une voiture, les cylindres de moteur et les vilebrequins.

Usinage des cylindres des moteurs. — Nous avons déjà vu, au chapitre précédent, comment se fait l'alésage des cylindres de moteur. Mais avant de procéder à l'alésage d'un cylindre, il faut lui faire subir un certain nombre d'opérations préparatoires dont nous allons parler maintenant.

Nous supposons, dans ce qui va suivre, qu'il s'agit de cylindres venus de fonte par unités, c'est-à-dire de ceux qui forment les moteurs dits à cylindres séparés.

Le cylindre arrivant brut de fonderie, il convient de lui faire subir tout d'abord un *décapage* dans un bain à 10% d'acide chlorhydrique. On peut activer l'action de ce bain en le réchauffant par un jet de vapeur à 60° C. environ.

Travaux divers, vérification et montage

Au sortir du bain de décapage, le cylindre est lavé et séché, puis soigneusement *désablé*. On le soumet alors à un premier essai à la presse hydraulique, à 7 kilogrammes par centimètre carré.

Pendant cet essai, on examinera l'intérieur du cylindre avec grande attention, surtout aux endroits où des parois de faible épaisseur se rattachent avec des masses de métal, car c'est là généralement que se produisent des criques dues toujours au retrait pendant le refroidissement de la coulée.

Si l'essai révèle des fuites importantes, le cylindre doit, le plus souvent, être rebuté. Si les fuites sont de peu d'importance, on peut recourir au moyen suivant, qui est quelquefois suffisant pour obtenir l'étanchéité :

Faire dissoudre dans l'eau du sulfate de cuivre dans la proportion d'un dixième environ, et employer cette solution pour l'essai du cylindre en poussant la pression jusqu'à suintement à travers la fente à boucher. Le dépôt de cuivre qui se forme dans l'interstice de la fente est quelquefois suffisant pour obstruer complètement une fente peu importante.

Il est évident que pour l'essai à la presse hydraulique, il faut que tous les trous venus de fonte sur l'enveloppe de la circulation soient hermétiquement bouchés. Dans la généralité des cas on perce et on taraude ces trous pour pouvoir y visser des bouchons appelés à faire joint et à assurer ainsi l'étanchéité de la chambre de circulation. Si le cylindre est reconnu mauvais

Guide du constructeur d'automobiles

toute la main-d'œuvre de perçage et de taraudage est entièrement perdu.

M. Kecheur a imaginé un bouchon amovible très simple s'appliquant directement dans les trous venus bruts de fonderie et permettant de mettre rapidement et à très peu de frais le cylindre en état de subir le premier essai.

Ce bouchon est essentiellement constitué par une rondelle de caoutchouc de diamètre légèrement inférieur à celui du trou qu'il s'agit de boucher. Une fois en place, cette rondelle est comprimée par un anneau métallique, en visant un écrou disposé à cette effet. En s'écrasant sous cette compression, la rondelle de caoutchouc augmente de diamètre et arrive à obstruer d'une façon très parfaite le trou qu'il s'agit de boucher provisoirement.

Toutes ces opérations préparatoires étant terminées, et le cylindre étant reconnu bon, on le dirige vers la fabrication proprement dite.

La première opération est le dressage de la partie supérieure. Pour que ce dressage soit fait avec précision, il importe de donner à l'ouvrier un point de départ absolu, de façon que cette première opération soit exécutée aux demandes des cotes des dessins, et aussi suivant un partage rationnel de la matière. Ce premier travail de dressage sert ainsi de base pour toutes les opérations qui suivront.

Pour obtenir ce résultat, on place le cylindre dans une boîte (constituant un « montage ») dans l'intérieur de laquelle est une tige de lon-

Travaux divers, vérification et montage

gueur convenable; le cylindre porte par le fond de la chambre d'explosion sur cette tige.

Des vis placées dans les parois de la boîte sont approchées au contact de la partie cylindrique inférieure du cylindre. Le centrage est complété par l'emploi d'un *calibre de centrage* en tôle se posant sur la partie supérieure du montage. Ce calibre présente deux trous correspondant aux emplacements des sièges de soupapes; il suffira de faire coïncider ces trous avec les dits emplacements pour que le centrage du cylindre soit fait. Des vis permettent de fixer en place le cylindre ainsi centré.

Ce centrage est fait très rapidement et évite tout traçage.

Le cylindre est alors fraisé sur sa partie supérieure. On conçoit bien que pour obtenir la cote demandée, il suffit de régler la fraise à la distance voulue de la tige de la boîte, c'est-à-dire du fond de la chambre d'explosion. Ce réglage est fait, bien entendu, une fois pour toutes.

Cette opération de fraisage étant pratiquée, le point de départ est acquis.

En effet, nous avons ainsi dressé une face perpendiculaire à l'axe du cylindre et à la cote exacte, celle-ci partant, point essentiel, de la chambre d'explosion. Nous appliquant sur cette face et de préférence au tour vertical, nous dresserons la bride du cylindre et nous tournerons le cordon de centrage si le cylindre en comporte (1).

(1) Pour plus de détails sur ces opérations, voir l'étude de M. Kecheur dans *La Machine moderne* (avril 1907).

Guide du constructeur d'automobiles

On fait alors l'alésage du cylindre. Nous avons vu, dans le chapitre précédent, comment s'effectue cette importante et délicate opération.

Le cylindre une fois alésé, il reste à le finir en tournant les sièges de soupapes, en perceant et taraudant les trous pour les bougies ou les inflammateurs, etc. etc.

Fabrication des vilebrequins. — Les vilebrequins des moteurs peuvent être obtenus de deux façons :

Dans certaines usines on les produit par forgeage, puis on fait l'usinage de ces vilebrequins bruts de forge.

D'autres usines préfèrent préparer les vilebrequins de la manière suivante : sur une plaque d'acier d'épaisseur légèrement supérieure au diamètre que doit avoir l'arbre fini, on trace le vilebrequin, puis on perce des trous d'assez grand diamètre à peu de distance de chacun des angles du tracé, en dehors, bien entendu. Il suffit ensuite de découper, à la scie à métaux, les portions de métal comprises entre deux trous voisins et entre ces trous et le bord de la plaque pour avoir un vilebrequin brut ayant grossièrement la forme demandée. On emploie généralement, à cet effet, des scies à lames sans fin analogues à celles employées pour le bois (1).

Il ne reste plus, alors, qu'à terminer sur le

(1) Voir fig. 224 du I^{er} volume de cet ouvrage.

Travaux divers, vérification et montage

tour l'usinage du vilebrequin comme dans le cas de ceux obtenus par forgeage.

Dans la fabrication d'une voiture automobile, après avoir produit les diverses pièces qui la composent, on en effectue le montage, par organes, avant de procéder au montage de ces organes sur le châssis. En d'autres termes, on commence par monter séparément le moteur, le changement de vitesse, le différentiel, etc., puis on monte ces organes dans leur position relative sur le châssis (1) ; le châssis est ensuite envoyé à l'atelier de chaudronnerie où l'on met en place les réservoirs, les tuyauteries, le silencieux, etc., et, dans la plupart des usines, la canalisation électrique d'allumage, avec tous ses accessoires. Il est donc logique, avant d'aborder les méthodes employées en chaudronnerie, de dire quelques mots de la façon dont est fait le montage.

Mais cette dernière opération est précédée, dans toutes les usines, faisant de la construction soignée, de la vérification des pièces produites par les diverses machines-outils.

Vérification des pièces. — La vérification des pièces a pour but de s'assurer que ces pièces ont été produites avec la précision voulue et que leurs dimensions principales sont bien conformes aux cotes indiquées par le bureau d'études, sauf une tolérance très faible.

(1) Le moteur ayant été au préalable, réglé et essayé au banc (voir chapitres XII et XIII).

Guide du constructeur d'automobiles

Cette vérification rigoureuse est d'une importance absolument capitale car, outre qu'elle facilite grandement l'opération du montage, en évitant tout ajustage (d'où économie de main-d'œuvre et précision plus grande de la construction), elle permet d'obtenir des pièces rigoureusement *interchangeables*. C'est là un avantage précieux pour le propriétaire d'une voiture ; en cas de rupture d'une pièce, loin de l'usine ayant construit sa voiture, il sera assuré, en demandant à l'usine de lui envoyer une rechange (ou en achetant une chez un stockiste), d'obtenir une pièce qui se montera avec la plus grande facilité à la place de la pièce brisée, sans qu'il y ait à se livrer au moindre travail d'ajustage. S'il en était autrement, le malheureux chauffeur se verrait contraint, le plus souvent, à moins d'être mécanicien habile et de posséder un atelier bien monté, d'envoyer à l'usine l'organe malade, ce qui lui occasionnerai de gros frais, sans compter l'ennui d'être privé pendant un temps assez long des services de sa voiture.

Aussi, tous les bons constructeurs font-ils faire, dans leur usine, une vérification rigoureuse des pièces usinées, avant de les mettre en magasin et nous pourrions citer telle grande marque dont le succès est dû, entre autres causes, aux soins apportés à cette vérification et à la composition bien comprise de ses stocks de pièces de rechange ainsi qu'à la répartition de ses stockistes dans toutes les régions.

Pour effectuer cette vérification, on fait

usage de *calibres*, dont nous avons donné des exemples dans le tome I^{er} (chapitre xiv). Ces calibres sont de deux sortes, suivant qu'il s'agit de mesurer des dimensions extérieures ou des dimensions intérieures. L'opération par elle-même ne présente guère de particularités et se comprend aisément.

Supposons que l'ouvrier ait à vérifier une certaine dimension extérieure d'une pièce, cotée à 37 millimètres sur le dessin.

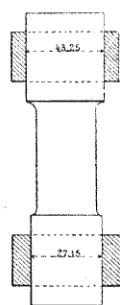


FIG. 154.

Calibre pour vérifier les mesures intérieures.

Il disposera d'un calibre limite, dont la forme rappelle celle d'un compas dont les branches ne seraient pas articulées (figure 153); l'écartement des branches de ce calibre sera, d'un côté,

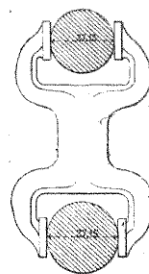


FIG. 153.

Calibre limite pour dimensions extérieures.

37 millimètres *plus* la tolérance (par exemple $37 \frac{m}{m} 05$) et, de l'autre côté, 37 millimètres *moins* la tolérance (soit, par exemple $36 \frac{m}{m} 95$).

En possession de cet outil, l'ouvrier voit rapidement si la pièce vérifiée a, pour la dimension considérée, une valeur comprise entre ces deux limites. S'il n'en est pas ainsi, la pièce doit être impitoyablement refusée.

L'opération est tout à fait analogue dans le cas de vérification des mesures intérieures. On

Guide du constructeur d'automobiles

se sert alors de calibres analogues à celui que représente la figure 154 (1).

Par la même méthode, on vérifie également les sections des orifices d'air des carburateurs, par exemple ; il en est de même, d'une façon générale, pour toutes les cotes importantes.

Montage. — Les pièces ayant été vérifiées et reconnues correctement travaillées, il reste à faire le montage.

Il serait tout à fait inutile d'entrer dans de longs détails à ce sujet ; cela ne serait guère facile non plus et reviendrait simplement à décrire les divers organes d'une voiture automobile.

L'ouvrier monteur aura à mettre en place, dans leur position relative, les diverses pièces qui composent l'organe qu'il est chargé de monter : il est guidé pour faire ce travail par les dessins que lui fournit le bureau d'études. Si les pièces ont été rigoureusement vérifiées, il devra effectuer ce montage sans avoir à faire d'ajustage, les pièces se mettant en place avec facilité.

Une fois ce montage terminé, il reste à faire, pour le moteur, le *réglage*, que nous étudierons au chapitre XIV.

(1) C'est par suite d'une erreur de dessin que la cote 27,15 a été inscrite à la partie inférieure de ce calibre. Celui-ci étant supposé établi pour vérifier une dimension de 43,20, avec une tolérance de 0,05, le calibre doit avoir 43,25 d'un côté ($43,20 + \text{la tolérance}$) et 43,15 de l'autre ($43,20 - \text{la tolérance}$).

CHAPITRE XII

Chaudronnerie

Généralités. — Dans une usine de construction d'automobiles, l'atelier de chaudronnerie est chargé de la confection des réservoirs d'eau et d'essence, de la préparation et du montage des diverses tuyauteries, du silencieux, etc. Il s'occupe aussi du montage de la canalisation électrique pour l'allumage, de la mise en place des graisseurs et, naturellement, de la tuyauterie de graissage.

Ces divers travaux nécessitent l'application d'un certain nombre d'opérations que nous allons passer successivement en revue : le découpage et le pliage des tôles et la courbure des tuyaux sous un angle donné, le rivetage, la soudure, le brasage, la soudure autogène.

Découpage et pliage des tôles. — Pour la confection des réservoirs d'eau et d'essence, le chaudronnier est, le plus souvent, amené à *découper* dans des feuilles de tôle de laiton la forme du réservoir, puis à *plier* cette tôle de

manière à former le parallélépipède qui est la forme la plus usuelle de ces réservoirs (1).

Le découpage des tôles se fait au moyen de *cisailles* : cisailles à main pour les tôles de faible épaisseur et pour les travaux isolés (tome I^{er}, figure 241, page 365), cisailles mécaniques pour les travaux en série.

La cisaille, quel qu'en soit le système, agit sur le métal d'une manière analogue aux ciseaux découpant une feuille de carton, en abattant la matière.

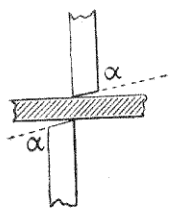


FIG. 178.

La partie agissante des cisailles se compose de deux lames d'acier (tranchants) que l'on fait glisser parallèlement l'une à côté de l'autre, et dont les faces, tournées contre l'objet à décou-

per, font avec la direction du mouvement un angle α de 75 à 85° (figure 178). Que les deux tranchants des cisailles soient mis en mouvement, ou que l'un d'eux reste au repos pendant que l'autre s'avance vers lui, le résultat est le même pour l'effet à produire, et l'on trouve des outils des deux systèmes.

Les tranchants forment une partie des *joues* ou *lames de cisailles* ; ils sont soit d'un seul morceau avec elles, soit fabriqués séparément

(1) Nous ne citerons, en effet, que pour mémoire la fabrication des réservoirs par emboutissage d'une tôle, méthode qui a été pratiquée dans quelques cas très rares.

Chaudronnerie

en acier et fixés dans les cisailles, quant celles-ci sont de grandes dimensions. En plan, les tranchants forment presque toujours une ligne droite (Ledebur.)

La figure 179 représente une cisaille à bras, plus puissante que les cisailles à main. Cet outil

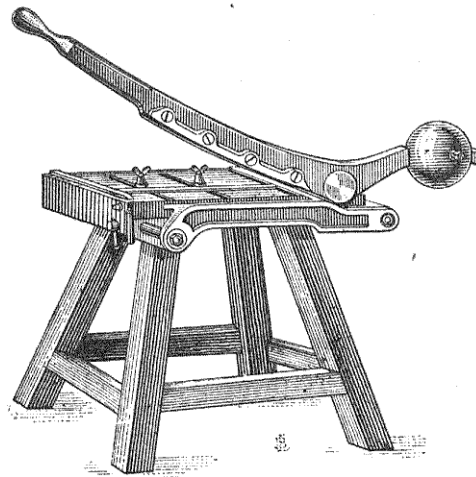


FIG. 179. — Cisaille à bras ou à table.

est dit aussi *cisaille à table*; le tranchant de cette cisaille peut avoir jusqu'à 1 mètre de longueur utile, c'est-à-dire qu'il peut faire dans la tôle des entailles ayant jusqu'à 1 mètre de longueur. Le tranchant inférieur est vissé à la joue en fer qui se trouve devant la table. Le contre-poids, qui se trouve à l'extrémité du levier opposée à la poignée, maintient au repos le

Guide du constructeur d'automobiles

levier dans la position de la figure, ce qui permet d'entrer aisément la tôle à découper.

La cisaille de la figure-180, construite par la

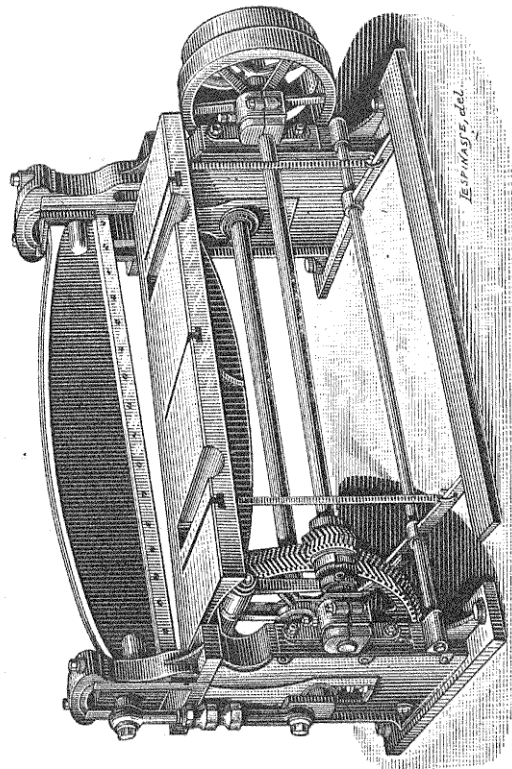


FIG. 180. — Cisaille à guillotine marchant au moteur.

maison Dard, est établie pour marcher au moteur ; le principe en est le même et le fonctionnement se comprend par la simple inspection de la figure.

Cisailles circulaires. — Le tranchant mobile de la cisaille peut avoir aussi une forme circulaire ; en le faisant tourner autour de son centre,

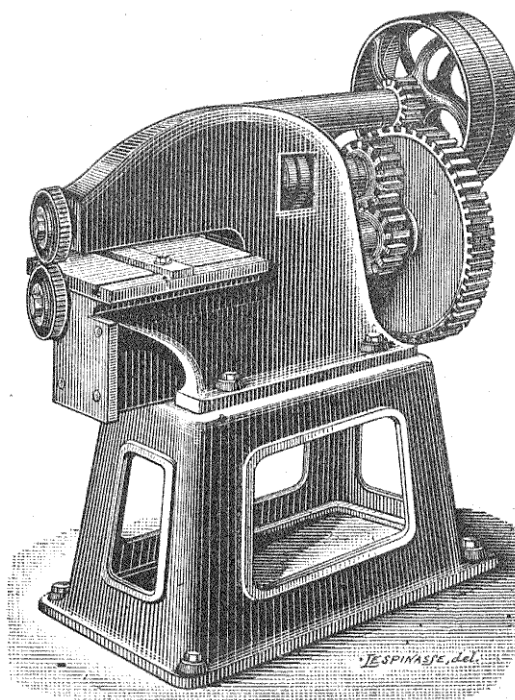


FIG. 181. — Cisaille circulaire.

de manière que chaque point de la circonférence arrive successivement à sectionner, pendant que l'objet avance constamment vers le tranchant, on obtient un angle d'entaille inva-

riable et une pression constante ; l'angle d'entaille, dans le cas d'une cisaille circulaire, est l'angle formé par la tangente au point d'attaque avec la direction du mouvement de l'objet.

Un des tranchants peut être fixe, comme dans les cisailles que nous avons décrites ci-dessus ; il est préférable, cependant, pour obtenir le meilleur effet, de les faire tous deux circulaires et tournant en sens inverse, afin de faciliter l'avancement de l'objet.

Comme la longueur des tranchants des cisailles circulaires n'est pas limitée, elles permettent de faire des entailles d'une longueur quelconque ; ces cisailles ne conviennent guère que pour le découpage des tôles minces (Ledebur.)

La figure 181 représente une cisaille circulaire Dard marchant au moteur.

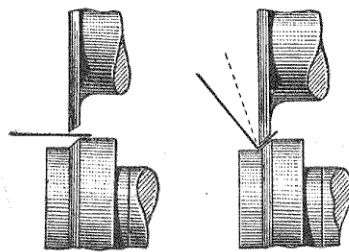


FIG. 182.

FIG. 183.

Les tôles ayant été découpées, suivant le profil voulu, au moyen de l'une de ces cisailles, il reste à les plier pour former le réservoir qu'il s'agit de fabriquer.

Ce *pliage* peut se faire à la main ou au moyen de machines appropriées.

Les machines à plier ou à rouler les tôles consistent, pour la plupart, en un bâti portant

des cylindres d'assez faible diamètre entre lesquels on fait passer la tôle.

Pour les pliages à angle droit, on fait usage de cylindres présentant, en bout, la forme que montrent les figures 182 et 183.

Dans certains cas, on assemble (dans un réservoir à essence, par exemple), la plaque formant le dessus du réservoir aux parois latérales par une pliure double, particulièrement étanche, obtenue par la suite d'opérations que représentent les figures 184 à 187. Dans d'autres cas, on se borne à un simple recouvrement, avec soudure.

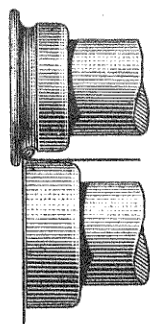


FIG. 184.

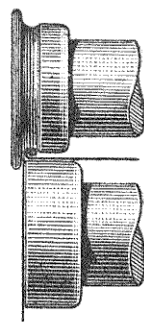
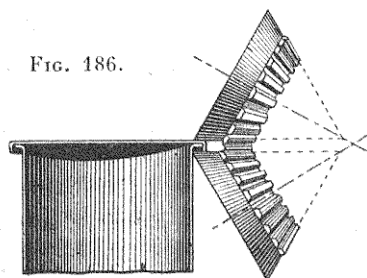


FIG. 185.

FIG. 186.



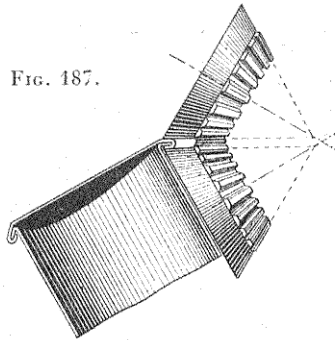
Les figures 184 et 185 montrent comment on fait cette double pliure au moyen de cylindres à cannelure.

Le même résultat peut être obtenu au moyen

de cylindres tronconiques (figures 186 et 187).

Courbure des tuyaux. — Pour courber les tuyaux en cuivre, on commence généralement, par couler du plomb fondu dans le tuyau, puis, lorsque celui-ci a été amené à la forme voulue, on le chauffe pour en retirer le plomb. On évite ainsi que le tuyau ne s'aplatisse au point de

FIG. 187.



courbure, ce qui se produirait sans cette précaution.

La figure 188 représente une machine construite par la maison Dard et permettant de cintrer tous tubes à froid, sans les aplatir ni en déformer la section,

en les courbant sous un angle quelconque et même en forme d'arc de cercle.

Rivetage. — Le rivetage permet de réunir deux tôles d'une façon simple et très solide. Très employé dans la grosse chaudronnerie, le rivetage l'est beaucoup moins dans les petits travaux de chaudronnerie de la construction automobile. Nous n'en dirons donc que quelques mots.

Les deux tôles à réunir sont percées de trous se correspondant exactement d'une tôle à l'autre et placés à des distances entre eux et du bord de la tôle que fait connaître la résistance des matériaux. Dans ces trous sont placés

des *rivets* (figure 189) dont la forme est bien connue ; la tête *t* de ces rivets est souvent dite *tête fixe* ; la tête que l'on forme au moyen du marteau est la *tête d'arrêt*.

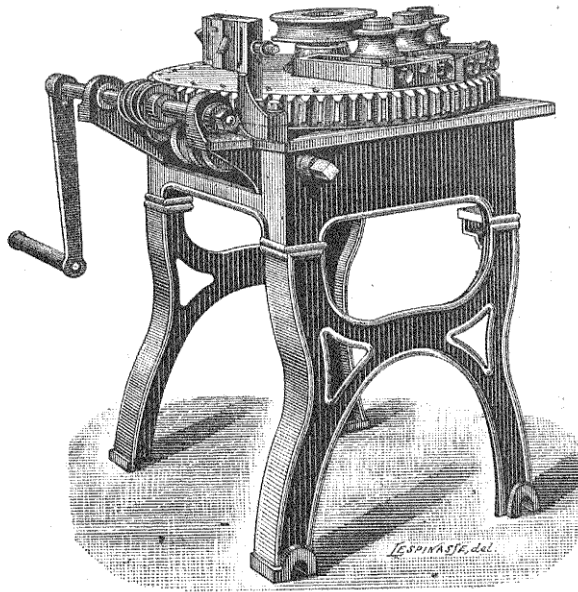


FIG. 188. — Machine Dard à cintrer les tubes à froid.

Les rivets sont en fer lorsqu'il s'agit d'assembler des tôles de fer ou d'acier, et en cuivre rouge pour les tôles de cuivre ou de laiton.

Pour les petits rivets et pour les rivets en cuivre, on opère à froid ; les gros rivets doivent être chauffés au feu de forge ou dans un fourneau spécial.

Le rivet est mis en place dans son trou en le saisissant avec des tenailles, puis, pendant qu'un

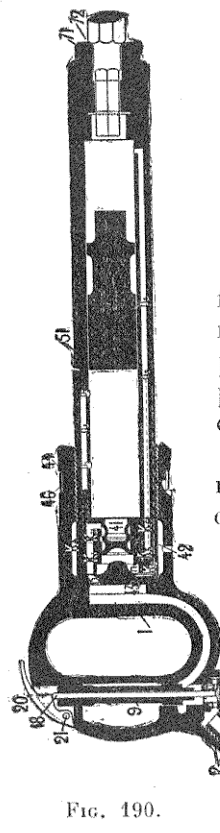


FIG. 190.

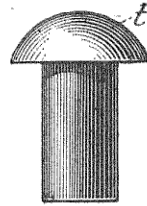


FIG. 189.

ouvrier appuie une sorte de marteau dit *contre-bout-rolle* contre la tête fixe du rivet, un autre ouvrier vient marteler l'autre extrémité pour

former la tête d'arrêt, soit au moyen d'un marteau à air comprimé tel que celui représenté par la figure 190, soit au moyen d'un marteau ordinaire.

Nous ne citerons que pour mémoire les machines à river ou riveuses qui ne s'emploient que pour les travaux de grosse chaudronnerie et ne trouvent, par conséquent, pas d'application dans la construction automobile.

Soudure. — On sait que la soudure est l'opération par laquelle on réunit deux pièces métalliques par un ciment métallique qui reçoit, lui aussi, le nom

Chaudronnerie

de *soudure*. Les soudures les plus employées sont des alliages (voir plus loin).

Pour que la soudure prenne bien, il faut que les surfaces des métaux à réunir soient soigneusement débarrassées de toute trace de corps gras et d'oxydes, en un mot qu'elles soient *parfaitement décapées*.

Les soudures les plus employées pour les travaux de chaudronnerie, dans la construction automobile, sont les *soudures à l'étain* qui permettent de souder le fer-blanc, le zinc, le cuivre et les laitons.

Ces soudures sont essentiellement constituées par des alliages de plomb et d'étain, en proportions variables ; leur teneur en plomb dépend surtout de la température de fusion du métal à souder ; plus cette teneur est élevée et plus est élevée aussi la température de fusion de la soudure.

Les proportions suivantes donnent de bonnes soudures :

Etain 3 parties;

Plomb 2 parties.

ou mieux :

Etain 2 parties;

Plomb 1 partie.

En ajoutant du bismuth, on a une soudure plus fusible, mais moins résistante :

Etain 3 parties;

Plomb 4 parties;

Bismuth..... 2 parties.

Les soudures sont coulées en petites barres ayant communément 250 millimètres de lon-

Guide du constructeur d'automobiles

gueur, 25 millimètres de largeur et 5 millimètres d'épaisseur.

On se sert parfois de soudures dites *dures*, à base de cuivre et de zinc, avec, parfois, une certaine proportion d'étain ; une bonne soudure au cuivre est, par exemple, la suivante :

Déchets de tôle de laiton ..	8 parties;
Zinc	1 à 2 parties.
(Ledebur.)	

Cette soudure convient pour le cuivre, le fer, le laiton et le bronze. A vrai dire, la réunion de deux pièces avec ces alliages est plutôt du brasage que de la soudure.

Les soudures au cuivre ou au laiton sont généralement, pour l'usage, granulées à la grosseur d'un grain de millet, au lieu d'être coulées en barrettes.

Décapage. — Pour décaper les surfaces à souder, on peut se servir de plusieurs substances; les plus connues sont le borax (voir *brasage*), l'acide chlorhydrique (*esprit de sel*), le sel ammoniac, le chlorure de zinc en solution, appelé dans les ateliers *eau à souder* ou *sauce*.

L'esprit de sel n'est employé seul que pour la soudure du zinc ; pour souder les autres métaux, on a soin de le « décomposer », suivant le terme d'atelier. Pour *décomposer l'esprit de sel*, on y fait dissoudre des rognures de zinc jusqu'à saturation. Cela revient donc, on le voit, à faire une solution de chlorure de zinc. Le produit obtenu est appelé de l'*esprit de sel décomposé* ou, simplement, du *décomposé*.

On comprend aisément que cette opération préliminaire soit superflue pour la soudure du zinc, la « décomposition » de l'acide se produisant sur le métal lui-même. On doit avoir soin, dans ce cas, de laver la pièce à l'eau, après la soudure, pour enlever toute trace d'acide qui la rongerait.

L'acide chlorhydrique ou esprit de sel, pur ou décomposé, et, par suite, la solution de chlorure de zinc, agissent en transformant les oxydes qui recouvrent les surfaces à souder en chlorures volatils à la température à laquelle se fait la soudure.

Pratique de la soudure. — L'outil le plus employé pour faire une soudure est le *fer à souder*.



FIG. 191. — Fer à souder.

der ; il est formé (figure 191) d'une pièce de cuivre C fixée à un manche en fer F avec poignée en bois P.

L'outil est chauffé à la forge (1) puis décapé, soit en le trempant dans un décapant liquide, soit en le frottant sur un bloc de sel ammoniac,

(1) Pour chauffer le fer, on doit avoir soin de le poser sur le feu de manière que la tête en cuivre se trouve en haut et ne soit pas au contact du charbon.

puis on fait couler de la soudure sur le tranchant du fer, de manière à l'*étamer*. Cette opération préliminaire est indispensable pour la bonne exécution de la soudure.

On décape alors les surfaces à souder, le plus souvent en les badigeonnant d'esprit de sel

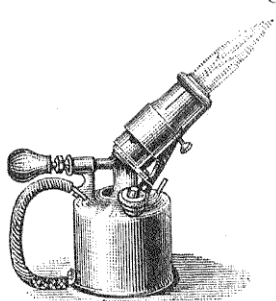


FIG. 192. — Lampe à souder.

décomposé et on les étame en y apportant avec le fer à souder chaud un morceau de soudure d'étain que l'on applique sur le métal. On réunit alors les deux parties dans leur position définitive et l'on fait couler avec le fer le long du joint une goutte de soudure fon-

due, que l'on étale, au besoin, avec l'outil.

L'étamage des surfaces à souder n'est indispensable que pour la soudure du fer; le cuivre se soude très bien sans étamage préalable. Il vaut mieux, toutefois, étamer dans tous les cas les surfaces à assembler.

Pour souder à la soudure au laiton, on se sert d'un *chalumeau* (voir plus loin : *brasage*) ou de la *lampe à souder* (figure 192) bien connue; dans certains cas très rares on opère de la même manière pour la soudure à l'étain; mais le travail est moins précis qu'avec le fer.

Brasage ou brasure. — Le brasage est une variante de la soudure créant une liaison beau-

coup plus résistante entre les pièces à assembler.

Nous avons déjà indiqué plus haut (voir page 328) la composition d'une soudure dite *soudure dure* ou *soudure forte*. C'est avec des alliages de cette nature, généralement à base de cuivre, que se fait le brasage. On se sert aussi, pour une brasure tout à fait soignée, de soudure ou brasure à l'argent que l'on trouve dans le commerce sous le nom de *paillon d'argent*, en lamelles minces.

Ces alliages sont souvent appelés eux-mêmes *brasures*.

L'exécution d'une brasure nécessite une source de chaleur plus considérable que la soudure et ne peut, par suite, pas se faire avec le fer à souder ; mais, lorsque l'opération est bien faite, les pièces assemblées ont la même résistance que le métal lui-même.

La substance employée pour *décaper* les surfaces à réunir par la brasure est presque toujours le *borax* en poudre, qui a la propriété de dissoudre les oxydes et de les vitrifier à la température de sa fusion.

Pour faire une brasure, on opère de la manière suivante :

Les surfaces à assembler sont tout d'abord limées avec une lime douce, puis réunies dans la position qu'elles doivent avoir après brasure et ligaturées fortement avec du fil de fer. On recouvre alors de brasure en limaille ou en grains très fins le joint à braser et on saupoudre le tout de borax en poudre, sans excès.

La pièce ainsi préparée est posée sur un lit

Guide du constructeur d'automobiles

de charbon de bois, puis, au moyen d'une lampe à souder ou d'un chalumeau, on dirige la flamme sur la brasure qui fond et adhère au métal décapé par le borax. Il n'y a plus qu'à laisser refroidir, à défaire la ligature et, au besoin, à donner un léger coup de lime pour rendre régulière la surface.

Pour des pièces d'une certaine dimension, on opère parfois en les plaçant sur un feu de charbon de bois ou de coke, dont on active la combustion par une soufflerie, sans se servir de la lampe à souder.

Soudure autogène. — La soudure autogène est l'opération au moyen de laquelle on réunit l'un à l'autre deux morceaux d'un même métal, sans interposition de métaux étrangers, comme dans la soudure ou le brasage.

Tous les métaux ne peuvent pas être soudés à eux-mêmes de cette façon : c'est, par exemple, le cas pour le zinc et l'aluminium.

L'exemple le plus ancien de soudure autogène est celui de la soudure du fer par chauffage à une température suffisante et martelage : c'est là une des propriétés les plus caractéristiques de ce métal. On sait, en effet que deux morceaux de fer chauffés à une température d'environ 1.300° (*blanc « soudant »*) se soudent l'un à l'autre, si on les martèle sur une enclume, à la condition que le fer ait été débarrassé de toute couche d'oxyde. Généralement, on élimine ces oxydes qui se forment pendant le chauffage du fer en répandant, sur la surface des joints,

une substance ayant la propriété de transformer ces oxydes en des composés suffisamment liquides à la température à laquelle se fait la soudure.

On emploie à cet effet des poudres renfermant une forte proportion de sable fin (qui forme avec les oxydes un silicate très fusible) et parfois une certaine quantité d'argile.

Mais ce n'est là qu'un cas particulier de la soudure autogène. Ce que l'on appelle en général *soudure autogène* se fait en soumettant les deux bords à souder à une température suffisante pour amener la fusion du métal.

Cette température est obtenue au moyen du chalumeau oxyhydrique ou au chalumeau oxy-acétylénique.

Dans le cas du *chalumeau oxyhydrique*, l'oxygène et l'hydrogène sont pris dans des tubes d'acier que le commerce livre remplis de gaz à la pression de 150 atmosphères; un détendeur réduit la pression à la sortie à 0,5 à 1,5 kilos par cm².

La proportion généralement adoptée est de 4 volumes d'hydrogène pour 1 volume d'oxygène.

Lorsque l'on remplace l'hydrogène par l'acétylène (*soudure oxy-acétylénique*), on peut employer deux méthodes :

a) Puiser l'acétylène dans une bouteille d'acier où il est conservé sous pression (divers accidents survenus dans l'emploi de ces tubes d'acétylène comprimé en ont rendu l'application

Guide du constructeur d'automobiles

de plus en plus rare) — ou mieux, employer des tubes d'acétylène dissous, méthode plus coûteuse, mais beaucoup plus sûre.

Un détendeur règle la pression de détente de la même manière que pour la soudure au chalumeau oxyhydrique.

(b) Se servir d'acétylène sans pression produit par un gazogène de l'un des nombreux types livrés aujourd'hui par les constructeurs (avec épurateur absorbant l'hydrogène phosphoré et les autres impuretés du gaz brut).

On se sert alors du chalumeau Fouché qui est établi pour fonctionner avec le gaz à la pression où on l'emploie pour l'éclairage. L'appareil est muni d'une soupape hydraulique destinée à empêcher tout retour d'oxygène vers le gazomètre.

Dans ce cas, l'oxygène est fourni, comme précédemment, par un tube d'acier avec détendeur.

La proportion admise dans le chalumeau Fouché est de 3 volumes d'acétylène pour 4 volumes d'oxygène.

La méthode du chalumeau oxy-acétylénique paraît être plus économique que celle du chalumeau oxyhydrique.

On recommande de réchauffer préalablement au rouge les parties à souder au moyen d'un chalumeau ordinaire à gaz et à air soufflé: l'opération est alors beaucoup plus rapide et plus économique.

Avec les proportions de gaz indiquées, les soudures obtenues sont de très bonne qualité,

Chaudronnerie

la flamme du chalumeau, au voisinage du dard, n'étant constituée que par de l'hydrogène ou de l'oxyde de carbone (dans la soudure oxy-acétylénique), gaz réducteurs qui évitent l'oxydation du métal.

La soudure autogène est très employée aujourd'hui dans la construction automobile : elle sert notamment à souder, rapidement et d'une manière très solide, les tubes composant les châssis dans quelques voiturettes, ou formant les faux châssis dans certains modèles de voitures. Elle est employée souvent aussi pour le montage des châssis en tôle, etc., etc.

CHAPITRE XIII

Les Essais.

Nous avons vu, dans le deuxième volume de cet ouvrage (Troisième partie, chapitres I, II et III), quelles sont les principales méthodes appliquées dans les usines pour l'essai des matières premières employées dans la construction des automobiles.

Une fois construits les organes composant une voiture, il y a lieu de les soumettre à des essais afin de s'assurer de leur bon fonctionnement avant de les livrer au consommateur. Toutefois, tous les organes ne sont pas soumis à ces essais : on ne les fait guère subir qu'aux moteurs et aux carburateurs.

Les moteurs sont tous essayés au banc ; cette opération est d'ailleurs nécessaire pour effectuer le réglage définitif du moteur qui, en sortant de l'atelier de montage, n'est réglé que d'une façon très approximative.

Outre ces essais que l'on pourrait appeler essais de fabrication, couramment pratiqués dans les usines mêmes, les moteurs peuvent être soumis à des essais de laboratoire, destinés

Les Essais

surtout à l'étude des types nouveaux. Ces essais comprennent principalement les *essais de puissance* et les *essais de consommation*.

L'Automobile-Club de France a installé un laboratoire, dirigé par M. Georges Lumet, où ces essais peuvent être faits en leur donnant, en quelque sorte un caractère officiel ; le laboratoire délivre un procès-verbal d'essai aux constructeurs.

Le laboratoire de l'Automobile-Club de France fait aussi les essais des carburateurs, comportant, comme pour les moteurs, des essais de puissance à différentes vitesses et des essais de consommation.

Les silencieux peuvent également être soumis à d'intéressants essais au double point de vue de leur efficacité en tant que silencieux et de la puissance absorbée par eux.

Les essais des carburateurs et des silencieux ne se font guère en fabrication courante dans les usines : ce sont plutôt des essais de laboratoire pratiqués en vue de l'étude des types nouveaux.

Nous allons donner quelques détails sur ces divers essais, suivant les méthodes appliquées au laboratoire de l'Automobile-Club de France.

Enfin, les châssis montés sont soumis, dans une fabrication sérieuse, à des essais sur route, permettant de réaliser une parfaite mise au point de tout le mécanisme.

On peut encore (et ce genre d'essai est fré-

Guide du constructeur d'automobiles

quemment pratiqué au laboratoire de l'Automobile-Club de France) mesurer la puissance à l'axe moteur d'une voiture montée; nous en donnerons plus loin un exemple.

Généralités sur les méthodes d'essai des moteurs. — Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les moteurs peuvent être soumis à deux sortes principales d'essais :

- 1^o Les essais de puissance ;
- 2^o Les essais de consommation.

Pour faire ces essais, qu'ils soient pratiqués à l'usine même ou au laboratoire, les moteurs sont montés sur un *banc d'essai*, constitué, en principe, par un massif de maçonnerie ou de béton de 80 centimètres de hauteur environ, dont la face supérieure est disposée de manière à recevoir le moteur à essayer, fixé au banc au moyen de boulons.

Toutes les usines possèdent un atelier ou salle d'essais ; on donne souvent à cet atelier, dans le langage courant, et en prenant en quelque sorte la partie pour le tout, le nom de « banc d'essais ». Cet atelier comporte un nombre plus ou moins grand de bancs destinés à recevoir autant de moteurs. La figure 155 montre un exemple de disposition du banc d'essais. L'alimentation de chaque moteur se fait, soit au moyen d'un réservoir de grandes dimensions commun à tous les moteurs en essai et duquel l'essence est amenée à chaque moteur par une canalisation *ad hoc*, soit au moyen de réservoirs montés sur chaque moteur.

Les Essais

Il en est de même pour le refroidissement, généralement assuré par un grand réservoir fournissant l'eau à tous les moteurs.

Le moteur à essayer étant monté sur le banc, on le fait tourner, le plus souvent pendant une

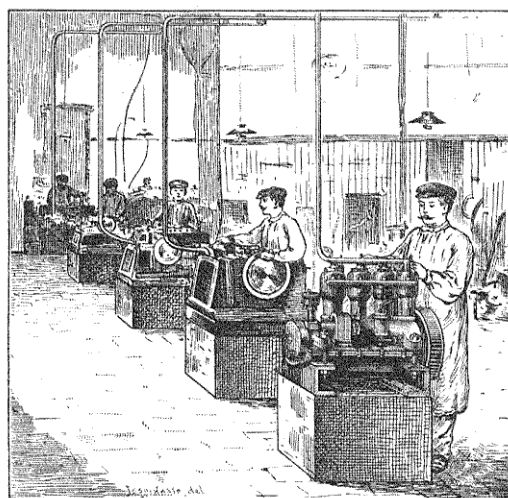


FIG. 155. — Bancs d'essai des moteurs.

journée au moins, afin de le *mettre au point*. L'ouvrier règle alors le montage du moteur, au point de vue de l'allumage et des moments de fermeture et d'ouverture des soupapes (réglage de l'avance à l'échappement, du retard à l'ouverture de l'admission et du retard à la fermeture de l'admission, s'il y a lieu).

Nous verrons plus loin (chapitre XIV) comment

Guide du constructeur d'automobiles

se fait ce réglage et la très grande importance qu'il présente.

Mais ce sont là plutôt des opérations de réglage et de mise au point que des essais. Ceux-ci, comme nous l'avons dit, ne se font généralement que sur quelques exemplaires de chaque type, pour en faire l'étude.

Les essais proprement dits comprennent essentiellement les essais de puissance et les essais de consommation.

A. — Essais de puissance des moteurs. — Les essais de puissance se font par trois méthodes principales :

- 1^o Les essais au frein de Prony ;
- 2^o Les essais au moyen de dynamos ;
- 3^o Les essais au moulinet Renard.

La méthode du frein dynamométrique est une des plus anciennement employées : elle donne des résultats très sûrs lorsqu'elle est appliquée avec soin et il en est fait usage encore dans un très grand nombre de cas.

Lorsque l'on dispose d'une « dynamo-dynamomètre » (nous verrons plus loin ce que l'on entend par ce terme), on peut s'en servir avantageusement pour effectuer les essais de puissance d'un moteur. C'est là, en effet, une méthode d'application facile et donnant des résultats très précis.

Enfin, les essais de puissance peuvent également se faire au moyen du « moulinet dynamométrique » étudié par le colonel Renard. Cette méthode est très en faveur grâce à la simplicité

de l'installation qu'elle nécessite ; elle donne également des résultats très exacts, à condition d'observer les quelques précautions que nous signalerons plus loin.

Voyons maintenant comment est appliquée chacune de ces trois méthodes pour les essais de puissance des moteurs.

I. — Essais au frein de Prony. — Le frein de Prony, appareil classique pour la mesure de la

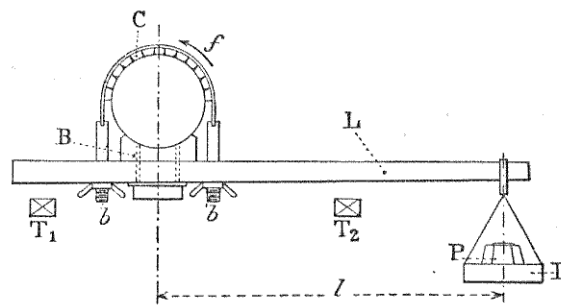


FIG. 156. — Frein de Prony.

puissance d'un moteur, est une application du frottement.

L'appareil (que la figure 156 représente schématiquement) est constitué, en principe, par un long levier en bois L à l'une des extrémités duquel est fixé un plateau de bascule D ; l'extrémité opposée du levier L porte un bloc de bois B présentant une entaille cylindrique pouvant s'appliquer sur une poulie calée sur l'arbre mo-

Guide du constructeur d'automobiles

teur. Du même côté, ce levier porte un collier C constitué par une lame métallique flexible ou par des plaquettes de tôle articulées les unes aux autres, la lame ou les plaquettes étant intérieurement garnies de cales de bois. Les boulons *bb* terminant le collier C permettent de le serrer plus ou moins énergiquement sur la poulie calée sur l'arbre du moteur à essayer.

Enfin, des taquets ou butées $T_1 T_2$ limitent le mouvement du levier L et l'empêchent de trop s'écarter de la position horizontale.

Pour procéder à un essai de puissance d'un moteur au moyen du frein de Prony, on opère de la façon suivante :

On monte la poulie *ad hoc* sur l'arbre du moteur, et le frein sur la poulie en engageant celle-ci entre le bloc B et le collier C, puis on serre le collier sur la poulie au moyen des boulons *bb*.

Le plateau D étant chargé d'un poids P, on met le moteur en marche ; si l'arbre tourne dans le sens de la flèche *f*, le collier C étant serré sur la poulie calée sur l'arbre, le levier L du frein tend à être entraîné dans le même sens, jusqu'à la rencontre de la butée T_1 qui en limite la course. Inversement, si le serrage du collier sur la poulie est trop faible, l'action du poids P peut être prépondérante et le levier tendra à tourner en sens inverse, jusqu'à sa rencontre avec l'autre butée T_2 .

Pour faire l'essai, l'expérimentateur cherche à réaliser par tâtonnement (en serrant plus ou moins le collier sur la poulie, notamment) la

condition suivante, condition d'équilibre de l'appareil :

Le moteur tournant à sa vitesse de régime, le levier du frein de Prony est horizontal.

Lorsque le moteur est amené à tourner à sa vitesse de régime, par le serrage approprié des écrous *bb* du collier *C*, on ramène le levier *L* (lequel, à ce moment, bute généralement contre le taquet *T*₁, si l'arbre du moteur tourne dans le sens de la flèche *f*), dans la position horizontale en chargeant plus ou moins le plateau *D* de poids marqués.

La double condition énoncée ci-dessus (moteur tournant à sa vitesse de régime, levier du frein de Prony horizontal) étant réalisée, l'appareil est en équilibre, et il est évident que le travail du moteur est entièrement absorbé par le frottement du collier *C* sur la poulie calée sur l'arbre du moteur.

En calculant le travail absorbé par le frottement, nous évaluerons donc le travail produit par le moteur.

Calcul du travail absorbé. — L'appareil est soumis aux forces suivantes :

D'une part, à l'action des forces de frottement s'exerçant sur la jante de la poulie ; ces forces peuvent se remplacer par une force unique *F* verticale agissant tangentiellement à la poulie, à l'extrémité, par suite, du rayon *r* de cette poulie ;

D'autre part, à l'action des poids placés sur le plateau *D*, c'est-à-dire à l'action d'une force *P* agissant à l'extrémité du levier *L* de longueur *l*.

Guide du constructeur d'automobiles

Cette force P est également verticale mais dirigée en sens inverse de la force F .

Il y a lieu de remarquer que, pour l'évaluation de la force P , on doit tenir compte des poids propres du levier et du plateau D ; pour simplifier l'opération, on peut, une fois pour toutes, déterminer le poids du levier et du plateau, réduits à la distance l . On peut encore compenser ces poids au moyen d'un contrepoids placé à l'extrémité opposée du levier, ce contrepoids étant tel que l'appareil reste horizontal au repos ; on élimine ainsi dans les calculs le poids du levier et celui du plateau.

L'appareil étant en équilibre, ainsi que nous l'avons dit, le moment de la force F est évidemment égal au moment de la force P . On a donc :

$$F r = P l.$$

Soit maintenant n le nombre de tours du moteur par minute ; le travail absorbé par le frottement en une seconde sera :

$$W = \frac{F \cdot 2 \pi r n}{60}$$

Mais W représente aussi la puissance (travail dans l'unité de temps) produite par le moteur, puissance qui est absorbée par le frottement du collier sur la jante de la poulie ; la force F étant exprimée en kilogrammes et r étant évalué en mètres, la puissance W est exprimée en *kilogrammètres par seconde*. Nous avons donc, pour

déterminer *en chevaux* la puissance cherchée du moteur, la formule :

$$W = \frac{F \cdot 2 \pi r n}{60 \times 75}$$

ou, en calculant le facteur constant :

$$\frac{2 \pi}{60 \times 75}$$

la formule :

$$W = 0,001396 F \cdot r \cdot n,$$

ou, en remplaçant $F r$ par sa valeur donnée par l'égalité $F r = P l$,

$$W = 0,001396 P \cdot l \cdot n,$$

formule dont tous les termes sont déterminés, dans l'expérience, P étant exprimé en kilogrammes et l en mètres.

Conditions pratiques de l'essai au frein de Prony. — Pour faciliter la conduite de l'expérience, il convient de placer, comme le montre la figure 156, le levier *au-dessous* de l'arbre du moteur. Si le levier était placé au-dessus, l'équilibre de l'appareil serait tout à fait instable et il serait fort difficile de déterminer avec précision la puissance du moteur soumis à l'essai.

Avec un appareil disposé comme il est figuré dans le schéma (figure 156), l'expérience serait impossible pour la raison suivante : le travail produit par le moteur est entièrement absorbé par le frottement du collier C sur la jante de la poulie ; or, l'énergie mécanique ainsi perdue se

Guide du constructeur d'automobiles

transforme en chaleur. L'échauffement du système deviendrait donc très important dès que l'expérience se prolongerait tant soit peu, et les cales en bois garnissant le collier prendraient feu et seraient rapidement détruites.

Pour obvier à cet inconvénient, on a soin

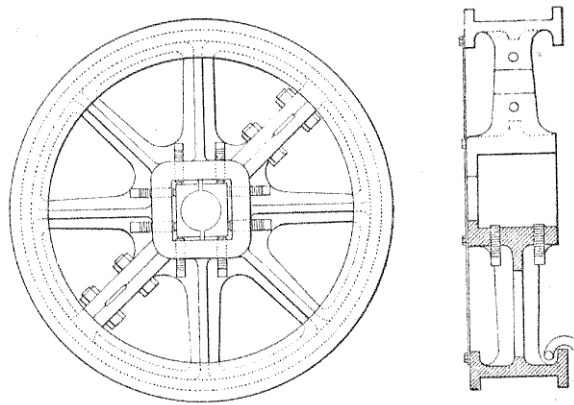


FIG. 157. — Poulie pour essais au frein de Prony.

d'arroser abondamment les parties frottantes avec de l'eau froide, ou mieux encore avec de l'eau savonneuse (contenant en dissolution 10 % de savon noir). On peut aussi graisser avec du suif les surfaces en contact.

Un procédé particulièrement commode consiste dans l'emploi d'une poulie spéciale comportant un dispositif pour assurer un arrosage constant pendant toute la durée de l'expérience.

La figure 157 montre, d'après de Laharpe (1), un modèle de poulie destinée aux essais du frein de Prony.

Cette poulie est faite en deux pièces ; elle est munie de seize vis de centrage, au moyen desquelles on peut l'assujettir, par une paire de faux coussinets en fonte, sur un arbre de diamètre quelconque. Le frein est maintenu en place par les joues extérieures. D'autres joues, à l'intérieur, servent à maintenir l'eau d'arrosage, destinée à rafraîchir la jante. Cette eau s'applique en cylindre dans la jante, par la force centrifuge, dès que la vitesse angulaire est :

$$\omega \geq \sqrt{\frac{g}{r}},$$

ou, en nombre de tours par minute,

$$n \geq 9,54 \sqrt{\frac{g}{r}}$$

ou encore,

$$n \geq \frac{29,9}{\sqrt{r}}.$$

Disons, à titre d'exemple que, pour une poulie ayant 600 millimètres de rayon, la force centrifuge applique l'eau sur la jante lorsque l'on a pour le nombre de tours par minute :

$$n \geq \frac{29,9}{0,775} \text{ ou } 38,7.$$

(1) DE LAHARPE : *Notes et formules de l'Ingénieur*, 14^e édition, Paris, 1905.

Guide du constructeur d'automobiles

Un tuyau indiqué à droite sur la figure 157, dont l'orifice est tourné en regard du courant de l'eau, sert à extraire l'eau chaude d'une façon continue.

Les *dimensions à donner à la poulie* sont déterminées par les considérations suivantes :

La température des surfaces frottantes ne doit pas dépasser 70 à 80° ; autrement il se produirait des nuages de vapeur qui gêneraient les opérateurs. Cela limite à 18,000 ou 20,000 kilogrammètres la quantité de travail à absorber par seconde et par mètre carré de surface de frottement.

Ces chiffres peuvent être largement dépassés lorsqu'on rafraîchit la jante de la poulie par une abondante circulation d'eau : le tuyau doit alors pouvoir enlever 1 litre par seconde et par mètre carré de surface frottante.

Pour diminuer les secousses du mouvement, on admet que la poulie doit avoir au moins un centimètre de diamètre par cheval-vapeur de la puissance à mesurer.

Malgré toutes les précautions pour obtenir un frottement constant, il faut souvent modifier, pendant l'expérience, le serrage des écrous, et on peut difficilement éviter qu'il se produise des à-coups et secousses plus ou moins forts. Les taquets ou butoirs dont nous avons parlé plus haut doivent donc être très solides, pour pouvoir arrêter le levier lorsqu'il oscille trop violemment. On biffe la série d'expériences dans laquelle on observe que le levier est trop souvent venu heurter les taquets.

Pour diminuer les secousses, on peut mettre, sous l'un des écrous, une ou plusieurs rondelles de caoutchouc de 20 à 30 m/m d'épaisseur, séparées par des disques de tôle.

Un autre procédé, encore plus efficace, pour amortir ces secousses, consiste à suspendre au

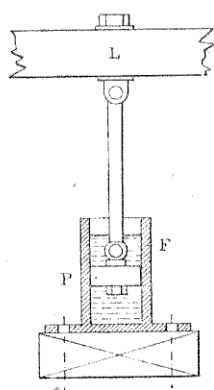


FIG. 158.

levier L le piston P d'un frein hydraulique F (figure 158); ce piston ayant un certain jeu dans son cylindre, et celui-ci étant rempli d'eau froide, il se produit une grande résistance contre les déplacements brusques du piston dans un sens ou dans l'autre. Le cylindre du frein doit être fortement maintenu pour ne pas être soulevé (1).

Voyons maintenant comment sont pratiqués les essais de puissance des moteurs au moyen de dynamos-dynamomètres. Nous empruntons les détails qui vont suivre aux articles si intéressants de M. Lumet(2), articles dans lesquels le distingué ingénieur du laboratoire de l'Automobile-Club de France, donne la des-

(1) D'après de LA HARPE, *loc. cit.*

(2) Ces articles sont parus sous le titre : *Description du Laboratoire*, dans les n^{os} 2 et suivants du *Bulletin officiel de la Commission technique de l'Automobile-Club de France*.

Guide du constructeur d'automobiles

cription de l'installation existant au laboratoire de l'Automobile-Club de France et indique les méthodes appliquées pour les essais les plus fréquemment pratiqués. Nous dirons plus loin comment est installé ce laboratoire ; nous nous bornerons ici à définir les essais à la dynamo-dynamomètre.

II. — Essais à la dynamo-dynamomètre. — Disons, tout d'abord, que l'on appelle *dynamo-dynamomètre* une machine constituée, comme toutes les dynamos à courant continu, par un système inducteur et un système induit, mobiles l'un par rapport à l'autre.

La partie fixe constitue l'inducteur ; la partie mobile est l'induit.

On sait que le déplacement de conducteurs dans un champ magnétique engendre des courants induits. Ces courants, d'après la loi de Lenz, tendent à s'opposer à la cause qui les produit. En vertu du principe de l'égalité de l'action et de la réaction, la partie tournante tendra donc à entraîner la partie fixe dans son mouvement.

Le principe de la dynamo-dynamomètre est d'*équilibrer le couple électro-magnétique créé* et, par suite, de le mesurer.

Dans ces conditions, si l'on accouple le moteur à explosion à la partie mobile, on voit qu'on peut déterminer la puissance fournie sur l'arbre par la mesure d'un couple et d'une vitesse.

Que devient la puissance fournie sur l'arbre d'une dynamo-dynamomètre ?

M. Iglésis, dans une récente étude sur ces appareils, dit : « Elle se transforme en *puissance mécanique*, perte par frottement des paliers et des balais et résistance de l'air, en *puissance électrique*, perte par hystérésis, courants de Foucault, effet Joule dans l'induit, puissance d'excitation, dans le cas de dynamos shunt, et puissance fournie aux bornes de la dynamo. — L'effort correspondant à cette puissance est transmis intégralement au fléau, par réaction électro-magnétique.

Dans le cas de la dynamo du Laboratoire de l'Automobile-Club de France, l'excitation, ainsi que nous le verrons plus loin, est indépendante et naturellement la puissance nécessaire, n'étant pas fournie par la dynamo, n'est pas transmise au fléau.

« Quant aux pertes mécaniques, l'effort correspondant aux frottements des tourillons et des balais sur le collecteur est transmis de même intégralement au fléau par réaction mécanique ; les pertes par ventilation de l'induit, seules, ne sont pas comptées. Ces pertes, généralement peu élevées, n'entraînent qu'une erreur très faible. » L'appareil est constitué par une carcasse inductive oscillante, montée sur le socle en fonte par l'intermédiaire de roulements centrés sur l'arbre.

Pour se servir de cet appareil, lorsque le moteur est en marche et que l'on a réglé la résistance maxima correspondant à une vitesse déterminée, on charge le plateau jusqu'à ce que l'équilibre soit réalisé.

Guide du constructeur d'automobiles

La carcasse inductrice oscillante est disposée pour recevoir des poids suspendus à un crochet oscillant lui-même librement autour d'un point placé à l'extrémité d'un fléau.

Du côté opposé au fléau, un contrepoids de tarage équilibre l'appareil au repos.

La puissance en chevaux est alors donnée par la formule :

$$P = \frac{2 \pi f L \omega}{60 \times 75},$$

dans laquelle :

P est la puissance cherchée en chevaux ;

f est le poids en kilogrammes placé à l'extrémité du fléau ;

L est la longueur du bras de levier en mètres ;

ω est la vitesse angulaire en tours par minute (1).

Dans la pratique, L = 1 mètre et la formule simplifiée devient donc, en calculant le facteur constant :

$$\frac{2 \pi}{60 \times 75} = 0,001396$$
$$P = 0,001396 f \omega.$$

L'appareil que possède le laboratoire de l'Automobile-Club permet l'étude de moteurs ayant une vitesse angulaire de 100 à 1.500 tours par minute et d'une puissance de 10 à 50 chevaux.

La dynamo débite sur des résistances en fils

(1) On remarquera l'analogie entre cette formule et celle du frein de Prony.

de maillechort noyés dans des cuves en grès où une circulation plus ou moins intense d'eau est réalisée.

L'ajustage de la résistance s'opère en déplaçant les pinces de la prise de courant sur le rhéostat constitué par le fil de maillechort.

Le tout dernier ajustage peut être effectué à l'aide de lampes à incandescence que commandent des commutateurs, ou encore par la manœuvre du rhéostat placé sur le courant d'excitation. Un tableau de distribution complète l'installation.

La vitesse est mesurée par un compteur totalisateur de tours.

Un appareil enregistreur construit par la société « La Française Electrique » en collaboration avec la maison Jules Richard enregistre en même temps la vitesse et le couple moteur.

Les essais de puissance au moyen de dynamos peuvent également être effectués par une autre méthode, au moyen de dynamos ordinaires :

On fait commander une dynamo par le moteur dont on veut évaluer la puissance ; la dynamo ayant été, au préalable, étalonnée, et son rendement en fonction du débit du courant produit étant connu, il est clair que si nous mesurons la puissance débitée aux bornes de la dynamo, ce qui sera une opération facile, au moyen d'un voltmètre et d'un ampèremètre, nous aurons immédiatement la puissance fournie par le moteur (en tenant compte, bien en

Guide du constructeur d'automobiles

tendu, du *rendement*, supposé connu, de la dynamo).

C'est là une méthode d'application facile et rapide assez fréquemment employée au laboratoire de l'A. C. F., ainsi que nous le verrons plus loin.

Il ne nous reste plus à décrire, pour en finir avec les méthodes usuelles de mesure de la puissance d'un moteur à explosions, que la méthode du moulinet Renard.

III. — **Essai d'un moteur au moulinet du colonel Renard.** — Le moulinet dynamométrique a été décrit par le colonel Renard dans une communication qu'il fit lors du Congrès des Applications de l'alcool dénaturé, en décembre 1902, pendant la cinquième exposition internationale de l'automobile.

Nous en donnerons la description et le fonctionnement, ainsi que des exemples d'essais, d'après l'article déjà cité de M. Georges Lumet.

L'appareil consiste simplement en une barre en bois, perpendiculaire à l'axe de rotation du moteur et sur laquelle on peut fixer un couple symétrique de plans en aluminium se mouvant orthogonalement dans l'air.

Dans l'installation du laboratoire de l'Automobile-Club de France, le moulinet dynamométrique Renard est supporté par un bâti fixe en bois. Le moteur en essais est relié par un arbre à cardans à l'axe du moulinet.

Les conditions de résistance de l'appareil peu-

vent être modifiées, soit en faisant varier l'écartement des deux plans, c'est-à-dire en les éloignant plus ou moins et toujours symétriquement de l'axe de rotation, soit en modifiant la surface de ces plans sans changer leur distance à l'axe.

Chaque plan est fixé à la barre par deux boulons passant dans des trous équidistants. Il y a généralement onze trous sur chaque bras de la barre. On peut obtenir ainsi dix positions différentes des plans, positions caractérisées par un numéro et un trait en regard du centre de figure des plans.

Un deuxième groupe de trous, percés dans les plans à demi-intervalle de distance du premier groupe, permet dix positions intermédiaires.

Evaluation de la puissance. — Dans tous les cas, le moment moteur est proportionnel au carré de la vitesse angulaire du moulinet et la puissance absorbée au cube de cette même vitesse angulaire.

Le moment moteur et la puissance sont, en outre, proportionnels à la densité D de l'air du laboratoire en kilogrammes par mètre cube.

Si l'on désigne par M le moment moteur en kilogrammes-mètres, par D la densité de l'air en kilogrammes par mètre cube, par ω la vitesse angulaire en tours par minute, et par Km , un coefficient propre au moulinet employé, on peut poser :

$$M = D K m \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^2 \quad (1)$$

Guide du constructeur d'automobiles

(les nombres $\frac{\omega}{1.000}$ sont plus faciles à manier que les nombres ω).

Km est le *coefficient du moment* obtenu par un tarage et qui varie avec l'écartement des plans.

On en déduit facilement pour la puissance motrice en kilogrammètres par seconde :

$$P = 2 \pi \frac{\omega}{60} M,$$

ou

$$P = \frac{\pi}{30} \omega D K m \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^2$$

$$P = \frac{1.000 \pi}{30} D K m \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^3$$

ou enfin :

$$P = D \frac{100 \pi}{3} K m \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^3$$

ou en posant :

$$K t = K m \frac{100 \pi}{3}$$

on a pour la première formule :

$$P = D K t \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^3 \quad (2)$$

Kt est le *coefficient de travail* du moulinet.

Les coefficients Km et Kt sont déterminés une fois pour toutes en fonction du numéro du trou de calage extérieur des plans. ω est mesuré au compteur $\left(\frac{\omega}{1.000} \right)^3$ est donné par des tables de cubes qu'on trouve partout.

Les Essais

Le poids D est déterminé rapidement, soit par une table à double entrée, soit plus simplement par un abaque. Les calculs de moment et de la

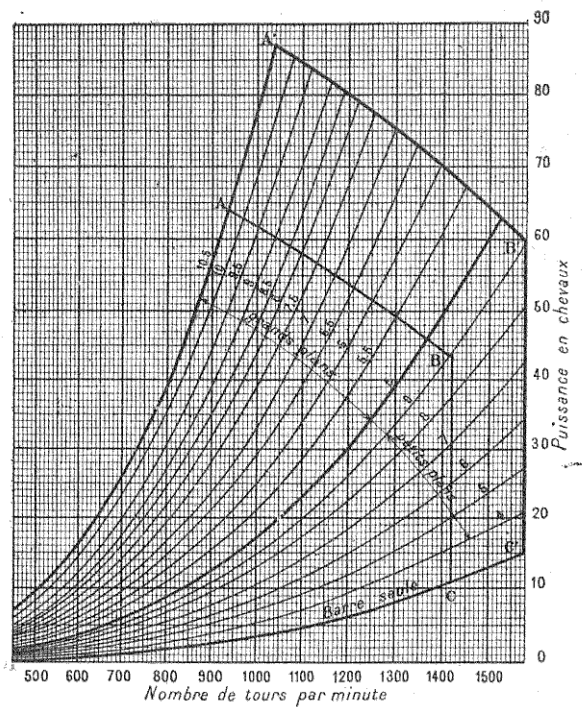


FIG. 159.

puissance sont donc très simples. Mais dans la pratique on les simplifie encore beaucoup.

La figure 159, que nous empruntons également au travail de M. Lumet, montre un abaque donnant directement la puissance en che-

Guide du constructeur d'automobiles

vaux d'un moulinet de module 5 en fonction de la vitesse angulaire ω , puissance absorbée par le moulinet à l'aide de deux séries de plans et pour des positions variables de ces plans, positions indiquées par les numéros portés sur le graphique.

On a supposé à l'air le poids moyen de 1,25 kilogramme. On a ainsi une évaluation immédiate de la puissance sans aucun calcul, par une simple lecture du compteur ou du tachymètre.

Une petite table à double entrée donne ensuite la correction en centièmes à faire subir en plus ou en moins à ce résultat approximatif en raison de la température ou de la pression. Il suffit, dans la pratique, d'évaluer la température et la pression en nombre rond de degrés centigrades et de millimètres de mercure.

Si l'on néglige pour le moment cette correction, on voit que le moulinet dynamométrique permet l'enregistrement continu de la puissance. Toute la puissance est absorbée par la résistance de masses d'air qui se renouvellent sans cesse, car l'appareil fonctionne comme un ventilateur centrifuge. Il n'y a donc aucun échauffement appréciable et les expériences peuvent être indéfiniment prolongées sans aucune surveillance.

Limites d'emploi d'un moulinet. — Quant aux limites d'emploi d'un moulinet, elles sont imposées par les deux considérations suivantes :

1° Par la limitation de la vitesse de l'extrémité de la barre ;

2° Par la tension des fibres les plus fatiguées de cette barre.

Pour la première condition on est conduit à ne pas dépasser la vitesse circonférentielle de 100 mètres par seconde. Cette limite est celle des expériences de M. Lumet, mais il est possible que la loi du carré de la vitesse se vérifie bien au delà. Pour le moment, M. Lumet a cru devoir se l'imposer (1).

La tension de la barre, d'autre part, a été limitée à 100 kilogrammes par centimètre carré qui correspond encore à un coefficient de sécurité de 7 à 8 avec du frêne de choix sans défaut.

En combinant ces deux conditions, on arrive à représenter les limites d'emploi d'un moulinet par un diagramme très simple et très commode, car il permet immédiatement de choisir le type qui correspond aux données du problème. Ces données sont la vitesse du moteur et sa puissance.

Soit ω la vitesse du moteur (en tours par minute) et P la puissance en chevaux.

Si nous considérons ω comme une abscisse et P comme une ordonnée (voir figures 160 à 165), tout ensemble ω et P seront représentées par un point.

Pour un moulinet donné, ces points devront tous tomber à l'intérieur d'un polygone curviligne A B C D E dont le côté AE est la parabole cubique exprimant la valeur de la puissance en

(1) G. Lumet *loc. cit.*, numéro d'octobre 1906.

Guide du constructeur d'automobiles

chevaux en fonction de ω pour le trou n° 11, position limite supérieure des plans sur un moulinet de module donné ou, en d'autres ter-

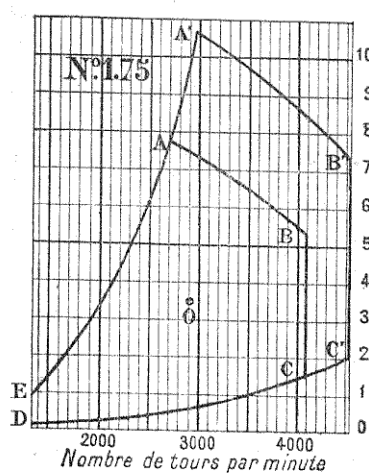


FIG. 160.

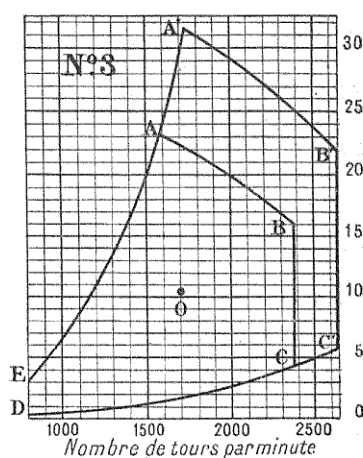


FIG. 161.

mes, limite supérieure d'emploi, d'après ce qui vient d'être dit, d'un moulinet déterminé.

$$P = \frac{a K t}{75} \left(\frac{\omega}{1.000} \right)^3$$

Le côté CD est la parabole cubique correspondant à la barre seule.

Le côté BC est une verticale qui correspond à la vitesse circonférentielle de 100 mètres par seconde.

Enfin le côté AB est une portion de la courbe

d'égale tension de la barre, cette tension constante étant fixée à 100 kilogrammes par centimètre carré.

Toute combinaison de ω et de P qui tombe dans l'intérieur du quadrilatère correspond à

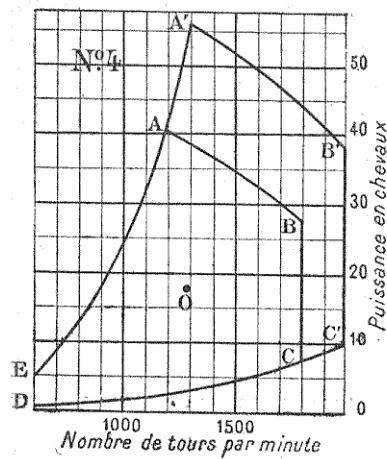


FIG. 162.

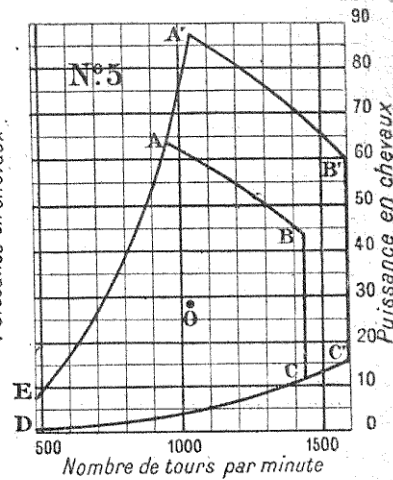


FIG. 163.

une expérience possible avec le moulinet donné.

Les figures 160 à 165 représentent 6 diagrammes correspondant aux moulinets de différents modules (1).

(1) Ces figures sont empruntées au travail de M. Lumet: *Description du Laboratoire*, numéro d'octobre 1906 du *Bulletin de la Commission technique de l'Automobile-Club de France*.

Avec ces indications sur le moulinet dynamométrique du colonel Renard, nous terminons l'étude rapide que nous nous étions proposé de

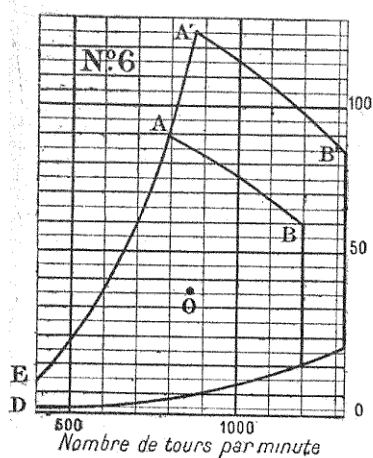


FIG. 164.

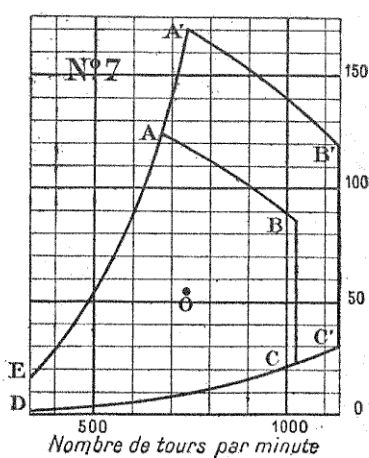


FIG. 165.

faire des méthodes de mesure de la puissance des moteurs.

Disons maintenant quelques mots des essais de consommation.

B. Essais de consommation des moteurs. —

Les essais de consommation peuvent se faire de deux façons : 1° sur la route, pour un moteur monté sur un châssis : on fait alors parcourir à la voiture un trajet déterminé, de longueur rigoureusement repérée, et on mesure la quantité

Les Essais

d'essence consommée pour un nombre x de kilomètres parcourus, le poids de la voiture étant connu, ainsi que la vitesse. On peut aussi (ce qui revient au même) verser dans le réservoir un nombre connu de litres d'essence et faire rouler la voiture aussi longtemps qu'il y a de l'essence : on détermine le nombre de kilomètres parcourus au moyen d'un compteur monté sur la voiture. Mais ces essais donnent plutôt la consommation de la voiture au kilomètre, ou mieux, à la tonne kilométrique. Ils ne donnent pas, à proprement parler, (ou ne donnent qu'indirectement) la consommation du moteur par cheval-heure.

2° Au banc d'essai : le moteur est monté sur le banc comme pour un essai de puissance et accouplé à une dynamo ou muni d'un frein dynamométrique. On a soin de faire produire au moteur un travail constant, le nombre de tours ne variant pas.

On fait tourner, dans ces conditions, le moteur pendant un certain temps, que l'on chronomètre soigneusement, et on mesure la quantité d'essence consommée. La puissance produite par le moteur étant connue (grâce au frein), un calcul simple permet d'en déduire la consommation d'essence par cheval-heure.

Nous donnerons plus loin, avec la description du laboratoire de la Commission technique de l'Automobile-Club de France, un exemple d'essai de consommation.

Parmi les autres essais généralement prati-

Guide du constructeur d'automobiles

qués dans les laboratoires industriels, les plus intéressants sont les essais de carburateurs. Ces essais étant moins courants que les essais des moteurs, nous n'en ferons pas ici l'objet d'une étude spéciale, pour passer, sans plus tarder, à la description du laboratoire de l'Automobile-Club de France, que nous empruntons aux articles de M. G. Lumet; nous trouverons, au cours de cette description, l'exposé des méthodes appliquées, ainsi que des exemples d'essais.

Description du laboratoire de l'A. C. F. (1). — Le laboratoire de l'Automobile-Club de France a été créé en vue de tous essais mécaniques intéressant la voiture automobile.

Il est ouvert à toute personne qui veut le visiter ou faire effectuer des expériences après autorisation du président de la Commission technique.

Le laboratoire est situé, 128, rue du Bois, à Levallois-Perret.

Il possède deux salles d'essais. L'une est aménagée en vue d'études spéciales sur les conditions de fonctionnement de moteurs déterminés, tant au point de vue des organes des moteurs (allumage, carburateurs, soupapes, refroidissement, silencieux), qu'à celui des combustibles utilisés par ces moteurs.

L'autre est aménagée en vue de la mesure de

(1) *Bulletin officiel de la Commission technique*, numéro de juillet 1906 et suivants.

Les Essais

la puissance des moteurs de type quelconque et de la mesure de la puissance disponible à l'axe moteur des voitures automobiles. Dans la première salle sont disposés trois bancs d'essais.

Sur chacun d'eux est un véritable groupe électrogène constitué :

- 1° Par le moteur à explosion ;
- 2° Par une liaison possédant une certaine élasticité ;
- 3° Par une dynamo.

Les massifs qui constituent les bancs d'essais sont en *béton*.

A leur partie supérieure sont noyées des poutres de chêne fortement entretoisées et maintenues dans le béton par des fers à U *verticaux*, terminés en queue de carpe.

Sur les poutres en chêne viennent se poser les éléments constitutifs des groupes électrogènes. Ce sont ces éléments que nous passerons tout d'abord en revue.

Des moteurs. — Les moteurs dont dispose actuellement le laboratoire sont :

1° Le *moteur de Dion-Bouton*, du type bien connu, qui a comme caractéristiques :

Alésage : 84 m/m ;

Course : 90 m/m ;

Compression : 3, 5 kilogrammes par centimètre carré ;

Vitesse angulaire en tours par minute : 1.600 ;

Puissance : 3,5 *poncelets* (4,5 chevaux environ).

Guide du constructeur d'automobiles

2° Le moteur *Gillet-Forest* — Le moteur G. F. est horizontal, monocylindrique. Ses caractéristiques sont :

Alésage : 140 m/m ;

Course : 160 m/m ;

Compression : 4 kilogrammes par centimètre carré ;

Vitesse angulaire en tours par minute : 800.

Puissance : 7,5 *poncelets* (10 chevaux environ).

L'arbre manivelle porte à l'une des extrémités le volant et à l'autre un renvoi d'angle qui imprime son mouvement à l'arbre de démultiplication. Cet arbre effectue la commande de la soupape d'échappement et porte de plus la came de distribution de l'allumage. C'est lui qui, lorsque le moteur est disposé sur un châssis de voiture, porte le plateau d'embrayage. La soupape d'admission est automatique.

Des ressorts de soupapes. — Des études préalables ont permis de déterminer la tension que doit posséder le ressort de cette soupape pour obtenir le meilleur rendement en puissance du moteur.

Un dispositif spécial, manœuvré de l'extérieur, permet le réglage de la tension de ce ressort, pendant la marche. Le ressort de rappel de la soupape d'échappement est lui-même taré.

Du refroidissement. — Le moteur Gillet-Forest est disposé pour être refroidi par l'eau à l'aide d'un *condenseur à surface*. Dans les voitures, rien n'est plus simple que de disposer à l'avant le condenseur : la circulation très active de

Les Essais

l'air facilite la condensation ; mais, dans un laboratoire, un semblable dispositif eût été encombrant et le moteur est refroidi par thermosiphon.

L'essentiel est de conserver au moteur les mêmes conditions de refroidissement pendant

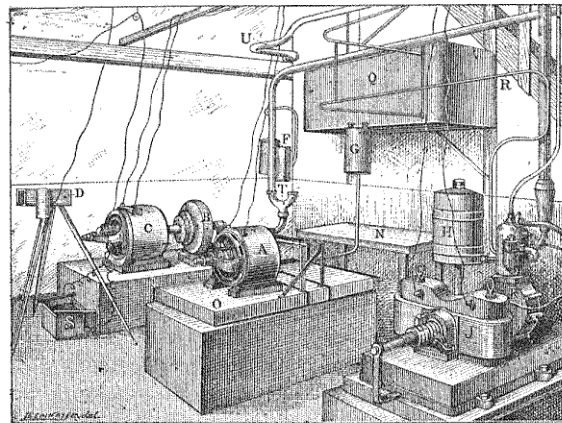


FIG. 166. — Vue de la salle d'essais des organes de moteurs au laboratoire de l'Automobile Club de France.

la durée des expériences et, comme la température ambiante n'est pas susceptible de grandes variations, de maintenir l'eau à une température constante à l'entrée de l'enveloppe du moteur.

A cet effet, le dispositif suivant est adopté :

L'eau est amenée dans un réservoir en charge sur l'enveloppe du moteur. Le réservoir a deux mètres cubes de capacité. Ses dimensions sont : longueur, 2 mètres ; largeur, 1 mètre ; hauteur, 1 mètre.

Guide du constructeur d'automobiles

On peut voir ce réservoir, en Q, sur la figure 166 qui représente la salle d'essais que nous décrivons.

L'arrivée de l'eau, sortant du moteur, s'effectue en haut, à 5 centimètres au-dessous du niveau et le départ à 2 centimètres au-dessus du fond du réservoir. L'avantage de ce grand réservoir entièrement plein d'eau, est de présenter une grande surface de refroidissement pour l'eau chaude, à l'air libre, et d'avoir en même temps une grande hauteur, de telle façon que la température au fond du réservoir soit sensiblement constante.

Après une durée de marche de cinq heures, le plus grand écart observé entre les températures de l'entrée de l'eau dans le moteur au commencement et à la fin des expériences a été de 2°.

Le même réservoir sert, par les mêmes procédés, au refroidissement du moteur de Dion-Bouton.

De l'allumage. — Une étude préalable a permis de constater l'influence indéniable de la température de l'étincelle dans l'allumage des moteurs par accumulateurs et bobine à trembleur, et cela principalement dans le cas où le mélange carburé n'est pas constitué avec les proportions voulues d'essence et d'air. L'excès d'essence dans un mélange carburé nécessite, principalement, un allumage plus énergique et l'avance à l'allumage seule vient dans ce cas à l'encontre du but que l'on se propose.

Un secteur gradué est disposé sur les moteurs et permet de se rendre compte du degré d'avance. La nécessité d'un *allumage*

énergique a conduit à l'emploi d'un accumulateur à quatre éléments (type Planté) et d'une bobine spéciale susceptible de résister à la tension de 8 volts.

Un commutateur permet de réduire le nombre des éléments utilisés de l'accumulateur et d'avoir une tension de courant primaire de 4 et 6 volts. On peut ainsi apprécier les plus ou moins grandes qualités d'inflammabilité d'un mélange carburé.

Du carburateur. — Le carburateur est un Longuemare dont les caractéristiques sont spécialement étudiées pour sa meilleure adaptation au moteur.

Le carburateur est fixé à quelques centimètres du moteur et avec le minimum de tuyauterie nécessaire, sur l'une des brides d'un robinet à *trois voies*. Sur l'autre bride on peut placer un autre carburateur en essai et la troisième bride est fixée sur l'orifice d'admission du moteur.

De l'accouplement avec la dynamo. — L'accouplement employé est un manchon Piat pour le moteur Gillet-Forest, un manchon rigide pour le groupe de Dion-Bouton.

Le manchon Piat se compose de deux plateaux : l'un est fixé au volant du moteur par des boulons et des vis, l'autre est calé sur l'arbre de la dynamo.

La liaison de ces deux plateaux est élastique. Chacun d'eux porte deux douilles réunies par des boulons chargés d'assurer cette liaison des plateaux. Les boulons ont ainsi leur grand axe parallèle au plan des plateaux. Ils servent de

Guide du constructeur d'automobiles

guide à des rondelles de cuir qui séparent les douilles respectives de chaque plateau et leur jeu latéral dans les douilles est limité par des bagues en caoutchouc comprises elles-mêmes dans des douilles de bronze.

Des dynamos. — La dynamo du groupe de Dion a été calculée pour un but déterminé, celui de constituer un groupe électrogène susceptible d'alimenter des lampes à incandescence sous une tension de 110 volts. Elle est munie d'un régulateur magnétique et excitée en dérivation.

On a dû lui donner une excitation indépendante et caler le régulateur magnétique pour la transformer en instrument de laboratoire.

La dynamo du groupe Gillet-Forest est du type nouveau Postel-Vinay à armature recouvrant l'induit et les inducteurs. Elle est susceptible d'une puissance de 15 kilowatts (environ 20 chevaux) et donne une tension de 110 volts à 1.200 tours.

Elle a été prévue pour l'étude de moteurs à explosions pouvant fournir une puissance véritable de 8 à 20 chevaux, à des vitesses de 600 à 1.500 tours.

La dynamo du troisième banc est susceptible d'une puissance de 4 kilowatts (environ 5 chevaux) donnant 80 volts à 1.600 tours, 120 volts à 2.400.

Elle est destinée à l'étude des petits moteurs tournant vite. (Avec cette dernière dynamo on fit l'étude des moteurs Buchet).

Excitation des dynamos. — L'excitation des dynamos est indépendante (car les dynamos doivent tourner à des vitesses variables), et fournie par le secteur de Levallois (courant continu de 110 volts). Sur la table d'expériences se trouvent un rhéostat d'excitation et un petit ampèremètre avec cadran gradué de 0 à 5 ampères, monté sur le circuit d'excitation.

Étalonnage des dynamos. — Pour chacune des dynamos, il a été procédé à l'étalonnage de la façon suivante :

Il s'agissait, pour une vitesse déterminée de la dynamo, de calculer son rendement en fonction du débit de courant produit.

Ce rendement, dans le cas de l'excitation indépendante, est donné par la formule :

$$\eta = \frac{EI}{EI \times RI^2 \times P}$$

formule dans laquelle :

η est le rendement ;

E la force électromotrice ;

I le débit ;

R la résistance de l'induit avec balais ;

P la somme des pertes à vide (hystérésis, courants de Foucault, pertes par frottement), ceci dans le cas d'une excitation indépendante et constante. (Nous avons vu comment l'on maintient constante cette excitation au laboratoire).

On commença par établir la courbe des pertes à vide en portant en abscisses les vitesses et en ordonnées les pertes en watts.

Les graphiques des figures 167, 168 et 169 donnent la représentation de ces pertes, ces courbes étant construites d'après les données

Guide du constructeur d'automobiles

expérimentales résumées dans les tableaux suivants :

I. — Moteur de Dion-Bouton.

TENSION AUX BORNES DE L'INDUIT EN VOLTS	INTENSITÉ DANS L'INDUIT EN AMPÈRES	VITESSE ANGULAIRE EN TOURS PAR MINUTE	PUISSANCE PERDUE EN WATTS
49	1,2	600	58,8
69,5	1,4	900	97,3
93,5	1,6	1,200	149,6
122	1,8	1,500	219,6
134	1,8	1,800	241,2
153	1,9	2,100	290,7
173	1,95	2,400	337,4

Résistance de l'induit aux balais, en ohms : 0,283.

La figure 167 donne la courbe des pertes à vide, pour ce groupe électrogène, en fonction

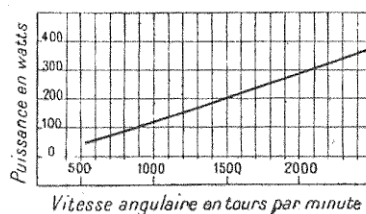


FIG. 167.

de la vitesse angulaire, avec l'excitation constante de *un ampère*.

II. — Moteur H⁹ Postel-Vinay.

TENSION AUX BORNES DE L'INDUIT EN VOLTS	INTENSITÉ DANS L'INDUIT EN AMPÈRES	VITESSE ANGULAIRE EN TOURS PAR MINUTE	PUISSANCE PERDUE EN WATTS
45	4,8	408	216
67	5,7	625	382
74	5,3	700	430
86	6,8	810	541
100	7	950	700
115	7,5	1,100	862
126	7,5	1,200	945
140	7,6	1,300	1,061
150	8	1,400	1,200

Résistance de l'induit aux balais, en ohms : 0,262.

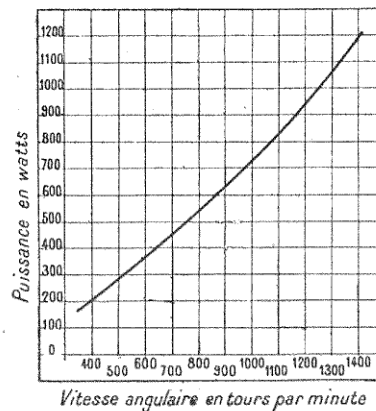


FIG. 168.

La figure 168 montre la courbe des pertes à

Guide du constructeur d'automobiles

vide de ce groupe en fonction de la vitesse angulaire, avec l'excitation constante de 3 ampères.

III. — Moteur H₅ Postel-Vinay.

TENSION AUX BORNES DE L'INDUIT EN VOLTS	INTENSITÉ DANS L'INDUIT EN AMPÈRES	VITESSE ANGULAIRE EN TOURS PAR MINUTE	PUISSANCE PERDUE EN WATTS
47	4	800	188
74	4,7	1,200	347,8
92	5,1	1,600	469,2
101	4,9	1,800	500
113	5,4	2,000	610
130	5,4	2,400	702

Résistance de l'induit aux balais, en ohms : 0,24.

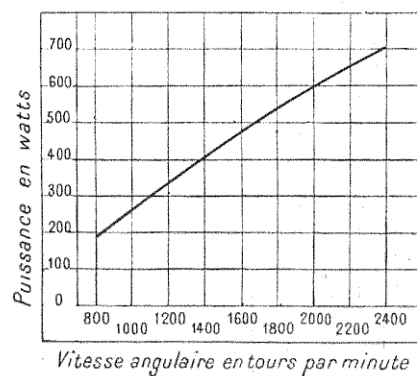


FIG. 169.

La figure 169 donne la courbe des pertes à

Les Essais

vide résultant de ces essais, avec l'excitation constante de 2,25 ampères.

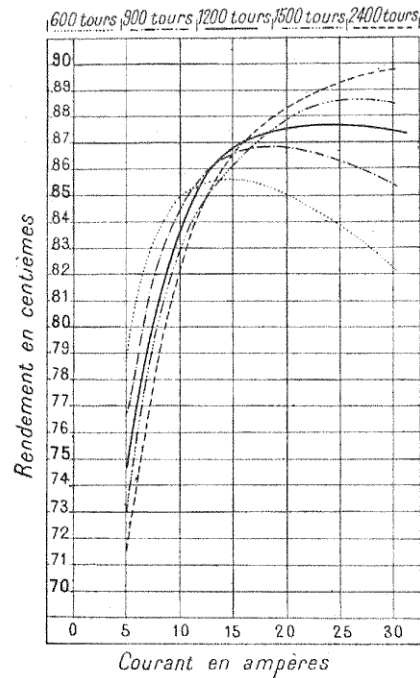


FIG. 170. — Courbe des rendements de l'induit de la dynamo de Dion-Bouton, en fonction du débit et à différentes vitesses angulaires avec excitation indépendante et constante de 1 ampère.

Ces courbes étant ainsi déterminées, pour chaque vitesse de 100 en 100 tours par minute, on fit les calculs des diverses valeurs de η .

A chaque vitesse, pour chacune des dynamos, l'excitation étant indépendante et constante, il correspondait une valeur déterminée de la force électromotrice. Il suffisait donc de faire varier I dans la formule, R ayant été, au préalable, déterminée expérimentalement.

On obtenait ainsi, pour chaque dynamo, une série de courbes correspondant chacune à une vitesse déterminée et donnant en ordonnées

Guide du constructeur d'automobiles

les rendements de la dynamo pour les débits variables portés en abscisses.

Nous donnons ci-contre les courbes des rendements de l'induit en fonction du débit et aux différentes vitesses (figures 170, 171 et 172).

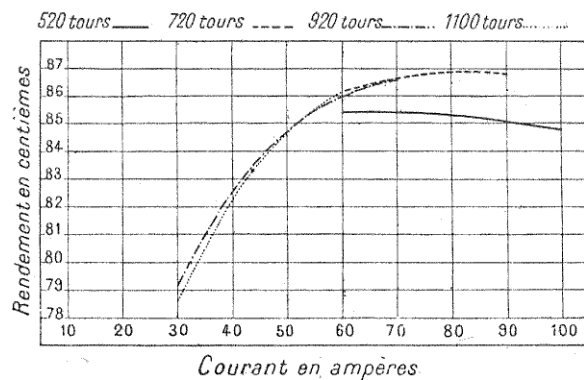


FIG. 171. — Courbe des rendements de l'induit de la dynamo H₉ en fonction du débit et à différentes vitesses angulaires avec excitation indépendante et constante de 3 ampères.

Il nous a paru intéressant de reproduire en détail la partie du travail de M. Lumet relative à l'étalonnage des dynamos du laboratoire de l'Automobile-Club de France, car ces expériences peuvent servir de type pour des opérations analogues dans un laboratoire d'usine, lorsque l'on installe une nouvelle dynamo pour les essais de moteurs.

Des bancs d'essais. — On a décrit, tout d'abord, comment étaient constitués les socles,

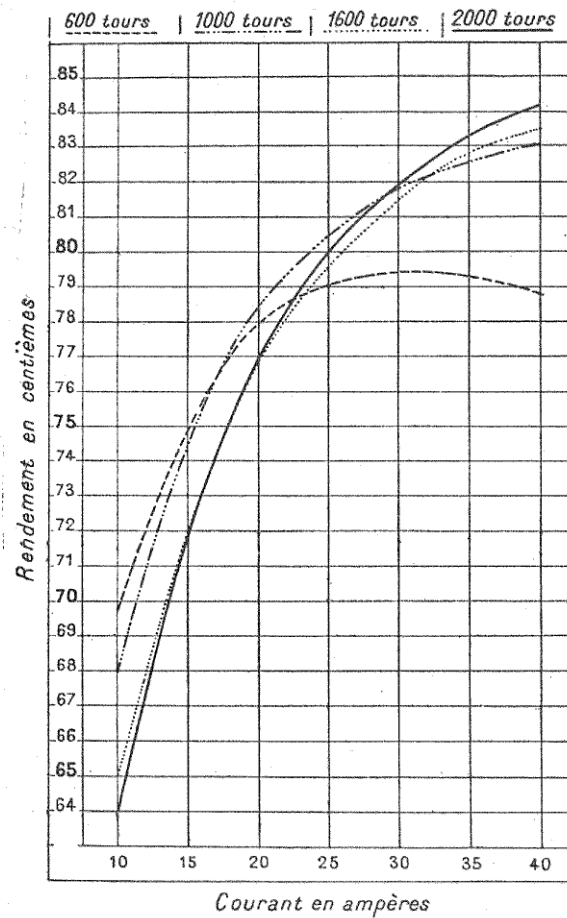


FIG. 172. — Courbe des rendements de l'induit de la dynamo H_5 , en fonction du débit et à différentes vitesses angulaires avec excitation indépendante et constante de 2, 25 ampères.

Guide du constructeur d'automobiles

puis ensuite quels étaient les éléments constitutifs des groupes électrogènes. L'ensemble de chacun des bancs d'essais va maintenant être étudié.

Groupe de Dion-Bouton. — Le groupe de Dion se compose du moteur et de la dynamo, dont la liaison est assurée au moteur par un accouplement rigide. L'ensemble est fixé sur un socle en fonte, en ce qui concerne le moteur par l'intermédiaire d'un berceau également en fonte, sur lequel il est boulonné, et, en ce qui concerne les dynamos, par l'armature elle-même.

C'est ce socle que l'on a fixé par des tire-fonds sur les poutres en chêne des bancs d'essais.

Groupe Gillet-Forest. — Un socle en fonte fut spécialement fait, qui épouse la forme du carter du moteur et possède des bossages sur lesquels sont boulonnées les pattes d'attache des moteurs. Ce socle est fixé par des tire-fonds dans les poutres en chêne du banc d'essais.

La liaison à la dynamo est assurée par le manchon Piat et c'est par des embases venues de fonte avec l'armature de la dynamo, que cette dernière est rendue solidaire du banc d'essais.

Du rôle des bancs d'essais. — Sur le premier banc, le groupe de Dion-Bouton remplit un double rôle :

D'une part, il permet l'étude d'organes spé-

ciaux et celle de combustibles, comme il a été indiqué plus haut ;

D'autre part, il permet, dans le cas où le courant du secteur viendrait à faire défaut, l'excitation des dynamos des autres bancs.

Le tableau de distribution est disposé pour cette double utilisation, et un commutateur permet de diriger le courant, soit sur le tableau des résistances, commun aux trois groupes, soit sur des prises de courant spécialement destinées à l'excitation des autres dynamos.

Le deuxième banc ne comporte pas de moteur, mais, comme il a été dit, il permet l'étude de moteurs à faible puissance et à grande vitesse.

Le troisième banc est fréquemment utilisé pour l'étude de carburateurs, de carburants, de silencieux, de tuyauteries d'échappement. Il a permis de nombreuses études particulières, ainsi que celles poursuivies pendant tous les concours organisés par la Commission technique, entre les constructeurs de ces divers organes.

La figure 166 (page 367) est une vue de la salle du laboratoire où se font ces divers essais. On y distingue les appareils qui viennent d'être décrits :

A est la dynamo du banc n° 2, B est l'accouplement élastique du banc n° 3, C la dynamo du banc n° 3, D le manographe Hospitalier et Carpentier (voir plus loin), F le wattmètre enregistreur et enregistreur de consommation dont

Guide du constructeur d'automobiles

il sera parlé tout à l'heure, G les réservoirs de carburant des bancs n^{os} 2 et 3, H le réservoir de carburant du banc n^o 1 ; I, J, K est le groupe électrogène de Dion-Bouton, L la tuyauterie d'échappement du banc n^o 1, N la table des appareils de mesure, O le bâti du banc n^o 2, P le tableau de charge des accumulateurs d'allumage, Q le réservoir d'eau de refroidissement, R la tuyauterie de refroidissement, S le rhéostat de démarrage de la dynamo du banc n^o 3, T la tubulure double pour les essais de silencieux, enfin U, la tuyauterie d'échappement.

ESSAIS D'UN CARBURATEUR. — Ces indications étant données, il devient possible de décrire l'essai d'un organe de moteur, l'*essai d'un carburateur*, par exemple.

Ces essais sont de deux sortes : des essais de puissance à différentes vitesses, d'une part ; des essais de consommation, d'autre part.

Ils ne sauraient être, du moins pour les premiers, que des essais comparatifs.

Aussi doit-on, au préalable, établir avec un carburateur déterminé la courbe caractéristique du moteur qui donne pour chaque vitesse la puissance correspondante.

Comment peut-on, expérimentalement, effectuer la détermination de l'un des points de cette courbe ?

Soit 800 tours par minute la vitesse angulaire pour laquelle on se propose d'effectuer la détermination de la puissance.

On commence par régler approximativement

Les Essais

le meilleur point d'allumage par la manœuvre de la manette d'avance, ainsi que les meilleures proportions de combustible et d'air par la manœuvre des manettes et pointeaux du carburateur.

On augmente alors le nombre des lampes en circuit par la manœuvre des commutateurs, de façon à obtenir le débit maximum, que la lecture de l'ampèremètre fait connaître, sans que la tension du courant lue sur le voltmètre devienne inférieure à celle qui correspond à la vitesse donnée.

Ce premier réglage fait, on s'efforce de trouver, par tâtonnements, les meilleures conditions d'allumage et de carburation.

Le moteur tourne alors plus vite : la tension du courant croît.

L'on augmente aussitôt le nombre des lampes en circuit.

Le débit croît, la tension diminue : le moteur a une allure ralentie.

Améliorant toujours les conditions d'allumage et de carburation, l'on arrive enfin au point pour lequel la tension du courant correspondant à la vitesse choisie, 800 tours par minute, par exemple, étant de n volts, l'addition d'une seule lampe d'un très petit nombre de bougies suffit à faire baisser la tension lue au-dessous de cette limite.

On arrive ainsi au maximum de la puissance du moteur correspondant à la vitesse donnée, et le produit de la tension par le débit, du nombre de volts par le nombre d'ampères, donne en

Guide du constructeur d'automobiles

watts la puissance électrique disponible aux bornes de la dynamo.

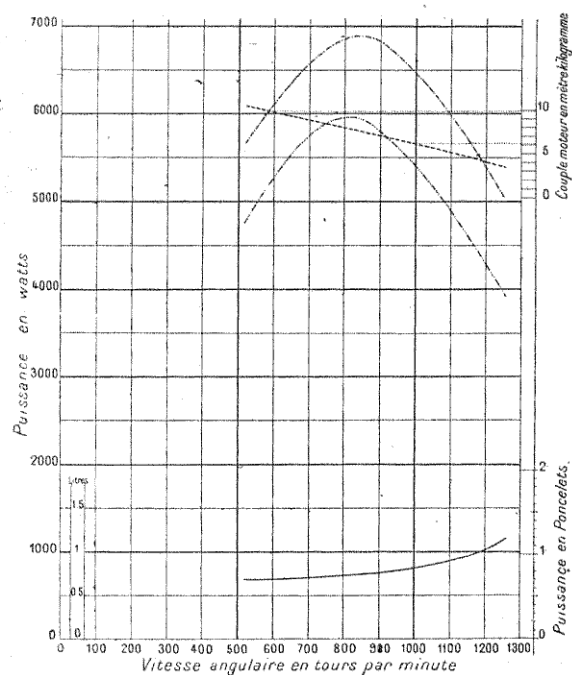


FIG. 173. — Courbes caractéristiques du groupe moteur-dynamo Gillet-Forest (banc n° 3 de la première salle d'essais).

- Puissance mécanique du moteur, en watts;
- - - - - Couple moteur en mètres-kilogramme;
- — — — — Puissance électrique aux bornes de la dynamo, en watts.
- — — — — Consommation spécifique, en litres par poncelet-heure.

C'est ainsi que, par points, l'on obtient la courbe que représente la figure 173.

A chacun des points ainsi obtenus correspond, sur une autre courbe, un autre point obtenu en frappant le premier résultat du coefficient du rendement de la dynamo, correspondant à ses conditions de fonctionnement, tant au point de vue de la tension que du débit du courant produit.

Cette dernière courbe donne, en watts, la puissance effective du moteur à différentes vitesses.

Il est facile, en divisant chacun des chiffres de puissance précédemment obtenus par la vitesse à laquelle correspond cette puissance d'obtenir la courbe des variations du couple moteur.

Enfin, à la suite d'essais de consommation faits à l'aide du carburateur que l'on a choisi comme type, il est possible de déterminer une quatrième courbe, donnant la consommation par kilowatt-heure, soit par poncelet-heure, soit par cheval-heure.

Ce sont ces quatre courbes bien caractéristiques du fonctionnement du moteur auxquelles l'on rapporte, pour les comparer, les résultats obtenus par les mêmes procédés expérimentaux avec le carburateur en essais.

Essais de consommation. — Ces essais sont effectués à l'aide de l'appareil décrit plus loin.

Ils ne sont effectués qu'après un réglage bien déterminé du carburateur et dans des conditions de puissance peu variable, à la seule condition, toutefois, que la vitesse soit très sensiblement constante.

Guide du constructeur d'automobiles

Le but de ce dispositif est de maintenir constant par la manœuvre du rhéostat, pendant toute la durée des expériences, le débit dans les *inducteurs*, et cela malgré les petites variations (d'ailleurs très rares) dans la tension du courant du secteur, et malgré l'échauffement des inducteurs, échauffement dont le résultat est d'en modifier la résistance.

Ce débit constant, que nous indique le petit ampèremètre, est d'ailleurs celui pour lequel la dynamo a été *étalonnée*, comme nous le verrons plus loin.

Appareils de mesure. — Les appareils de mesure, voltmètre et ampèremètre, du type d'Arsonval, sont apériodiques et le grand développement des cadrans permet une lecture très facile.

Le laboratoire possède en outre une boîte de contrôle Chauvin et Arnoux.

Un tachymètre permet la vérification de la vitesse angulaire du moteur.

Résistances. — Les résistances sont constituées par des séries de lampes à incandescence de 5, 10 et 20 lampes en dérivation sur deux feeders dans lesquels, par l'intermédiaire d'un tableau de distribution, on peut envoyer le courant du groupe en expérience.

Des séries complémentaires de lampes sont fixées à la table d'expériences et permettent, grâce à des commutateurs à la portée de la main de l'expérimentateur, de faire l'ajustage

de la résistance. Des rhéostats liquides peuvent aussi être utilisés.

Wattmètre enregistreur et enregistreur de consommation. — Cet appareil est destiné à donner la valeur du travail produit par un moteur pendant un temps déterminé, et en même temps la consommation en carburant correspondant à ce travail. Les moteurs du Laboratoire sont accouplés à des dynamos : aussi l'appareil qui indique le *travail* n'est-il, en réalité, qu'un wattmètre enregistreur ; la courbe tracée par l'aiguille du wattmètre donne à chaque instant la *puissance* en watts aux bornes de la dynamo et l'intégration de la surface comprise entre la droite correspondant à la puissance 0, la courbe tracée par l'aiguille du wattmètre et les deux ordonnées curvilignes entre lesquelles la courbe de puissance est comprise sur la feuille enroulée sur le tambour donne le travail fourni par le moteur pendant la durée de rotation du tambour qui correspond à la distance séparant ces deux ordonnées curvilignes.

Derrière le wattmètre sont deux réservoirs, de section rectangulaire, ayant chacun comme capacité 2 litres 1/2. Un robinet-pointeau permet d'établir la communication entre les deux réservoirs. De l'un part la tubulure d'arrivée d'essence au carburateur, tubulure que commande un deuxième robinet-pointeau. C'est dans ce réservoir que se trouve un flotteur très large, relié par un fil très fin et par un ensemble de petites poulies placées à l'intérieur

Guide du constructeur d'automobiles

de la boîte qui recouvre le wattmètre au contre-poids chargé de l'équilibre. Les poulies sont disposées de telle sorte qu'un des brins du fil est horizontal et placé parallèlement aux génératrices du tambour.

Un petit chariot se déplace sur une glissière métallique et suit tous les mouvements du brin horizontal auquel il est fixé. Au petit chariot est articulée une plume très légère que son seul poids fait appuyer sur la feuille du tambour.

Si le tambour était immobile, la plume tracerait une portion de droite suivant une des génératrices, portion dont la longueur serait proportionnelle au volume d'essence consommée. Comme le tambour se déplace autour de son grand axe d'un mouvement uniforme, une courbe est tracée sur le papier lorsqu'il est déroulé. La consommation sera indiquée par la différence des ordonnées rectilignes de deux points quelconques de cette courbe et correspondra au temps pendant lequel la feuille aura pu se déplacer de la longueur comprise entre ces deux ordonnées. Il est ainsi très simple d'avoir une portion quelconque de cette courbe et de la rapporter à la portion correspondante de la courbe des watts.

Le wattmètre est à plusieurs sensibilités permettant l'étude de moteurs de puissances différentes : le double réservoir est aussi destiné à fournir deux échelles dans la mesure de la consommation.

En effet, l'un des deux réservoirs seul est

Les Essais

muni du flotteur. Si l'on ouvre le pointeau qui fait communiquer le deuxième réservoir avec le premier, pour une même consommation, le niveau d'essence baisse deux fois moins vite dans le premier réservoir et le chariot a un déplacement proportionnel.

L'enregistreur de consommation établi sur les données de M. G. Forestier, fut adjoint à un wattmètre enregistreur par MM. Chauvin et Arnoux, constructeurs de ce dernier appareil.

ETUDE DES PHÉNOMÈNES QUI SE PRODUISENT A L'INTÉRIEUR DES CHAMBRES D'EXPLOSION DES MOTEURS. — Le laboratoire de l'Automobile-Club possède plusieurs appareils destinés à étudier les phénomènes qui se passent à l'intérieur des chambres d'explosion des moteurs.

La description de ces appareils d'investigation est nécessaire pour bien faire comprendre leur rôle.

Mais il est indispensable avant toute description de dire ce qu'est un *diagramme*.

C'est le lieu des points tels qu'à une position donnée du piston dans le cylindre, position portée en *abscisse*, corresponde en *ordonnée* la pression développée à l'intérieur du cylindre pour cette position du piston et cela pour toutes les phases du cycle.

La figure 174 est l'un de ces diagrammes.

Soit l'hypothèse du piston en haut de sa course, la soupape d'admission (que l'on suppose automatique) n'est pas encore ouverte, le piston s'écarte de cette position, il s'établit une cer-

taine dépression à l'intérieur du cylindre, dépression qui va en décroissant, car, sous son influence, la soupape d'admission s'est ouverte et le cylindre s'est rempli de gaz frais.

Le piston, pendant cette demi-course, a été de

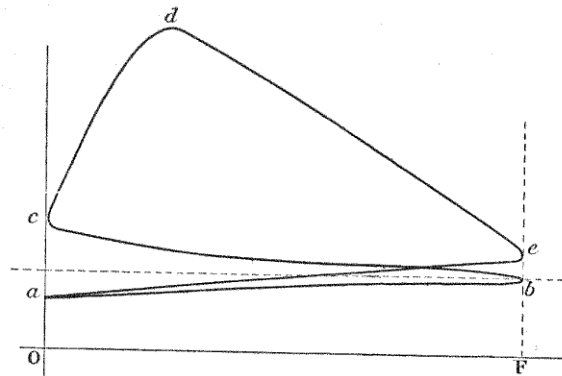


FIG. 174. — Diagramme théorique d'un moteur à quatre temps.

O en F et la courbe des pressions croissantes de *a* en *b*.

Le piston revient de F en O, c'est la période de compression : la pression croît, et la courbe des pressions va de *b* en *c*.

Vient ensuite la période d'explosion et de détente ; sous l'influence de l'explosion, le piston est projeté de O en F ; la pression croît alors de *c* en *d*, puis décroît, pendant la détente, de *d* en *e*.

A ce moment, la soupape d'échappement s'ouvre : le piston revient sur lui-même de F en

O, et la pression diminue pour atteindre enfin la valeur qu'elle avait au commencement de ce cycle (1).

Le diagramme d'un moteur à mélange tonnant est difficile à relever avec des appareils analogues à l'*Indicateur de Watt*.

MM. Mathot et Garnier ont cependant réalisé un appareil de ce type, appareil que possède le laboratoire de l'A. C. F et qui, grâce à un réducteur de vitesse jouant également le rôle d'embrayage progressif, permet de tirer des *diagrammes* jusqu'à une vitesse angulaire voisine de 1,000 tours par minute.

L'appareil de MM. Hospitalier et Carpentier, que possède aussi le laboratoire, permet de relever des diagrammes à des vitesses angulaires même supérieures à 1,500 tours par minute.

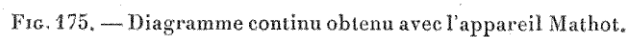
Dans ce dernier, le piston de l'indicateur est remplacé par une petite membrane qui fléchit sous l'action des explosions, proportionnellement à l'importance de celles-ci.

(1) Le diagramme de la figure 174 correspond à un moteur fonctionnant suivant le cycle théorique à quatre temps, avec ouverture et fermeture des soupapes aux points morts. Il va de soi que le diagramme serait légèrement différent pour un moteur fonctionnant (comme la plupart des moteurs pratiquement construits aujourd'hui) avec avance à l'échappement ainsi que pour un moteur qui aurait du retard à la fermeture des soupapes d'admission, suivant le système imaginé par MM. Fernand Forest et G. Gallice. (Voir chapitre xiv, p. 411.)

Le mouvement du piston est recueilli d'une façon continue, sous forme d'un mouvement de rotation, pris par une transmission flexible sur l'arbre moteur.

On peut, à la place de l'écran, placer un châssis renfermant une plaque photographique qui est ainsi impressionnée.

Dans cet appareil, la commande du tambour



Un traceur, commandé par un piston dont le

Les Essais

cyindre est fixé à la chambre d'explosions du moteur, reproduit sur ce papier, d'une façon continue, à une échelle déterminée, les différentes pressions qui se manifestent dans le cylindre du moteur.

Dans l'exemple que montre la figure 175, on remarque que, dans la partie C du graphique, la tension du ressort de la soupape d'aspiration étant de 950 grammes, la résistance correspondante à l'aspiration était de $1/7$ d'atmosphère et que, dans la partie D, la tension du ressort étant de 990 grammes, la résistance à l'aspiration est devenue de $2/7$ d'atmosphère.

Cet exemple est donné pour démontrer comment les qualités de ces appareils au point de vue de l'étude des phénomènes des moteurs à mélange tonnant, sont précieuses.

Deuxième salle d'essais. — La deuxième salle d'essais du laboratoire de l'Automobile-Club de France comporte deux bancs pour la détermination de la puissance des moteurs et un banc pour la détermination de la puissance à l'axe moteur des voitures automobiles.

Le premier des bancs pour moteurs se compose d'un bâti en fonte, qui a une table dressée, munie de rainures dans lesquelles viennent se fixer, à l'aide de boulons, de fortes équerres sur lesquelles reposent les pattes d'attache du moteur.

On peut également, sur cette table, disposer des sommiers en bois qui remplissent le même rôle que ces équerres métalliques.

Guide du constructeur d'automobiles

Le bâti en fonte a un prolongement formant support d'une dynamo-dynamomètre, construite par la Société des anciens établissements Panhard et Levassor, en collaboration avec la maison Hillairet-Huguet.

Cette dynamo est établie pour fournir un courant de 120 ampères, sous une tension de 230 volts, à 800 tours.

Mais, en vue de l'étude spéciale des moteurs à mélange tonnant, à laquelle elle est destinée, l'excitation, qui était une excitation série, a été changée.

Le système inducteur comporte 4 bobines indépendantes ; ces bobines ont été groupées deux par deux, en série, et les deux groupements ainsi réalisés, en quantité.

On a pu ainsi utiliser comme courant d'*excitation indépendante* le courant de secteur de Levallois (110 volts, continu).

L'excitation indépendante assure ainsi à la dynamo la possibilité d'être utilisée à toutes les vitesses auxquelles tournent ordinairement les moteurs à mélange tonnant et de plus, un rhéostat d'excitation permet, en changeant la valeur du champ inducteur, de faire varier la résistance fournie au moteur en essais.

Nous avons vu (page 331) ce que l'on entend par dynamo-dynamomètre. Nous n'y reviendrons donc pas ici.

Deuxième banc. — Le deuxième banc est constitué par un massif en maçonnerie dans lequel sont noyés des fers I, formant des rainures

dans lesquelles viennent se fixer des consoles et équerres destinées à supporter les pattes d'attache des moteurs.

Le frein de ce banc est un moulinet dynamométrique du colonel Renard, supporté par un bâti fixe en bois.

Nous avons donné précédemment (page 335) la

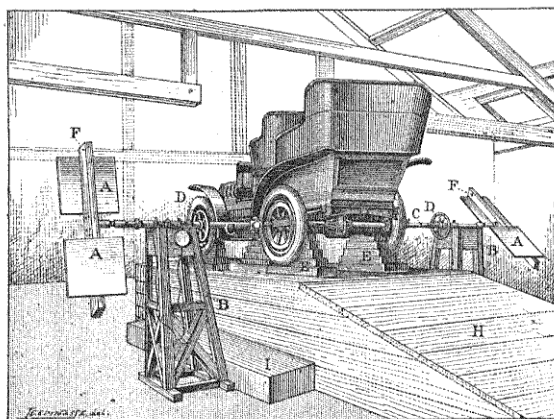


FIG. 176. — Mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture à l'aide des moulinets Renard.

description du moulinet dynamométrique Renard ainsi que les formules relatives à l'essai des moteurs au moyen de cet ingénieux appareil.

La figure 176 montre la disposition d'une expérience pour l'application des moulinets Renard à la mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture.

La voiture est montée par le plan incliné H

Guide du constructeur d'automobiles

sur une plateforme surélevée au-dessus du sol du laboratoire ; des cales en bois E supportent les essieux afin que les roues ne touchent pas la plateforme ; les moulinets, composés des barres F et des plans A sont montés aux deux extrémités de l'essieu moteur ; les moulinets sont supportés par les bâtis B. C est l'arbre cardan transmettant le mouvement de l'essieu à la barre du moulinet. D est la commande du tachymètre et I le poste de vérification de cet appareil.

L'essai se fait suivant les méthodes qui ont été exposées pour la mesure de la puissance d'un moteur monté sur le banc d'essais.

Par la simplicité de son emploi, le moulinet Renard tend à être employé de plus en plus dans les laboratoires d'usine pour les essais de puissance des moteurs. L'essai au moulinet Renard nécessite, en effet, une installation bien moins coûteuse que la dynamo-dynamomètre et l'expérience elle-même est de conduite beaucoup plus facile que l'essai au frein de Prony qui exige des précautions assez minutieuses pour donner de bons résultats.

Essais de silencieux et des tuyauteries d'échappement. — Le silencieux est un organe assez important dans une voiture automobile ; il importe, en effet, que son action soit aussi efficace que possible, tout en provoquant la perte de puissance la plus petite possible.

La Commission technique de l'Automobile-Club de France a fait procéder dans son labora-

toire à des essais fort intéressants qui ont conduit aux conclusions suivantes :

1° Les gaz, du fait de l'échappement à la sortie du moteur (échappement libre), éprouvent de la part de l'air une contre-pression qui se traduit par une diminution de la puissance du moteur.

2° En vue de l'augmentation de la puissance, on a intérêt à provoquer une condensation des gaz de l'échappement par un rapide refroidissement de ces gaz immédiatement à la sortie du moteur.

3° On ne doit pas, dans le refroidissement des gaz, dépasser une certaine limite telle que les procédés employés pour réaliser ce refroidissement viennent, par une diminution de la puissance de leur fait, contrebalancer l'augmentation obtenue par le refroidissement.

En effet, les gaz, lorsque leur refroidissement est provoqué par leur passage entre des parois, doivent éprouver le minimum de résistance dû au frottement contre ces parois et il paraît nécessaire de provoquer le refroidissement le plus intense avec le minimum de circulation des gaz entre ces parois.

Il semble donc inutile de rechercher un refroidissement complet des gaz de l'échappement.

En effet, ce refroidissement sera d'autant plus lent que la différence de température des gaz à l'intérieur du tube et de l'air ambiant sera faible, et l'expérience démontre bien qu'alors les résistances provoquées par le passage des gaz dans

Guide du constructeur d'automobiles

de longues tuyauteries déterminent une perte de puissance.

Il résulte des expériences de la Commission technique que, en ce qui concerne la longueur des tuyauteries d'échappement, *il y a augmentation de puissance jusqu'au troisième mètre, puis diminution rapide de cette puissance jusqu'au cinquième.*

Le graphique de la figure 177, qui résume les expériences, montre comment varie le rapport :

$$\frac{P f}{P e} = \frac{\text{Puissance avec tuyauterie}}{\text{Puissance avec échappement libre}}$$

avec la longueur de la tuyauterie.

Voyons maintenant rapidement comment ont été conduites les expériences pouvant servir de type à d'autres essais analogues.

Le moteur qui sert à ces essais est le moteur monocylindrique Gillet-Forest, ayant comme caractéristiques :

Alésage : 140 millimètres,
Course : 160 millimètres,
Vitesse angulaire : 800 tours par minute,
moteur dont nous avons parlé plus haut (page 366), dans la description du laboratoire de l'A. C. F.

Ce moteur était muni sur la bride d'échappement d'une fourche en tubes d'acier, fourche à deux branches verticales, rigoureusement symétriques, terminées chacune par une bride creuse.

Sur l'une de ces brides se montait la tuyau-

terie en essais, par l'orifice de l'autre bride les gaz étaient évacués à l'air libre. Une palette

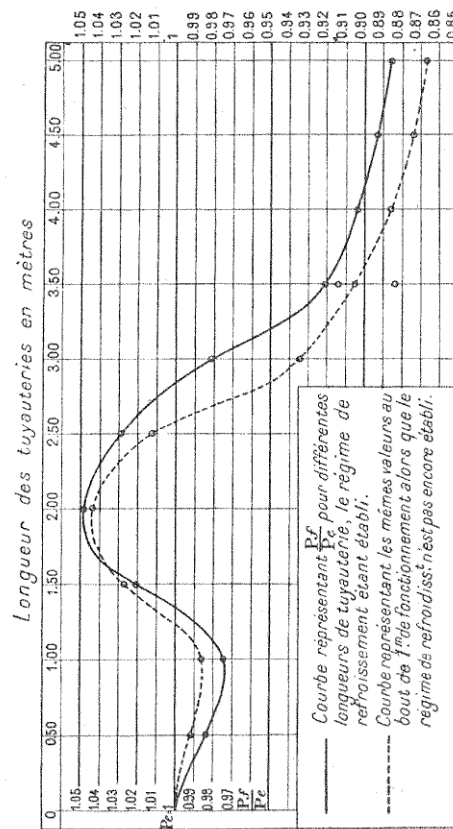


Fig. 177. — Essais sur les tuyauteries d'échappement.

percée de deux orifices que l'on manœuvrait à la main couissait dans les brides creuses et

Guide du constructeur d'automobiles

permettait l'évacuation des gaz, soit par une des branches de la fourche, soit par l'autre, soit à l'air libre, soit dans la tuyauterie.

Il avait été très facile de vérifier soigneusement que le passage des gaz dans l'une ou l'autre branche de la fourche ne provoquait aucun changement dans la puissance du moteur, ce qui établissait leur symétrie rigoureuse.

Les tuyauteries utilisées par ces essais furent constituées de la façon suivante : on prit dix morceaux de tubes en cuivre rouge de même longueur (0 m 50), avec collets rabattus à chacune des extrémités des morceaux, de façon à permettre leur assemblage à l'aide de brides.

On plaçait un certain nombre de ces morceaux bout à bout, de façon à constituer une tuyauterie d'une longueur de 1 m 50 par exemple.

On notait alors, toutes les minutes environ, la température des gaz à l'extrémité du tube à l'aide d'un thermomètre placé à poste fixe sur un étrier qui lui assurait une position bien déterminée à la sortie du dernier morceau du tube.

On faisait alors, au même moment, une lecture de la puissance développée par l'observation du voltmètre et l'ampèremètre et dans les conditions expérimentales décrites précédemment.

Le graphique de la figure 177 résume les observations faites pendant ces expériences : on a porté en abscisses les longueurs successives

de la tuyauterie d'échappement et en ordonnées les différentes valeurs correspondantes du rapport $\frac{P_f}{P_e}$ (voir plus haut).

Pendant les premières minutes de l'expérience, le régime d'évacuation de la chaleur par les parois de la tuyauterie variait, et ce n'est qu'aux environs de la quinzième minute que ce régime était constant.

Les dimensions de la section transversale du tube étaient les suivantes :

Diamètre extérieur : 55 millimètres ;

Diamètre intérieur : 50 millimètres ;

Épaisseur du tube : $2 \frac{m}{m}$ 5.

L'orifice d'échappement du moteur était circulaire et avait un diamètre de 50 millimètres.

La vitesse angulaire du moteur était maintenue constante à 800 tours par minute. La tension du courant produit était elle-même constante et égale à 80 volts : il en résulte que pour comparer les puissances il a suffi de comparer les débits (1).

Le même dispositif expérimental permettrait de faire des essais de silencieux; on opérerait, par exemple, de la façon suivante:

Sur l'une des brides de la fourche symétrique dont nous avons parlé plus haut, on monte

(1) G. Lumet, *Essais sur les tuyauteries d'échappement* loc. cit., numéro d'octobre 1906.

Guide du constructeur d'automobiles

un silencieux d'un type déterminé, l'autre branche de la fourche réalisant l'échappement libre. On fera des expériences conduites comme pour les essais que nous venons de décrire et on pourra déterminer ainsi la valeur du rapport :

$$\frac{P_{s_1}}{P_e} = \frac{\text{Puissance avec le silencieux 1}}{\text{Puissance avec échappement libre}}$$

pour des conditions données de marche du moteur.

Il suffira ensuite de substituer au silencieux 1 le silencieux de type nouveau 2 qu'il s'agit d'étudier et, par la même méthode, on déterminera la valeur du rapport :

$$\frac{P_{s_2}}{P_e},$$

toutes autres choses égales d'ailleurs.

On pourra ainsi comparer les deux silencieux au point de vue de la puissance absorbée.

L'essai comparatif pourrait se faire aussi en montant le deuxième silencieux sur la branche de la fourche qui servait à l'échappement libre dans la première expérience et on aurait ainsi directement la valeur du rapport :

$$\frac{P_{s_2}}{P_{s_1}} = \frac{\text{Puissance avec le silencieux 2.}}{\text{Puissance avec le silencieux 1.}}$$

*
* *

Nous venons de passer en revue les méthodes usuelles d'essai des organes d'une voiture dont l'étude est particulièrement intéressante en vue d'en déterminer la valeur. Nous n'avons pas craint de nous étendre un peu sur ce sujet car la bonne exécution de ces divers essais est

Les Essais

très importante dans une fabrication consciencieuse ; il nous a donc paru utile d'exposer avec quelque détail les méthodes susceptibles de donner des résultats sûrs et réguliers, comparables dans tous les cas.

Les essais de puissance des moteurs sont d'un intérêt tout particulier : parmi les appareils que nous avons décrits, le moulinet dynamométrique Renard paraît être celui dont l'emploi est le plus simple et le plus rapide.

Pour les essais de consommation, le dispositif expérimental en usage au laboratoire de l'A. C. F. est fort intéressant : il peut être installé sans difficulté dans n'importe quel laboratoire d'usine où il est appelé à rendre les plus grands services.

Les organes primordiaux de la voiture ayant été essayés au laboratoire, il ne reste plus, avant de remettre au carrossier le châssis pour le montage de la carrosserie, qu'à l'essayer sur la route (1) : cet essai, en palier et en côte, permet de s'assurer que l'ensemble du mécanisme fonctionne parfaitement.

Le châssis est alors remis au carrossier. Une fois la carrosserie entièrement terminée, la voiture retourne à l'usine où elle est soumise à un dernier essai sur route et à une ultime mise au point.

(1) Certaines usines, comme l'usine Clément-Bayard, ont disposé dans l'usine même une piste pour cet essai des châssis montés.

CHAPITRE XIV

Réglage des moteurs.

Le réglage d'un moteur d'automobile est l'opération par laquelle on fixe à chacun des organes essentiels de ce moteur la position qu'il doit occuper par rapport aux autres organes. C'est aussi la façon même dont sont mis en rapport ces divers organes ou en d'autres termes, la relation qui est établie entre les mouvements de ces organes.

Ainsi, par exemple, le cycle théorique à quatre temps comporte l'ouverture et la fermeture des soupapes aux points morts : c'est là un mode de réglage, ou tout simplement, un *réglage*.

Mais dans la plupart des moteurs, ainsi que nous allons le voir tout à l'heure, le montage des soupapes n'est pas fait de cette façon théorique : c'est ainsi que dans tous les moteurs, ou à peu près, l'ouverture de l'échappement se fait un peu avant l'arrivée du piston au point mort (*avance à l'échappement*), que dans le système Forest et Gallice (voir plus loin), la fermeture des soupapes d'admission, dans les moteurs à

Réglage des moteurs

quatre cylindres, au lieu de se faire exactement au point mort bas, a lieu un peu après le passage du piston à ce point mort, etc., etc.

Il y a là autant de *réglages* différents des moteurs ; le réglage ne porte pas seulement sur les moments d'ouverture et de fermeture des soupapes : le point d'allumage, lui aussi, fait l'objet d'un réglage particulier.

Nous allons, dans ce qui va suivre, examiner les principaux modes de réglage des moteurs employés pratiquement aujourd'hui dans la *construction automobile*.

Epures de réglage ou de distribution. — Il convient de faire connaître, tout d'abord, un mode de représentation graphique du réglage des moteurs, d'une grande simplicité, employé dans les usines pour donner à l'ouvrier d'une façon précise le réglage adopté par le bureau d'études et qu'il doit réaliser pratiquement sur le moteur qu'il est chargé de régler.

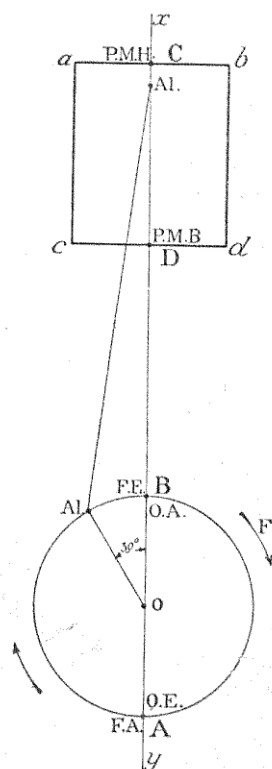


FIG. 193.

Guide du constructeur d'automobiles

La figure 193 représente une telle épure, dans le cas du réglage du cycle *théorique* à quatre temps.

Pour établir cette épure, on opère de la manière suivante ;

Tracer un axe vertical xy ; d'un point O de cet axe comme centre et avec un rayon égal à la moitié de la course (ou soit à la longueur de la manivelle), décrire une circonférence ; sur l'axe xy , à partir du point B et dans le sens AB , porter une longueur BC égale à la longueur de la bielle. Nous obtenons un point C qui correspond au point mort haut dans le cylindre. Toujours sur le même axe, à partir de C et dans le sens CB , cette fois, portons une longueur CD égale à la course du piston (ou soit au diamètre AB). Le point D correspond au point mort bas.

Si nous voulions rendre l'épure plus claire, qu'elle parle mieux aux yeux, nous pourrions figurer schématiquement le cylindre en menant aux points C et D des perpendiculaires à xy et en portant de part et d'autre de xy des longueurs égales au demi-alésage. Le rectangle $abcd$ représente alors schématiquement la coupe du cylindre par un plan passant par l'axe (et qui, sur l'épure, se trouve être en outre perpendiculaire à l'axe moteur, lequel rencontre en O le plan de figure).

Dans ces conditions, la circonférence de centre O représente le chemin parcouru par le bouton de manivelle.

Supposons, pour établir l'épure, que notre

Réglage des moteurs

moteur, fonctionnant suivant le cycle à quatre temps théorique,

- 1° soit prévu avec une avance à l'allumage fixe ;
- 2° que l'admission s'ouvre exactement au moment où le piston franchit le point mort haut ;
- 3° que l'admission se ferme exactement au moment où le piston franchit le point mort bas ;
- 4° que l'échappement s'ouvre exactement au point mort bas (puisque le fonctionnement est supposé tel que la théorie le prévoit) ;
- 5° enfin, que la fermeture de l'échappement se fasse au point mort haut, au moment où se fait l'ouverture de l'admission.

Reprenons notre épure :

Au moment où s'ouvre l'admission, le piston est en C, *point mort haut* (que nous désignerons sur les autres épures par P. M. H.) ; la bielle CB est dirigée suivant l'axe xy et le bouton de manivelle est en B sur la circonférence O (ce point sera désigné sur la circonférence par OA : *ouverture de l'admission*) ; l'admission se fait, le piston descend jusqu'en D, *point mort bas* (P. M. B.) et l'admission se ferme : le bouton de manivelle est en A ou F. A. (*fermeture de l'admission*) sur la circonférence O ; la manivelle a tourné dans le sens de la flèche F.

Le piston remonte, la compression a lieu, le bouton de manivelle continue à parcourir la circonférence, de A vers B. Nous avons admis une avance à l'allumage fixe : supposons que l'étincelle se produise au moment où le bouton de manivelle est en Al (*Allumage*) ; la manivelle fait, par exemple, un angle de 30° avec l'axe xy .

Guide du constructeur d'automobiles

L'explosion se produit, suivie de la détente motrice, pendant laquelle le bouton de manivelle parcourt l'arc $Al-A$: à ce moment, l'échappement s'ouvre, le piston étant au point mort bas.

Le point A sur la circonférence représente donc, pour ce réglage, à la fois le point où se trouve le bouton de manivelle à la fermeture de l'admission et celui où il se trouve à l'*ouverture de l'échappement* (O.E.).

L'échappement se produit pendant toute la course ascensionnelle du piston, de D (P.M.B.) à C (P.M.H.), le bouton de manivelle parcourant à nouveau, pendant ce temps, l'arc $A. Al. B$. Lorsque le piston atteint le point mort haut, la *fermeture de l'échappement* (F.E.) se produit, le bouton de manivelle étant en B.

L'ouverture de l'admission a lieu de nouveau et le même cycle recommence. L'épure de la figure 193 représente cette série d'opérations d'une manière simple.

Ainsi que nous allons le voir, on peut représenter avec la même facilité la distribution d'un moteur fonctionnant suivant un cycle modifié.

Ces épures vont nous permettre d'être plus bref pour expliquer les divers modes de réglage adoptés par les constructeurs.

Avance à l'échappement. — La modification la plus simple au cycle, l'une des premières qui aient été apportées au cycle théorique à quatre temps, est l'*avance à l'échappement*, c'est-à-dire l'ouverture anticipée de l'échappement,

Réglage des moteurs

avant que le piston soit parvenu au point mort bas.

C'est l'observation suivante qui a démontré la nécessité de l'avance à l'échappement :

En examinant des diagrammes pris sur des cylindres de moteurs à explosion, on voit qu'à la fin du troisième temps la pression inutilisée (voir plus loin) est d'autant plus grande que la course du piston est plus réduite et sa vitesse plus grande.

Afin de faire tomber cette pression, on ouvre prématurément l'échappement : cette avance à l'ouverture grandit avec la vitesse de régime de chaque moteur. La chute de pression est donc obtenue au détriment du rendement thermique, car cette pression inutilisée s'échappe en pure perte à l'extérieur *pour ne pas arrêter le piston dans sa course de retour, quatrième temps.* (F. Forest) (1).

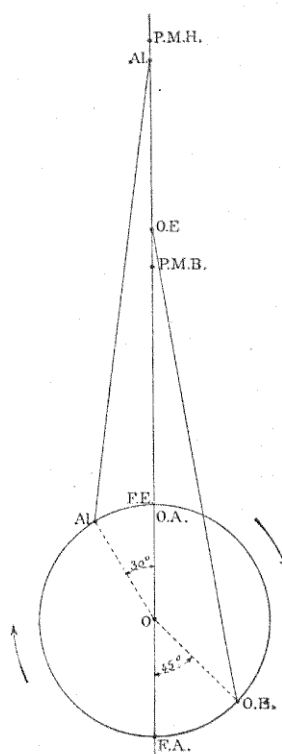


FIG. 194.

(1) Voir plus loin, page 409, *Fermeture de l'admission.*

Guide du constructeur d'automobiles

Dans la plupart des moteurs, l'avance à l'échappement a une valeur telle que la manivelle fasse avec l'axe xy un angle de 40 à 45° au moment où s'ouvre l'échappement.

La figure 194 montre l'épure de distribution d'un moteur ayant une avance de 45° à l'échappement, mais fonctionnant, pour le reste, comme celui de la figure 193.

L'ouverture de l'échappement a lieu lorsque le bouton de manivelle est en **O.E.**

Avance à l'allumage. — Dans les schémas des figures 193 et 194, l'avance à l'allumage est supposée fixe et ayant une valeur de 30° . C'est ce qui a lieu dans beaucoup de moteurs à allumage par magnéto, dans lesquels la manette d'avance est supprimée, le constructeur ayant donné à l'avance une fois pour toutes la meilleure valeur pour obtenir un bon rendement au moteur.

Dans ces moteurs, toutefois, un dispositif est prévu pour permettre de donner du retard à l'allumage à la mise en marche du moteur. On sait, en effet (1), que si l'on tournait la manivelle de mise en marche, le moteur ayant de l'avance à l'allumage, on s'exposerait à des retours de manivelle des plus dangereux, puisqu'ils peuvent déterminer la fracture de l'avant-bras du chauffeur imprudent.

Dans les moteurs à allumage par bobines et

(1) Voir notre *Manuel pratique d'Automobilisme*, page 332.
(Troisième édition, Paris, Garnier frères.)

Réglage des moteurs

piles ou accus, l'avance est variable, dans certaines limites, à la volonté du conducteur. On peut dans ce cas, indiquer sur l'épure, de la même façon, les points correspondants aux avance et retard maxima.

Fermeture de l'échappement. — La fermeture de l'échappement se fait presque toujours exactement au point mort haut comme sur les épures 193 et 194.

Certains constructeurs, cependant, donnent une très légère avance à la fermeture de l'échappement (de 1 à 3°). L'ouverture de l'admission se fait alors avec la même avance très faible.

Ouverture de l'admission. — Mêmes observations que pour la fermeture de l'échappement (voir ci-dessus.)

Fermeture de l'admission. — Dans tous les moteurs fonctionnant suivant le cycle théorique à quatre temps, la fermeture de l'admission se fait exactement au point mort bas : ce fut là, pendant longtemps, le mode de réglage adopté par les constructeurs.

Le piston ayant alors parcouru, depuis l'ouverture de l'admission, la valeur totale de sa course, une *cylindrée entière* de mélange détonant a été admise dans le cylindre.

Cette cylindrée *entière* (nous insistons là-dessus) va être comprimée jusqu'au moment où se produit l'étincelle (manivelle en AI). L'explo-

sion a lieu et la détente motrice fait décrire au bouton de manivelle l'arc **AL.-O.E.** (figures 193 et 194) ; la détente produit donc un déplacement du piston égal ou sensiblement égal au déplacement qui a produit l'admission, et le *volume de détente est sensiblement égal au volume d'admission* (augmenté du volume de la chambre de compression).

La pression des gaz au moment de l'explosion étant très élevée, il en résulte que, dans ce réglage, la détente est très incomplète et l'expérience a montré qu'au moment de l'ouverture de l'échappement, les gaz sont encore à une pression de 2 à 3 kilogrammes par centimètre carré : ils sont donc évacués dans l'atmosphère à cette pression.

Il y a là, de toute évidence, une perte d'énergie importante et il y aurait le plus grand intérêt à *prolonger la détente* pour récupérer cette énergie, en évacuant les gaz à une pression aussi voisine que possible de la pression atmosphérique.

Pour obtenir ce résultat, nous ne pouvons guère songer à augmenter la course de détente, sans modifier la course d'admission ; en effet, pour augmenter la course de détente, il faudrait allonger la course du piston, ce qui augmenterait d'autant la quantité de mélange aspirée.

Ce qu'il faudrait donc, c'est pouvoir augmenter la course du piston, à l'expansion, tout en la maintenant la même à l'aspiration et à la compression, ou bien, ce qui revient au même, ré-

Réglage des moteurs

duire la course à l'aspiration en la maintenant la même à l'expansion ; en un mot, *réduire la quantité de mélange introduit*, toutes ces choses restant d'ailleurs en l'état.

Pour réduire la quantité de mélange introduit, deux moyens s'offrent à nous :

Le premier moyen consiste, soit à fermer l'admission avant l'arrivée du piston au point mort bas (le volume admis se trouvant ainsi être forcément inférieur à la cylindrée totale), soit à étrangler suffisamment l'admission pour diminuer la quantité de mélange admise dans le cylindre.

Mais il en résulte alors une dépression partielle dans le cylindre, ce qui a pour effet de déterminer une succion de l'huile du carter, laquelle vient encrasser les bougies (1).

Le second moyen, qui seul constitue une solution élégante et pratique du problème, a fait l'objet d'un brevet pris en 1891, par MM. Fernand Forest et Georges Gallice.

Ce moyen, applicable aux moteurs à quatre cylindres avec conduite d'arrivée des gaz commune aux quatre cylindres, repose sur l'observation suivante :

Dans un moteur à quatre cylindres, l'un des cylindres, le n° 1, par exemple, commence sa compression au moment où le cylindre n° 3 commence son aspiration (les deux autres cylin-

(1) L'inconvénient serait moindre dans le cas de l'allumage par magnéto à rupteurs.

Guide du constructeur d'automobiles

dres faisant à ce moment, l'un son échappement, l'autre la détente motrice).

Cela étant, supposons que par un dispositif mécanique approprié, nous maintenions ouverte la soupape d'admission du premier cylindre après que le piston a franchi le point mort bas (au lieu de fermer cette soupape exactement au point mort, comme dans les réglages des figures 193 et 194).

Que va-t-il se passer ?

Le piston du cylindre n° 1, ayant dépassé le point mort bas, commence sa course ascensionnelle, *course de compression*. Mais, la soupape d'admission étant restée ouverte par hypothèse, la compression ne peut avoir lieu, et les gaz, poussés par le piston vont être refoulés à travers l'orifice d'admission qu'ils trouvent ouvert devant eux.

Ils passent donc *dans la conduite d'amenée de gaz aux cylindres*.

S'il s'agissait d'un monocylindrique, ces gaz n'auraient qu'une ressource, celle de repasser au carburateur et, de là, dans l'atmosphère, si la soupape d'admission restait ouverte suffisamment longtemps.

Mais nous sommes en présence d'un moteur à quatre cylindres avec conduite d'arrivée de gaz commune aux quatre cylindres.

Or, ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut, au moment où le cylindre n° 1 commence sa compression, le cylindre n° 3 commence son aspiration. Dans ces conditions, les gaz refoulés par le piston du cylindre n° 1 vont

Réglage des moteurs

se précipiter vers le cylindre qui aspire à ce moment, et ce, tant que restera ouverte la soupape d'admission.

Dès que cette soupape se fermera, le fonctionnement ordinaire reprendra, la compression se faisant dans le cylindre n° 1 pendant que le cylindre n° 3 continue à aspirer, mais cette fois dans le carburateur.

Il y aura donc eu, jusqu'à la fermeture de la soupape d'admission, et *depuis le passage du point mort, refoulement ou transvasement d'une partie de la cylindrée du cylindre qui commence sa compression dans celui des cylindres qui, à ce moment, fait son aspiration.*

Nous n'avons donc conservé qu'une partie plus ou moins grande de la cylindrée admise et nous avons réalisé de la façon la plus simple le but poursuivi :

Réduire le volume admis en conservant sa valeur ordinaire au volume de détente.

Et, par cet artifice, nous aurons permis de prolonger la détente et, par suite, d'utiliser d'une façon beaucoup plus complète la pression des gaz et de n'évacuer ceux-ci qu'à une pression aussi voisine que possible de la pression atmosphérique.

On peut même calculer le moment de la fermeture des soupapes d'admission, c'est-à-dire l'importance du retard à la fermeture, de manière à évacuer les gaz à la pression atmosphérique.

Il résulte déjà, à notre avis, de la façon la plus évidente, de ce qui précède que ce pro-

Guide du constructeur d'automobiles

cédé de refoulement ou *transvasement* d'une partie de la cylindrée dans les moteurs à quatre cylindres doit augmenter le rendement du moteur auquel il est appliqué.

Mais nous pouvons donner une expression numérique de l'augmentation de rendement que l'on doit obtenir ; il suffit de faire le simple raisonnement suivant :

La combustion d'un gramme d'essence dégage 11 calories, sur lesquelles 50 %, soit 5,5 calories, sont emportées à l'échappement par les gaz brûlés ; 30 %, soit 3,3 calories, partent avec l'eau de refroidissement ; nous perdons donc, sur 11 calories :

$$5,5 + 3,3 = 8,8 \text{ calories.}$$

Et il reste, comme utilisation :

$$11 - 8,8 = 2,2 \text{ calories.}$$

Le *rendement thermique* est de 2,2 calories.

Pour augmenter ce rendement de 50 %, il suffit de prendre *une* des 5,5 calories perdues à l'échappement. Or, une calorie est contenue dans le 1/11 du volume d'air saturé par *un* gramme d'essence.

Si donc nous transvasons, suivant la méthode exposée ci-dessus, d'un cylindre dans l'autre, le 1/11 du volume de la cylindrée entière, et que nous comprimons les 10/11 qui restent dans le cylindre à la même compression que l'on comprimait primitivement la cylindrée entière, le travail restera sensiblement le même, et nous économiserons 1 calorie, d'où augmentation du rendement de près de 50 %.

Or, nous pouvons très bien transvaser plus

Réglage des moteurs

du 1/11 de la cylindree sans diminuer de beaucoup la puissance (l'expérience l'a démontré) et nous réaliserons alors une économie beaucoup plus importante.

Le transvasement dans les moteurs à quatre cylindres constitue donc un moyen d'un intérêt puissant, appelé, sans aucun doute, à une très grande généralisation : il permet d'établir, en effet, des moteurs extrêmement économiques; or l'économie dans la consommation des moteurs, dont on a fait si longtemps, est aujourd'hui à l'ordre du jour et il est bien certain que l'on s'en préoccupera de plus en plus, car les applications utilitaires de l'automobile (omnibus et fiacres automobiles, poids

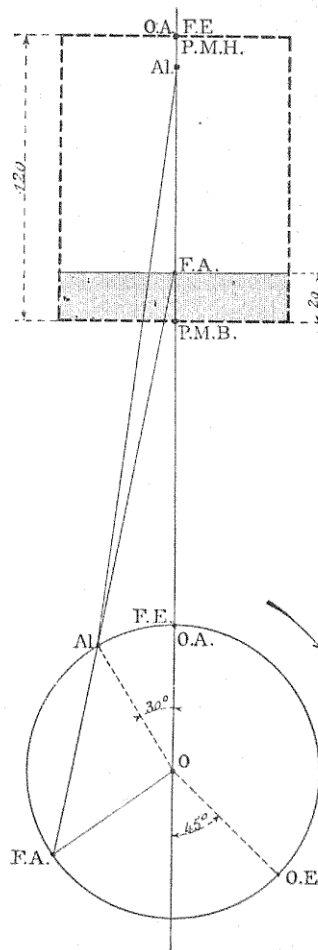


FIG. 195.

Guide du constructeur d'automobiles

lourds, etc.) prennent une importance chaque jour grandissante.

La fermeture retardée des soupapes d'admission constitue encore un avantage considérable pour la *carburation* et l'admission : dans les moteurs avec fermeture de l'admission au point mort, la colonne des gaz se heurte aux clapets d'admission, tandis qu'avec la fermeture retardée, cette colonne conserve son mouvement.

Nous ne pouvons ici, sans sortir de notre cadre, entrer dans de plus grands développements sur cette question si intéressante du transvasement par le retard à la fermeture des soupapes d'admission : le lecteur que cela intéresserait trouvera de plus amples détails dans le magistral ouvrage de M. Fernand Forest (*Les Bateaux automobiles*).

Nous avons représenté, dans la figure 195, l'épure de distribution d'un moteur comportant :

l'avance à l'allumage de 30° ;

l'avance à l'échappement de 45° ;

le *retard à la fermeture des soupapes d'admission*. Nous avons supposé que les soupapes de ce moteur fermaient, pour une course de 120 millimètres, par exemple, à 20 millimètres après le point mort. Cela correspond au transvasement du $\frac{1}{6}$ de la cylindrée ; le rectangle teinté sur l'épure représente graphiquement la tranche de volume gazeux qui est refoulée, et reprise par le cylindre qui aspire au même moment.

Réglage des moteurs

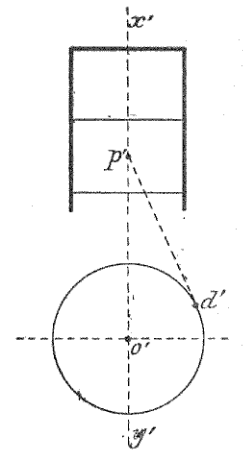
Désaxement, moteurs désaxés. — Dans les épures précédentes, nous avons toujours supposé que le moteur était monté de telle manière que l'axe du cylindre passât par l'axe moteur.

C'est de cette façon qu'ont été montés pendant longtemps tous les moteurs et, aujourd'hui encore, un très grand nombre de constructeurs ne font pas autrement.

Il existe, toutefois, un autre mode de montage du cylindre par rapport à l'axe moteur et qui consiste à les *désaxer*, c'est-à-dire à déporter latéralement le plan axial des cylindres par rapport à l'axe de l'arbre moteur. Le premier moteur désaxé paraît avoir été établi par les usines Mors pour leurs voitures des Eliminatoires 1904; depuis, il a été adopté par d'autres constructeurs, pour leur fabrication courante.

Quel avantage y a-t-il à « désaxer un moteur » ?

Tous nos lecteurs savent que les pistons des moteurs d'automobile diffèrent de ceux des machines à vapeur à double effet en ce qu'ils n'ont pas de tige, de sorte qu'ils ne sont pas guidés; il en résulte que l'*obliquité de la bielle* donne lieu à des réactions latérales. De là une ten-

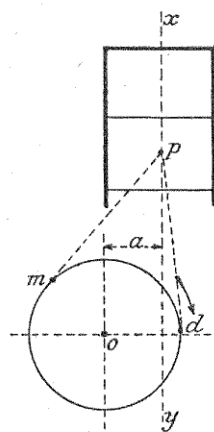


Moteur non désaxé.

FIG. 196.

dance au coincement (produisant à la longue de l'ovalisation des cylindres) qui conduit à la nécessité de donner à ces pistons une assez grande longueur.

Il est clair que la réaction latérale est d'autant



Moteur désaxé.

FIG. 197.

plus grande que la bielle est plus courte, puisque l'angle maximum d'écart a alors une valeur d'autant plus élevée. En pratique on a reconnu qu'il n'était pas prudent de donner à la bielle une longueur inférieure au quadruple de celle de la manivelle. On a donc intérêt, pour diminuer l'obliquité, à faire des bielles très longues, mais cela conduit à faire des cylindres plus hauts, et, par suite, plus lourds.

En désaxant le cylindre, comme le nombre schématiquement la figure 197, pendant le temps moteur, l'angle

d'écart des positions extrêmes de la bielle a une valeur moindre, ce qui diminue la réaction du piston sur les parois du cylindre. Il est vrai que cette réaction sera augmentée, pour la même raison, pendant le temps de compression, l'angle $m p y$ étant alors plus grand que dans un moteur non désaxé, mais, comme la pression au moment de l'explosion peut atteindre 25 ou 30 kilogrammes par centimètre carré, tandis

Réglage des moteurs

qu'elle n'est que de 5 à 6 kilogrammes à la compression, on gagne à ce dispositif plus qu'on ne perd.

Les figures 196 et 197 montrent très schématiquement un moteur désaxé et un moteur non désaxé. La quantité a dont le moteur est désaxé est exagérée pour la clarté du schéma. En pratique, pour un moteur de 15 à 20 chevaux, a peut varier, suivant les constructeurs, de 12 à 18 millimètres.

On voit clairement, sur ces schémas, que l'obliquité de la bielle est réduite pendant la détente motrice, car l'angle $d'p'y'$ est supérieur à l'angle dpy .

Enfin la figure 198 est l'épure de distribution d'un moteur comportant les diverses particularités

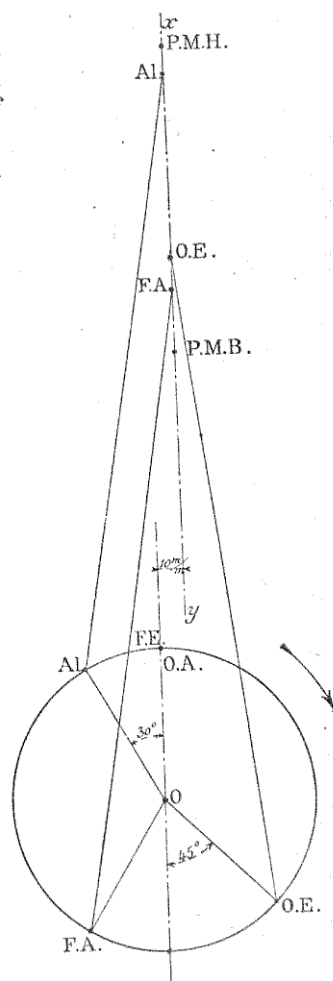


FIG. 198.

Guide du constructeur d'automobiles

que nous venons de passer en revue :

Avance à l'allumage fixe (30°);

Retard à la fermeture des soupapes d'admission (20 millimètres pour une course supposée de 120 millimètres);

Avance à l'échappement (45°);

Le moteur est désaxé de 10 millimètres.

L'ouverture de l'admission est supposée se faire exactement au point mort haut, ainsi que la fermeture de l'échappement.

Cette dernière épure, d'un caractère tout à fait général, montre de quelle manière on représente graphiquement la distribution d'un moteur quelconque. Elle suffira à l'ouvrier monteur pour faire le réglage du moteur qui lui est confié.

CHAPITRE XV

Montage des châssis, Essai des Voitures.

Dans les chapitres qui précèdent, nous avons vu de quelle manière s'opère la fabrication des divers organes dont est composée une voiture automobile. Il nous reste maintenant à monter tous les organes sur le châssis, dans leur position respective.

Tout d'abord, il y a lieu de faire subir au châssis une préparation : après vérification, on présente le châssis à la perceuse radiale (voir 1^{er} volume, page 282), au moyen de laquelle on perce les trous nécessaires au montage des divers organes.

Le châssis reçoit alors ses ressorts.

Les roues ne sont généralement montées que plus tard : pour la mise en place des organes, le châssis est simplement placé sur des tréteaux.

Le moteur, après avoir été monté, réglé et essayé, comme nous l'avons expliqué dans les chapitres précédents, est présenté sur le châssis et fixé dans sa position définitive.

Guide du constructeur d'automobiles

Pour permettre de fixer le moteur au châssis, le carter du moteur présente toujours des pattes venues de fonte (S figure 199). Dans ces

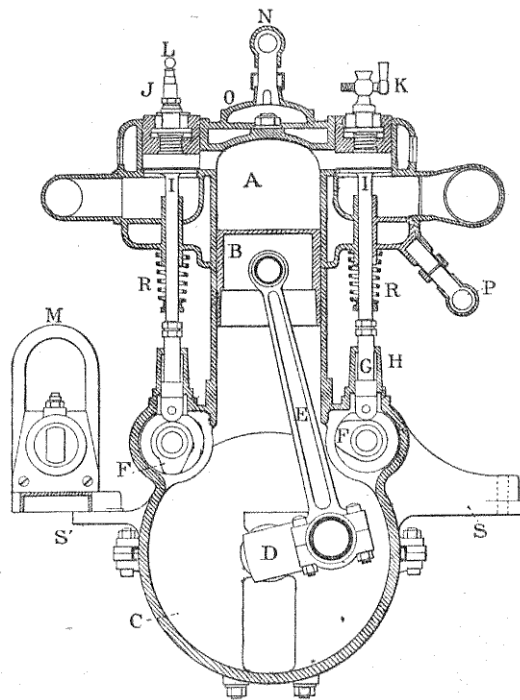


FIG. 199.

pattes sont percés des trous auxquels correspondent des trous percés dans le châssis lors de sa préparation et permettant de boulonner le moteur sur le châssis.

Dans beaucoup de voitures, il existe un faux-

Montage des châssis, Essai des voitures

châssis (établi souvent en tubes, même si le châssis proprement dit est en tôle emboutie, comme c'est presque toujours le cas aujourd'hui). C'est alors sur ce faux châssis que l'on monte le moteur.

Une fois le moteur monté sur le châssis, on met en place la boîte de vitesses, laquelle est boulonnée par des pattes *ad hoc* sur des entretoises prévues à cet effet dans le châssis.

Enfin, avec les différences de détail, suivant les types de voitures, dans l'exposé desquelles nous ne pouvons entrer ici, sont montés : la cardan et le pont arrière ou les pignons de chaînes et l'essieu arrière ;

la direction et l'essieu avant ;

le radiateur et la tuyauterie de refroidissement avec la pompe, s'il y a lieu ;

l'allumage : magnéto et sa commande, ou piles ou accumulateurs et bobines, et canalisation électrique (la magnéto fait souvent corps avec le moteur ; dans d'autres types, elle est fixée sur le châssis) ;

le carburateur, et toute la tuyauterie d'admission (d'amenée d'essence du réservoir au carburateur et d'amenée de mélange détonant du carburateur au moteur) ;

les commandes de l'admission de gaz (ou étrangleur, suivant le cas) : dans beaucoup de voitures, une manette placée sur le volant ou sur la colonne de direction permet de faire varier la composition du mélange détonant en admettant plus ou moins d'air ;

Guide du constructeur d'automobiles

- la tuyauterie d'échappement et le silencieux ;
- le graisseur et la tuyauterie de graissage ;
- les leviers de commandes du changement de vitesse et de frein ;
- les pédales de débrayage et de frein ;
- la pédale d'accélérateur ou de modérateur (ralentisseur) suivant les types de voitures ;
- la manivelle de mise en route, etc.

Le châssis ayant ainsi reçu tous les organes, avant de monter les roues, on fait généralement tourner pendant quelque temps le moteur pour s'assurer que le montage a été bien fait et que le fonctionnement est satisfaisant.

En même temps, on rode ainsi les pièces de manière à obtenir un roulement doux et silencieux.

On fait également, à ce moment, le réglage des diverses commandes et, notamment, du débrayage, de la manette d'admission, de la manette d'avance à l'allumage (pour les voitures qui en comportent et qui n'ont pas la magnéto, avec point fixe d'allumage), de la pédale d'accélérateur ou de modérateur suivant le cas.

La pédale de modérateur, lorsqu'elle existe, doit être réglée de manière à laisser tourner le moteur à sa vitesse minima lorsque ladite pédale est pressée à fond, le modérateur n'agissant plus du tout lorsque l'on lâche la pédale.

Dans le cas de l'accélérateur, le réglage est tel que le moteur tourne aussi lentement que possible lorsqu'on abandonne la pédale à elle-même, tandis que la pression sur la pédale fait emballer le moteur jusqu'à sa vitesse maxima.

Montage des châssis, Essai des voitures

Le châssis monté ayant été soumis, de cette manière, à un premier essai et à un réglage soigné, on monte les roues et les pneumatiques pour le faire rouler.

A ce moment, on règle le frein sur les roues, commandé par levier. (Le frein sur le différentiel a pu être réglé avant de monter les roues).

On monte sur le châssis une caisse d'essai lestée à l'arrière pour représenter le poids de la carrosserie que doit recevoir le châssis.

Celui-ci est alors soumis aux essais, en palier d'abord, au cours desquels le mécanicien pourra s'assurer si tous les organes se comportent comme ils le doivent, si la voiture donne la vitesse prévue, si le moteur ne chauffe pas, etc.

Des essais en côte sont faits ensuite ; ils permettent notamment de vérifier si le moteur tire bien et s'il ne chauffe pas, si les freins sont bien efficaces ; si la voiture démarre bien en côte, etc.

Après ces essais, le moteur doit être démonté pour que l'on puisse constater l'état des coussinets, des segments, des cylindres, etc., etc.

Le châssis est alors envoyé à la carrosserie : certains constructeurs ont dans leur usine un atelier de carrosserie et font eux-mêmes la fabrication et le montage des caisses.

Les caisses, après ferrage, ponçage, peinture et vernissage, sont montées sur le châssis qui, de son côté, a été peint au préalable. Nous n'entrerons pas dans le détail des diverses opérations énumérées ci-dessus, et qui sortent du cadre de ce livre.

Guide du constructeur d'automobiles

Il reste, après cette fixation de la caisse sur le châssis, à faire quelques raccords de peinture entre la caisse et le châssis : c'est ce que l'on appelle généralement la finition.

Enfin, la voiture est alors soumise à un dernier essai, après quoi elle est prête à être livrée au client.

CHAPITRE XVI

Formules usuelles.

Il nous reste à donner, dans ce chapitre, quelques formules utiles à connaître pour la construction automobile, ainsi que quelques renseignements pratiques pouvant trouver leur application dans cette même industrie.

FROTTEMENT

Voici les *coefficients de frottement de glissement* dans les principaux cas que l'on peut rencontrer (on sait que la *résistance au frottement est égale au produit de la pression normale par le coefficient de frottement*).

Frottement de roulement. — La force capable de vaincre la résistance au roulement est :

1° Proportionnelle à la pression résultant de la charge qui roule ;

2° Indépendante du rayon du cylindre roulant (si l'on suppose la force toujours appliquée au même bras de levier ;

Guide du constructeur d'automobiles

CORPS FROTTANTS	ÉTAT des SURFACES	COEFFICIENTS de frottement	
		AU DÉPART	en MOUVEMENT
Fonte sur fonte ou bronze	Peu graissées.	0,16	0,15
Fonte sur fonte ou bronze	Humides.	»	0,31
Fonte sur fonte ou bronze	Sèches.	0,19	0,18
Fer sur fer	Sèches.	»	0,40
Fer sur fer	Peu graissées.	0,13	»
Bronze sur fonte. . .	Sèches.	»	0,21
Bronze sur fer. . . .	Peu graissées.	»	0,16
Bronze sur bronze. .	Sèches.	»	0,20
Courroie en cuir, sur fonte polie.	Neuves et sèches.	»	0,095
Courroie en cuir, sur fonte polie.	Neuves et onctueuses.	»	0,155
Courroie en cuir, sur fonte polie.	Vieilles avec cambouis.	»	0,20
Courroie en cuir, sur fonte rugueuse. . .	Neuves.	»	0,26
Courroie en cuir, sur fonte rugueuse. . .	Vieilles avec cambouis.	»	0,30
Courroie en cuir, sur tambour en chêne .	Sèches.	0,47	0,27
Courroie en caoutchouc sur fonte polie. . .	Neuves.	»	0,20
Corde en chanvre ou coton, sur fonte polie.	Sèches.	»	0,075

Formules usuelles

3° Inversement proportionnelle au même rayon, si la force agit tangentiellement.

Le coefficient de résistance au roulement pour deux mêmes substances est toujours inférieur au coefficient de frottement de glissement.

Résistance au roulement d'un véhicule. — Si P est le poids de la voiture, f le coefficient de frottement, on a, pour le frottement W :

a) En palier :

$$W = \frac{1}{200} \text{ à } \frac{1}{300} P$$

b) En côte (la route faisant l'angle α avec l'horizontale) :

$$W = P \sin \alpha = P \frac{H}{L}.$$

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

Le tableau suivant donne les coefficients de résistance R des principaux métaux employés dans la construction automobile. Ces coefficients sont indiqués en kilogrammes par millimètre carré. Pour les avoir en kilogrammes par centimètre carré, il suffirait donc de multiplier les chiffres du tableau par 100 (sauf, bien entendu, les deux dernières colonnes).

Ces chiffres ne sont et ne peuvent être que des moyennes; pour l'acier, en particulier, les coefficients de résistance varient beaucoup et les chiffres des tableaux ne se rapportent pas aux

MÉTAUX	KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ														ALLONGEMENT proportionnel à la LIMITÉ D'ÉLASTICITÉ	
	CHARGE PRATIQUE				Charge limite D'ÉLASTICITÉ				Charge DE RUPTURE				Coefficient D'ÉLASTICITÉ			
	Tr.		Cp.		Tr.		Cp.		Tr.		Cp.		Tr. et Cp. E	Cis. E ₁		Compress. t ₁
	R	R ₁	R ₂	R _e	Re ₁	Re ₂	R _v	R _v	R _v	R _v	R _v	R _v				
	t	t ₁	t ₂	t _e	t _{e1}	t _{e2}	t _v	t _v	t _v	t _v	t _v	t _v	t _v	t _v		t _v
Fer	7	7	6	14	14	10.5	40	35	35	35	20.000	7.500	0.0007	0.0007	0.0007	
Tôle	7	7	6	14	14	10.5	35	30	»	»	17.500	6.562	0.0008	0.0008	0.0008	
Fil de fer.	12	»	»	22	»	»	65	»	»	»	20.000	7.500	0.0012	»	»	
Fonte.	2.5	7	2	7.5	15	5.6	12.5	75	20	10.000	3.750	0.00075	0.0015	»	»	
Acier cimenté	13	13	10	27	»	20	75	»	50	22.500	8.440	0.0012	»	»	»	
Acier fondu	30	30	22	60	»	45	100	»	65	27.500	10.312	0.0022	»	»	»	
Fil d'acier	19.2	»	»	»	»	»	115	»	»	28.000	»	»	»	»	»	
Cuivre laminé écroui.	6.6	6.6	5	14	14	10.5	»	»	»	10.700	4.012	0.0013	0.0013	»	»	
Cuivre laminé recuit.	2.5	2	1.5	3	2.75	2.	21	41	»	10.700	4.012	0.00027	0.00025	»	»	
Fil de cuivre	6.6	»	»	12	»	»	42	»	»	12.000	»	0.001	»	»	»	
Laiton	2.5	»	1.9	4.85	»	3.64	12.4	7.3	»	6.400	2.400	0.00076	»	»	»	
Fil de laiton	6.6	»	5	13.3	»	»	36.5	»	»	9.870	»	0.00135	»	»	»	
Bronze (8 cuivre, 1 é- tain)	2	»	1.5	3	»	3.25	25.6	»	»	6.000	2.587	0.00063	»	»	»	
Aluminium	»	»	»	»	»	»	20.3	»	»	6.750	2.531	»	»	»	»	

Formules usuelles

aciers spéciaux si employés aujourd'hui dans la construction automobile. (Pour ceux-là, nous avons donné quelques chiffres dans le tome II, chapitre iv.)

Dans ce tableau, T^2 indique les charges lorsqu'on fait travailler le métal à la traction, Cp se rapporte à la résistance à la compression et Cis donne les charges pour le travail au cisaillement.

Résistance à la traction. — Soit une tige de section ω soumise à un effort d'extension N . En désignant par R la charge pratique à laquelle la tige peut être soumise (tableau précédent), on a $N = R\omega$, ou, lorsqu'il y aura à tenir compte du poids P de la tige, $N + P = R\omega$.

Le *module* ou *coefficient d'élasticité* est une force fictive qui allongerait d'une quantité égale à sa longueur primitive une tige de section 1. (Les coefficients du tableau précédent sont établis pour une section de 1 millimètre carré.)

Soit λ l'allongement produit par la charge N sur une tige de longueur l .

$$\frac{\lambda}{l} = i \text{ est l'allongement élastique}$$

ou l'allongement proportionnel de la tige.

La force qui amène la tige exactement à sa limite d'élasticité se nomme la *charge limite d'élasticité*. $R_e = Ei$.

Il faut bien se garder d'atteindre cette limite pour la charge pratique; il convient même,

Guide du constructeur d'automobiles

comme le montre le tableau, de se tenir à la moitié environ de sa valeur.

La *charge de rupture* R_v , comme son nom l'indique, est la force capable de rompre la tige, $\frac{R_v}{R}$ est ce que l'on appelle le *coefficient de sécurité*.

Lorsqu'un solide [est soumis alternativement au choc, à la traction et à la compression, il convient de lui appliquer la moindre charge pratique relative à sa matière, et même de rester en deçà de cette valeur, si les alternatives des efforts sont fréquentes.

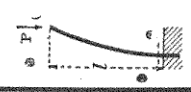
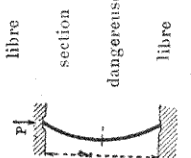
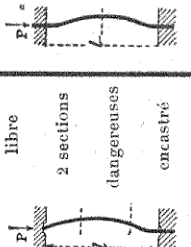
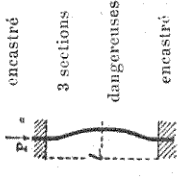
Résistance à la compression. — Un solide prismatique de section ω et dont la matière répond au coefficient pratique R_1 résistera à un effort de compression $N = R_1 \omega$, à condition que le rapport de la longueur du solide à la plus petite des autres dimensions ne soit pas trop considérable.

Lorsque ce rapport dépasse les nombres du tableau suivant, le solide tend à fléchir et à se rompre dans les sections marquées d'un trait. Le tableau donne les formules par lesquelles on obtient la charge de rupture P .

Dans le tableau suivant, E désigne le *coefficient d'élasticité*, I le *moment d'inertie* de la section transversale, d le diamètre dans le cas d'une section circulaire, h la plus petite dimension dans le cas d'une section rectangulaire.

Pour avoir la charge pratique, on remplace

RÉSISTANCE A LA RUPTURE DES PRISMES CHARGÉS DEBOUT

DISPOSITION des PRISMES				
Charge de rupture.	$P = \frac{\pi^2 EI}{4 l^2}$	$P = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$P = 2 \pi^2 \frac{EI}{l^2}$	$P = 4 \pi^2 \frac{EI}{l^2}$
Fer . .	12 d	24 d	33 d	48 d
Fonte. .	5 d	10 d	14 d	20 d
Acier. .	6 d	11,5 d	16 d	23 d
	14 h	28 h	38 h	56 h
	5,75 h	11,5 h	16 h	23 h
	7 h	13,5 h	19 h	27 h

Formules usuelles

Guide du constructeur d'automobiles

dans les formules E par $\frac{E}{4}$ à $\frac{E}{5}$ pour le fer ;
par $\frac{E}{5}$ à $\frac{E}{6}$ pour la fonte.

Résistance au cisaillement. — Dans le cas où le solide est soumis à un effort de cisaillement, la charge pratique varie de 0,5 à 0,8 de celle qui est relative à la traction : $R_2 = 0,5$ à $0,8 R$.

Parfois, on prend aussi $R_2 = 0,1 R_{v_2}$.

Le coefficient d'élasticité de cisaillement E , se prend habituellement $= \frac{1}{3}$ à $\frac{2}{5} E$.

On a, pour la charge pratique :

$$P = \omega R_2.$$

Le poinçonnage de la tôle donne une résistance de 44 kilogrammes par millimètre carré. La résistance au cisaillement pour les barres de fer est de 33 kilogrammes par millimètre carré.

Résistance à la flexion transversale. — La formule générale :

$$R = \frac{\nu \mu}{I} - \frac{N}{\omega}$$

se réduit à $R = \frac{\nu \mu}{I}$ dans la plupart des cas de la flexion plane. On en tire $\mu = R \frac{I}{\nu}$.

La signification de R est connue : c'est la charge pratique qu'il faut toujours éviter de dépasser.

ν est la distance de la fibre la plus tendue ou

Formules usuelles

	$I = \frac{bh^3}{36}$	$\frac{I}{\rho} = \frac{1}{24} bh^2$
	$I = \frac{bh^3}{12}$	$\frac{I}{\rho} = \frac{bh^2}{6}$
	$I = \frac{b^4}{12}$	$\frac{I}{\rho} = \frac{b^3}{6}$
	$I = \frac{\pi}{64} d^4 = 0,0491 d^4$	$\frac{I}{\rho} = \frac{\pi}{32} d^3 = 0,0982 d^3$
	$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{I}{\rho} = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$
	$I = \frac{\pi}{64} bh^3$	$\frac{I}{\rho} = \frac{\pi}{32} b^2 h$
	$I = \frac{\pi}{64} (bh^3 - b_1 h_1^3)$	$\frac{I}{\rho} = \frac{\pi}{32} \frac{(bh^3 - b_1 h_1^3)}{h}$
	$I = \frac{1}{12} (bh^3 - b_1 h_1^3)$	$\frac{I}{\rho} = \frac{1}{6} \frac{(bh^3 - b_1 h_1^3)}{h}$
	$I = \frac{1}{6} (bh^3 - b_1 h_1^3 - \frac{4 b b_1 h_1 (h - h_1)^2}{bh^2 - b_1 h_1^2})$	

Guide du constructeur d'automobiles

la plus comprimée à la fibre neutre ; cette dernière ligne passe toujours par le centre de gravité de la section transversale.

μ est le moment des forces extérieures par rapport à la section considérée (*moment fléchissant*).

$$\mu = \frac{Ei}{\rho},$$

E étant le coefficient d'élasticité, i l'allongement proportionnel, ρ le rayon de courbure de la fibre moyenne fléchie.

I représente le moment d'inertie du profil par rapport à un axe mené par son centre de gravité et perpendiculairement au plan de flexion.

Dans les applications on a souvent à chercher $\frac{I}{\rho}$ connaissant les autres éléments de la formule.

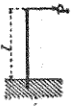
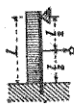
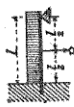
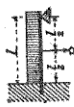
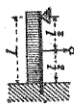
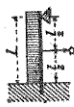
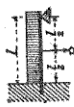
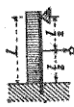
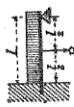
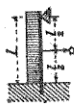
Le tableau de la page 435 donne quelques valeurs usuelles de I et de $\frac{I}{\rho}$:

Voici maintenant quelques exemples de pièces chargées de diverses façons encastrees ou non. Les hachures au-dessus des pièces représentent une charge uniformément répartie, p par mètre courant. (*Voir tableau, page 437.*)

Solides d'égale résistance à la flexion. — Si l'on cherche quelle doit être la forme d'une

Formules usuelles

pièce chargée pour que la matière y soit employée de la manière la plus avantageuse, jus-

DISPOSITION DE LA CHARGE	MAXIMUM DE μ	DISPOSITION DE LA CHARGE	MAXIMUM DE μ
	$P l$		$P \cdot \frac{m n}{l}$
	$\left(p = \frac{P_1}{l} \right) \frac{1}{2} P_1 l$ ou $\frac{1}{2} p^2 l$		$\frac{P l}{8}$ ou $\frac{1}{8} p l^2$
	$\left(P + \frac{P_1}{2} \right) l$		$\frac{P l}{8}$
	$\frac{P l}{4}$		$\frac{P_1 l}{12}$ ou $\frac{1}{12} p l^2$
	$\frac{l}{8} P$ ou $\frac{1}{8} p l^2$		$\frac{3 P l}{16}$

qu'à la limite pratique R , on fait $R = \text{constante}$, dans l'équation générale

$$R = \frac{\sigma \mu}{l},$$

Guide du constructeur d'automobiles

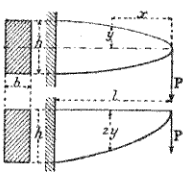
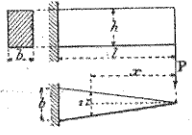
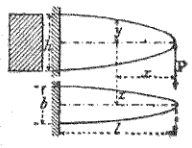
c'est-à-dire qu'en chaque section perpendiculaire à l'axe neutre, l'ordonnée ν est telle que la charge maxima par unité de surface est toujours **R**.

Suivant le mode d'application de la charge et la figure de la section adoptée, il en résulte plusieurs formes, dont les tableaux suivants donnent les principales :

A. — CHARGE UNIQUE P A L'EXTREMITÉ DE LA PIÈCE

I. — Section rectangulaire


$$\mu = P x = R \frac{b h^2}{6}.$$

PROFIL de la SECTION	DONNÉES	VOLUME de la PIÈCE	ÉQUATIONS du PROFIL
	$b = \text{constante}$	$\frac{2}{3} h l$	$y^2 = \frac{1.5 P}{b R} x$
	$h = \text{constante}$	$\frac{1}{2} b h l$	$z = \frac{3 P}{R h^2} x$
	$\frac{y}{z} = \text{constante}$ $= \frac{h}{b}$	$\frac{3}{5} b h l$	$y^3 = \frac{3 h P}{4 b R} x$ $z^3 = \frac{3 b^2 P}{4 h^2 R} x$ $y = \frac{h}{2} \sqrt[3]{\frac{x}{l}}$

Formules usuelles

II. — Section circulaire

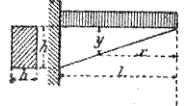
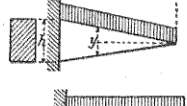
$$\mu = P x = \frac{R \pi r^3}{4}$$

PROFIL DE LA SECTION	DONNÉES	VOLUME de la PIÈCE	ÉQUATIONS du PROFIL
	»	$1,884 r_1^2 l$	$r^3 = \frac{4 P}{\pi R} x$ $r = r_1 \sqrt[3]{\frac{x}{l}}$

B. — CHARGE UNIFORMÉMENT RÉPARTIE,
p PAR MÈTRE COURANT DE LONGUEUR DE LA PIÈCE.

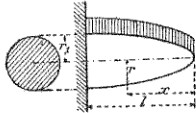
I. — Section rectangulaire

$$\mu = \frac{1}{2} p x^2 = \frac{R b h^2}{6}$$

PROFIL DE LA SECTION et répartition de la charge	DONNÉES	VOLUME de la PIÈCE	ÉQUATIONS du PROFIL
	$b = \text{constante}$	$\frac{1}{2} b h l$	$y = z \sqrt{\frac{3 p}{R b}}$
	$h = \text{constante}$	$\frac{1}{3} b h l$	$z = \sqrt{\frac{3 p}{2 R h^2}} x^2$ $\frac{2 z}{b} = \frac{x^2}{l^2}$

II. — Section circulaire

$$\mu = \frac{1}{2} p x^2 = \frac{R \pi r^3}{4}$$

PROFIL de la SECTION	DONNÉES	VOLUME de la PIÈCE	ÉQUATIONS du PROFIL
	»	$1,346 r_1^2 l$	$r^3 = \frac{2 p x^2}{\pi R}$ $r = r_1 \sqrt[3]{\frac{x^2}{l^2}}$

Résistance à la torsion. — Soient :

P la force tendant à tordre le corps en agissant dans un plan normal à l'axe ;

ρ son bras de levier ;

I_0 le moment d'inertie polaire de la section droite du corps ;

R_2 le coefficient de résistance pratique de cisaillement ;

d le diamètre, dans le cas d'une section circulaire ;

b et h les côtés, dans le cas d'une section rectangulaire ;

c le côté, dans le cas d'une section carrée ;

ρ la distance à l'axe de la fibre extrême soumise à la torsion.

Formules usuelles

On déduira les dimensions, ou la résistance, suivant le problème posé, par la formule :

$$P_{\rho} = \frac{I_0 R_2}{\nu}$$

Section circulaire :

$$I_0 = \frac{\pi d^4}{32} \text{ et}$$

$$\nu = \frac{d}{2}$$

$$P_{\rho} = \frac{\pi}{16} d^3 R_2 ;$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 P_{\rho}}{\pi R_2}} = 1,7 \sqrt[3]{\frac{P_{\rho}}{R_2}}$$

Section circulaire évidée :

$$P_{\rho} = \frac{\pi}{16} \frac{D^4 - d^4}{D^4} R_2$$

Section carrée :

$$P_{\rho} = \frac{c^3}{3 \sqrt{2}} R_2 = \frac{c^3}{4.2426} R_2$$

Section rectangulaire :

$$P_{\rho} = \frac{b^2 h^2}{3 \sqrt{b^2 + h^2}} R_2$$

CALCUL DES RESSORTS

Les données sont généralement :

a , largeur des feuilles ;

k , flexibilité ou flexion par unité de poids ;

Guide du constructeur d'automobiles

2 Q, charge normale ;

α , allongement correspondant à la charge normale ;

2 L, longueur de la première feuille entre les points d'appui.

On a :

Flèche de fabrication : $f = 2 k P$.

Rayon moyen des feuilles : $R = \frac{L^2}{2 f} = \frac{L^2}{4 k P}$.

Epaisseur des feuilles :

$$e = 2 R \alpha = \frac{\alpha L^2}{2 k Q}.$$

Nombre de feuilles :

$$n = \frac{L}{l}.$$

Etagement

$$l = \frac{E I}{P R} = \frac{E \alpha e^3}{12 P R}.$$

CALCUL DES ARBRES DE TRANSMISSION

(Méthode de J.-B. Bélanger).

Le travail total est égal à la racine carrée de la somme des carrés des deux coefficients de flexion et de torsion.

Les règles à suivre pour le calcul des arbres dépendent des différentes conditions qu'on se propose de leur faire remplir. On peut demander, en effet :

1° Que tous les arbres travaillent également sous l'action des forces extérieures ;

Formules usuelles

2° Que l'angle de torsion soit indépendant du diamètre ;

3° Enfin, que l'angle de torsion ait une valeur déterminée pour une longueur d'arbre donnée.

Nous allons montrer à l'aide de quelles relations rigoureuses on peut déterminer les diamètres dans chacun de ces cas.

Soient :

l la longueur en centimètres du bras de levier sur lequel agit la force extérieure pour produire la torsion ;

P la valeur de cette force en kilogrammes ;

d le diamètre de l'arbre en centimètres ;

R le coefficient de travail du métal par centimètre carré sur le contour de l'arbre ;

N le nombre de chevaux transmis par l'arbre ;

n le nombre de tours par minute de l'arbre ;

L la longueur de l'arbre en centimètres ;

G le coefficient d'élasticité du métal à la torsion ;

φ l'angle de torsion, en degrés.

1° *Arbres d'égale résistance.* — Le diamètre se détermine par l'une des formules suivantes :

$$d = \sqrt[3]{\frac{5.09}{R}} \sqrt[3]{P \cdot l}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{364.754}{R}} \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

Pour les arbres en fer, de qualité moyenne,

Guide du constructeur d'automobiles

on aurait, en adoptant le coefficient de travail de 210 kilogrammes par centimètre carré :

$$d = 0.29 \sqrt[3]{P \cdot l} \text{ et}$$

$$d = 12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}.$$

Pour les arbres en acier doux ordinaire ($R = 315$ kilos par centimètre carré) :

$$d = 0.253 \sqrt[3]{P \cdot l}$$

$$d = 9.6 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}.$$

L'angle de torsion, en degrés, a pour valeur :

$$\rho = 16 \frac{P \cdot l \cdot L \cdot 360}{G \cdot d^4 \cdot 19.74} = 291.8 \frac{P \cdot l \cdot L}{G \cdot d^4}$$

Pour les arbres en fer : $G = 1.000.000$

Pour les arbres en acier : $G = 1.200.000$.

2° Arbres d'égale élasticité. — L'angle de torsion doit être indépendant du diamètre et proportionnel à la longueur.

On a :

$$\text{pour le fer forgé : } d = 12 \sqrt[4]{\frac{N}{n}}.$$

$$\text{pour l'acier : } d = 9,6 \sqrt[4]{\frac{N}{n}}.$$

3° Arbres correspondant à un angle de torsion donné. — On s'impose que cet angle de torsion total, pour une longueur donnée L , ait une

Formules usuelles

certaine valeur déterminée.

On a alors :

$$\text{pour les arbres en fer forgé : } d = 25 \sqrt[4]{\frac{N}{n} \frac{L}{\varphi}}$$

$$\text{pour les arbres en acier : } d = 20.8 \sqrt[4]{\frac{N}{n} \frac{L}{\varphi}}$$

On admet généralement que l'angle de torsion ne doit pas dépasser un $1/4$ de degré par mètre courant.

DILATATION

Le tableau suivant donne les coefficients de dilatation linéaire, de 0 à 100° C, pour les métaux et corps pouvant entrer dans la construction automobile :

Acier recuit	0.001160 ou $\frac{1}{869}$
Acier trempé.	0.001225 ou $\frac{1}{816}$
Bronze	0.001820 ou $\frac{1}{551}$
Cuivre.	0.001717 ou $\frac{1}{583}$
Fer	0.001182 ou $\frac{1}{846}$
Fonte	0.001110 ou $\frac{1}{901}$
Laiton	0.001878 ou $\frac{1}{533}$
Etain	0.002283 ou $\frac{1}{438}$

TEMPÉRATURES DE FUSION

Cuivre	1.090°.
Etain	232 ° 7.
Fonte blanche	1.100°.
Fonte grise	1.225°.
Plomb	326° 2
Zinc	415 ° 3.
Acier	1.300 à 1.400°.
Aluminium	625°.
Bronze (cuivre + étain).	900°.
Laiton	900°.
Fer.	1.500 à 2.000°.
Platine	1.800 à 2.000°.

FIN

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION	5
CHAPITRE PREMIER	
GÉNÉRALITÉS	
Les trois procédés fondamentaux de travail des métaux	11
1 ^o La prise dans la masse.....	11
2 ^o La fonderie.....	13
3 ^o La forge.....	15
<i>Le travail des machines-outils</i>	16
Le traçage.....	16
Le travail du tour.....	16
Le filetage.....	16
Le fraisage	17
La taille des engrenages.....	17
Le meulage et la rectification.....	17
L'alésage des cylindres.....	18
Travaux divers.....	18
La chaudronnerie.....	19
Le réglage.....	19
<i>Les Essais</i>	19
Essais au banc.....	19
Essais des carburateurs, des silencieux, des tuyauteries d'échappement.....	20

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
Mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture.....	20
Montage des châssis.....	20

CHAPITRE II

LA FONDERIE

Généralités	22
I. Le Modelage	23
Le retrait.....	23
La dépouille.....	26
Les boîtes à noyaux.....	26
Bois employés pour les modèles.....	27
. Le Moulage	27
<i>a) Moulage en sable</i>	28
Propriétés des sables de fonderie.....	28
Sables gras et sables maigres.....	29
Sable vert.....	30
Sable séché.....	30
Sable étuvé ou recuit.....	30
<i>b) Moulage en terre</i>	31
Terre de moulage : définition.....	31
<i>Préparation des sables</i>	32
Blutage	32
Broyeurs à meules.....	34
Cribles.....	35
Cribles rotatifs.....	36
Cribles à secousses.....	36
Broyeur-frotteur automatique Bonvillain et Ronceray.....	37
A. — Moulage à la main	40
Matériel pour le moulage à la main.....	41
Moulage à un châssis, dans le sol de l'atelier.....	42

Table analytique des matières

	Pages.
<i>Moulage à deux châssis</i>	42
<i>Moulage à plusieurs châssis</i>	45
<i>Indications générales sur le moulage sur modèles</i> ...	45
Fractionnement du modèle par pièces démon- tables.....	46
Fractionnement du moule par pièces battues ou rapportées.....	46
Fractionnement du modèle par tranches et du moule par cadres.....	46
<i>Moulage au gabarit ou au trousseau</i>	47
Moulage des surfaces réglées.....	47
Les noyaux.....	48
Troussage des noyaux.....	49
B — Moulage mécanique	49
Généralités	49
Plaques-modèles et peignes.....	50
Méthodes générales de moulage mécanique.....	51
<i>Procédés de moulage mécanique Bonvillain et Ron- ceray</i>	52
Préparation des plaques-modèles et des peignes...	53
Plaques réversibles.....	53
Plaques-modèles en plâtre ou en ciment.....	54
Plaques-modèles en plâtre ou ciment avec cara- pace de métal sans retrait.....	55
Plaques-modèles entièrement métalliques.....	57
Le clichage.....	57
Table à clichés	58
Avantages du clichage.....	59
<i>Machines à mouler Bonvillain et Ronceray</i>	62
Type à serrages hydraulique et mécanique com- binés.....	62
Moulage.....	64
Démoulage	66
Machine à mouler universelle	72
Machine à mouler rotative.....	72

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
Machines à assembler et à démotter.	74
Avantages du démontage.	74
Exemples de moulage mécanique.	77
Moulage de cylindres de motocyclettes	78
Moulage de carters de changement de vitesse	79
Moulage de carters de moteur deux-cylindres.	79
III. La Coulée	82
Travail en première fusion.	83
Travail en seconde fusion.	83
Cubilots	84
Fusion au creuset	86
Four à creusets oscillant portatif Piat.	88
Rehausses	89
Cubilot-creuset Piat.	91
Poches de coulée.	94
Ebarbage	97
Ensablage ou sablage.	97
Décapage	98

CHAPITRE III

LA FORGE

Généralités	99
Fabrication des châssis.	100
Châssis en tôle emboutie.	100
Aciers employés dans la fabrication des châssis en tôle emboutie	100
Travail de la forge.	102
Chauffage du métal.	102
Martelage des pièces.	103
Travail à la presse hydraulique.	103
Emploi de matrices.	103

Table analytique des matières

CHAPITRE IV

LE TRAÇAGE

	Pages.
Généralités	105
Définition du traçage.	107
I. — Traçage à plat	108
Problèmes élémentaires du traçage.	109
Marche générale à suivre pour le traçage.	110
<i>Exemples de traçage à plat.</i>	112
Traçage des guides pour fraiseuse.	112
Traçage d'une came	116
Traçages de chaudronnerie	118
II — Traçage en l'air	119
Problème général du traçage en l'air.	119
Balancement de la pièce	120
Traçage d'une pièce de tour.	121
Traçage proprement dit.	122
« Tirer le trait carré d'une pièce »	122
<i>Conduite générale du traçage en l'air.</i>	123
Pointage des traits.	124
<i>Exemples de traçage en l'air.</i>	124
Arbre cylindrique uni.	124
Arbre vilebrequin à deux manivelles d'équerre.	126
Traçage d'une manivelle simple.	129
Chape à branches symétriques.	130

CHAPITRE V

TRAVAUX DE TOUR

Généralités sur les travaux de tour.	133
<i>Tournage cylindrique.</i>	134
Conditions à remplir dans le tournage cylindrique.	134

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
Lubrification des outils.....	136
<i>Chariotage</i>	140
<i>Tournage conique</i>	141
« Rapport du transversal ».....	144
« Rapport transversal du cône à faire ».....	145
Principe fondamental.....	147
Méthodes approchées pour le tournage conique...	147
Chariot spécial pour le tournage conique.....	148
<i>Filetage</i>	148
<i>Coupage de barres</i>	149
<i>Centrage et dressage de brides</i>	149
<i>Perçage sur le tour</i>	150
<i>Fraisage sur le tour</i>	150
<i>Sciage sur le tour</i>	151
<i>Alésage sur le tour</i>	151
<i>Meulage et rectifications sur le tour</i>	152
<i>Rainage et mortaisage sur le tour</i>	152
<i>Moletage</i>	152
Outils à molettes.....	153
<i>Tournage à la main</i>	154
Planes ordinaires.....	155
Planes à tranchant profilé.....	155
Presses à emmancher les mandrins.....	156

CHAPITRE VI

LE FILETAGE

Définitions.....	158
Vis à filet triangulaire.....	158
Vis à filet carré.....	158
Vis à filet trapézoïdal.....	159
Vis à filet rond.....	159

Table analytique des matières

	Pages.
A. — Filetage à la main	159
Applications	159
Filetage à la filière.....	160
Taraudage.....	160
B — Filetage sur le tour	162
Définitions	163
Pas d'une hélice.....	163
Cylindre directeur.....	166
Filet de la vis.....	166
Plan de profil ou profil.....	166
<i>Calcul des engrenages pour le filetage</i>	166
Loi fondamentale.....	168
a) <i>Filetage à deux roues</i>	170
Rôle des intermédiaires.....	170
Vis à droite.....	170
Vis à gauche.....	170
<i>Règles générales pour le calcul des engrenages pour le</i> <i>filetage</i>	171
Montage des roues.....	172
Exemples de filetage à deux roues.....	173
b) <i>Filetage à quatre roues</i>	177
Harnais d'engrenage.....	178
Principe fondamental.....	180
Exemples de filetage à quatre roues.....	181
c) <i>Filetage à six roues</i>	184
Règle générale	185
d) <i>Filetage à huit ou dix roues</i>	186
<i>Pas approximatifs</i>	186
Exemples.....	186
<i>Vis à plusieurs filets</i>	188
C. — Filetage à la fraiseuse	190
Appareils à diviser.....	191
Calcul des engrenages pour fileter à la fraiseuse... ..	192
Avantages du filetage à la fraiseuse.....	193

CHAPITRE VII

LE FRAISAGE

	Pages.
Généralités	194
Lignes de passe.....	196
Conditions à observer pour le fraisage.....	198
<i>Entretien et affûtage des fraises</i>	200
Affûtage circulaire.....	200
Affilage des arêtes des dents des fraises.....	201
a) Affûtage des fraises à denture droite.....	202
b) Affûtage des fraises à denture dégagée	204
Index d'appui	208
Remarque pour l'affûtage.....	209
Choix des meules pour l'affûtage.....	210
Affûtage à sec.....	211
Affûtage à l'eau.....	211
Exemples de machines à affûter les fraises.....	211
Travaux de fraisage	216
Taillage de roues d'angle.....	216
Fraisage vertical.....	217
Taillage de roues à vis sans fin.....	218
Taillage de crémaillères.....	218
Taillage de roues hélicoïdales.....	219
Alésage	219
Taillage de rainures à clavetage.....	219
Fraisage angulaire.....	220
Taillage de manchons.....	221
<i>Choix des fraiseuses</i>	221
Emploi de disques divisés.....	223
<i>Conduite des machines à fraiser</i>	225

CHAPITRE VIII

LA TAILLE DES ENGRENAGES

Généralités	227
-------------------	-----

Table analytique des matières

	Pages.
Définitions	227
<i>Engrenages cylindriques</i>	227
Engrenages réciproques ou réversibles	229
Circonférences primitives	229
Diamètres primitifs	229
Parties essentielles des engrenages cylindriques ...	231
<i>Engrenages coniques</i>	232
Cônes de friction	232
Parties essentielles des engrenages coniques	233
<i>Roues et vis sans fin</i>	235
Roues à vis tangente	235
Cas des vis à plusieurs filets	236
Détermination et tracé du profil des dents	236
<i>Profils en forme d'épicycloïde</i>	237
<i>Dentures cycloïdales</i>	239
Tracé Poncelet	239
Tracé Reuleaux	240
<i>Dentures en développantes</i>	241
Notation des engrenages	244
Notation diamétrale	244
Pas circonférenciel	245
Pas diamétral ou module	245
Pratique de la taille des engrenages	247
a) TAILLE DES ENGRENAGES AU MOYEN DE FRAISES ...	248
Principe	248
<i>Taille des engrenages droits</i>	248
<i>Taille des roues de vis sans fin</i>	244
<i>Taille des engrenages coniques</i>	246
b) TAILLE DES ENGRENAGES AU MOYEN DE MACHINES	
EMPLOYANT DES OUTILS A MOUVEMENT ALTER-	
NATIF	247
Procédé élémentaire	255
Perfectionnements à ce procédé	255

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
<i>Machine Fellows à tailler les engrenages extérieurs et intérieurs</i>	256
Méthodes « géométriques »	257
Principe de la machine Fellows	257

CHAPITRE IX

MEULAGE ET RECTIFICATION

Généralités	264
Machines à meuler	264
Rectification	265
<i>Choix des meules d'après les travaux à effectuer et d'après les métaux à meuler</i>	266
Vitesses à donner aux meules	268
<i>Essais des meules</i>	270
Causes d'éclatement des meules	271
<i>Montage des meules</i>	271
<i>Pratique du meulage et entretien des meules</i>	274
Dresseurs pour meules	276
<i>Rectification des pointes de tour</i>	278
<i>Rectification sur le tour</i>	281
Appareil à rectifier extérieurement	282
Appareil à rectifier intérieurement	283

CHAPITRE X

L'ALÉSAGE

Définition	289
Machine à aléser Besse	289
<i>Alésage des cylindres de moteurs</i>	292
I. — Alésage sur la machine à aléser	292
II. — Alésage sur la perceuse	293

Table analytique des matières

	Pages.
Comparaison de l'aléreuse horizontale et de la perceuse pour l'alésage	294
Comparaison du tour vertical et de la perceuse pour l'alésage	294
Transformation d'une perceuse à colonne en aléreuse verticale	295
Conditions à remplir pour un bon alésage de cylindre.	296
<i>Degré de précision de l'alésage des cylindres de moteur.</i>	
<i>Tolérance</i>	297
Le rodage	298

CHAPITRE XI

TRAVAUX DIVERS, VÉRIFICATION ET MONTAGE

Perçage	302
Perçage à la main	303
Perçage mécanique	303
Perceuses multiples	303
Vitesse des forets	306
Rabotage et dressage	306
Emploi de la fraiseuse	306
Mortaisage	307
<i>Usinage des cylindres de moteurs</i>	309
Montage pour l'usinage d'un cylindre de moteur.	310
<i>Fabrication des vilebrequins</i>	312
Vilebrequins forgés	312
Vilebrequins découpés	312
Vérification des pièces	313
But de la vérification	313
Pièces interchangeables	314
Calibres	315
Montage	316

CHAPITRE XII

CHAUDRONNERIE

	Pages.
Généralités	317
<i>Découpage et pliage des tôles</i>	317
Cisailles	316
Mode d'action des cisailles	318
Cisaille à table	319
Cisailles circulaires	321
Pliage des tôles à la machine	322
Assemblage de tôles à double pliure (réservoirs) ..	323
<i>Courbure des tuyaux</i>	324
Machine Dard à cintrer les tuyaux à froid	324
<i>Rivetage</i>	324
Rivets	324
Contre-bouterolle	326
Marteaux pneumatiques	326
<i>Soudure</i>	326
Définition	326
Soudures à l'étain (formules)	326
Soudure dure	328
<i>Décapage</i>	328
Borax	328
Sel ammoniac	328
Acide chlorhydrique ou « esprit de sel »	328
Eau à souder ou « sauce »	328
Esprit de sel « décomposé »	328
Mode d'action de l'acide chlorhydrique dans le décapage	329
<i>Pratique de la soudure</i>	329
Fer à souder	329
Chalumeau	330
Lampe à souder	330
<i>Brasage ou brasure</i>	330

Table analytique des matières

	Pages.
Définition	330
Brasures	331
Paillon d'argent.....	331
Décapage au borax.....	331
Manière de faire une brasure.....	331
<i>Soudure autogène</i>	332
Soudure du fer à lui-même.....	332
Soudure oxyhydrique.....	333
Soudure oxy-acétylénique.....	333
Chalumeau Fouché.....	334

CHAPITRE XIII

LES ESSAIS

Généralités	336
Essais de puissance et essais de consommation.....	337
Méthodes générales.....	338
<i>Banc d'essai</i>	338
Mise au point des moteurs.....	339
A. — Essais de puissance des moteurs	340
Généralités	340
I. — ESSAIS AU FREIN DE PRONY	341
Description du frein de Prony.....	341
Conduite de l'essai.....	343
<i>Calcul du travail absorbé</i>	343
<i>Conditions pratiques de l'essai au frein</i>	345
Nécessité d'arroser les surfaces frottantes.....	346
Poulies à circulation d'eau.....	347
Dimensions à donner à la poulie.....	348
Frein hydraulique pour amortir les secousses....	349
II. — ESSAIS A LA DYNAMO-DYNAMOMÈTRE	350
Définition de la dynamo-dynamomètre.....	350

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
Principe de l'appareil.....	350
Calcul de la puissance.....	352
Conduite de l'essai à la dynamo-dynamomètre...	352
<i>Essai de puissance d'un moteur à la dynamo ordinaire</i>	533
III. — ESSAIS AU MOULINET DU COLONEL RENARD...	354
Description du moulinet Renard.....	354
<i>Evaluation de la puissance</i>	355
Abaques pour ces essais.....	356
<i>Limites d'emploi d'un moulinet</i>	358
Diagrammes d'emploi des moulinets.....	359
B. — Essais de consommation des moteurs.....	362
Essais sur route.....	362
Essais au banc.....	363
Description du laboratoire de l'Automobile-Club de France	364
<i>Moteurs du laboratoire</i>	365
Moteur de Dion-Bouton.....	365
Moteur Gillet-Forest.....	366
Des ressorts de soupapes.....	366
Du refroidissement.....	366
De l'allumage.....	368
Du carburateur.....	369
De l'accouplement avec la dynamo.....	369
Des dynamos.....	370
Dynamo Postel-Vinay.....	370
Excitation des dynamos.....	371
Graphiques des pertes à vide.....	371
Tableau des pertes à vide de la dynamo du premier groupe	372
Tableau des pertes à vide de la dynamo du second groupe	373
Tableau des pertes à vide de la dynamo du troisième groupe.....	374

Table analytique des matières

	Pages.
Courbe des rendements de l'induit de la dynamo de Dion-Bouton.....	375
<i>Des bancs d'essais</i>	376
Groupe de Dion-Bouton.....	378
Groupe Gillet-Forest.....	378
<i>Du rôle des bancs d'essais</i>	378
Etude d'organes spéciaux et des combustibles...	379
Etude des carburateurs, des silencieux, etc.....	379
<i>Essais d'un carburateur</i>	380
Conduite de l'essai.....	380
<i>Essais de consommation</i>	380
<i>Appareils de mesure</i>	381
<i>Résistances</i>	381
Wattmètre-enregistreur et enregistreur de consommation	382
ETUDE DES PHÉNOMÈNES QUI SE PRODUISENT A L'INTÉRIEUR DES CHAMBRES D'EXPLOSION DES MOTEURS..	385
Diagramme d'un moteur.....	387
Appareil de MM. Mathot et Garnier.....	389
Appareil de MM. Hospitalier et Carpentier.....	389
Enregistreur continu système Mathot.....	390
<i>Deuxième salle d'essais</i>	388
Dynamo-dynamomètre de la deuxième salle d'essais	392
Deuxième banc.....	392
<i>Mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture à l'aide des moulinets Renard</i>	393
<i>Essais de silencieux et des tuyauteries d'échappement</i> ..	393
Résultats des essais faits au laboratoire de l'A. C. F.	395
Conduite des essais.....	396

CHAPITRE XIV

RÉGLAGE DES MOTEURS

Généralités	402
-------------------	-----

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.
Définition du réglage.....	402
<i>Epures du réglage ou de distribution</i>	403
Construction de l'épure dans le cas du cycle théorique à quatre temps.....	404
<i>Avance à l'échappement</i>	406
Nécessité de l'avance à l'échappement.....	407
<i>Avance à l'allumage</i>	408
Cas de l'allumage par magnéto.....	408
<i>Fermeture de l'échappement</i>	409
<i>Ouverture de l'admission</i>	409
<i>Fermeture de l'admission</i>	409
Réglage théorique avec fermeture au point mort.....	409
Inconvénient du réglage théorique.....	410
Intérêt qu'il y a à prolonger la détente.....	410
Réduction de la quantité de mélange introduit..	411
Fermeture retardée des soupapes d'admission, système Forest et Gallice	411
<i>Transvasement</i> dans les moteurs à quatre cylindres	413
Bénéfice résultant du transvasement.....	414
<i>Désaxement, moteurs désaxés</i>	416
Avantages du désaxement.....	418
Epure de distribution complète.....	419

CHAPITRE XV

MONTAGE DES CHASSIS, ESSAI DES VOITURES

Généralités	421
Montage du moteur.....	422
Montage des autres organes.....	423
Réglage et mise au point de la voiture.....	424
Montage de la carrosserie et essais définitifs.....	425

CHAPITRE XVI

FORMULES USUELLES

<i>Frottement</i>	426
-------------------------	-----

Table analytique des matières

	Pages.
Frottement de roulement.....	426
Tableau des coefficients de frottement.....	428
Résistance au roulement d'un véhicule.....	429
<i>Résistance des matériaux</i>	429
Tableau des coefficients de résistance.....	430
<i>Résistance à la traction</i>	431
Module ou coefficient d'élasticité.....	431
Allongement élastique.....	431
Charge limite d'élasticité.....	431
Charge de rupture.....	432
Coefficient de sécurité.....	432
<i>Résistance à la compression</i>	432
Tableau de la résistance à la rupture des prismes chargés debout.....	433
<i>Résistance au cisaillement</i>	434
Coefficient d'élasticité de cisaillement.....	434
Charge pratique.....	434
<i>Résistance à la flexion transversale</i>	434
Solides d'égale résistance à la flexion.....	436
A. Cas d'une charge unique à l'extrémité de la pièce.....	438
B. Cas d'une charge uniformément répartie.....	439
<i>Résistance à la torsion</i>	440
<i>Calcul des ressorts</i>	441
<i>Calcul des arbres de transmission</i> (méthode de J. B. Bé- langer).....	442
1° Cas des arbres d'égale résistance.....	443
2° Cas des arbres d'égale élasticité.....	444
3° Cas des arbres correspondant à un angle de tor- sion donné.....	444
<i>Dilatation</i>	445
Coefficients de dilatation linéaire.....	445
<i>Températures de fusion</i>	446
Table analytique des matières	447
Index alphabétique	448

Index alphabétique



A		Pages.	
		Pages.	
	Pages.	<i>Alésage des cylindres de moteurs</i>	292
Acide chlorhydrique comme décapant (soudure)	328	Alésage des cylindres de moteurs (Degré de précision dans l' —).	299
Affilage des arêtes des dents des fraises....	201	Alésage des cylindres (Pratique de l' —)...	295
Affûtage à l'eau.....	211	L'Alésage	289
Affûtage à sec.....	211	Alésage sur la machine à aléser.....	292
Affûtage circulaire des fraises	200	Alésage sur la perceuse.	293
Affûtage des fraises...	200	<i>Alésage sur le tour</i>	151
Affûtage des fraises à denture dégaçée	204	Alésage sur le tour vertical	294
Affûtage des fraises à denture droite.....	202	Aléreuse Besse.....	291
Affûtage des fraises (Choix des meules pour l' —).....	210	Alliages d'aluminium (fonderie d' —)....	83
Affûtage des fraises (Index pour l' —).....	206	Allongement élastique.	432
Affûtage des peignes de filière	160	Allongement proportionnel d'une tige..	432
Affûtage d'une plane..	155	Allumage	368
Alésage à la fraiseuse..	219	Aluminium (Alliages d' —).....	83
Alésage (Définition)...	289	Angulaire (fraisage)...	220
Alésage des cylindres..	18	Appareils à diviser....	191
		Appareil à rectifier extérieurement	281

	Pages.		Pages.
Appareil à rectifier inté- rieurement	281	Bélanger (Méthode de J.-B. — pour le calcul des arbres de trans- mission)	442
Approximatifs (Pas —, dans le filetage).....	178	Benzine dans la lubrifi- cation des outils....	136
Arbre cylindrique uni (Traçage d'un —)...	124	Besse (Machine — à alé- ser)	291
Arbre vilebrequin à deux manivelles d'é- querre (Traçage d'un —).....	126	Bilgram (Taille des en- grenages à la machine)	256
Arbres correspondant à un angle de torsion donné.....	444	Blutage des sables de fonderie	32
Arbres d'égale élasticité	444	Boîtes à noyaux.....	18-40
Arbres d'égale résistan- ce	443	Bonvillain et Ronceray (broyeur-frotteur au- tomatique —).....	37
Arbres de transmission (calcul des).....	442	Bonvillain et Ronceray (crible rotatif auto- matique —).....	35
Archet pour forets à rouleau	303	Bonvillain et Ronceray (machine à mouler universelle —).....	64
Assembler (Machines à — en fonderie).....	74	Bonvillain et Ronceray (Machines à mouler —).....	62
Augmentation du ren- dement d'un moteur par le transvase- ment	414	Bonvillain et Ronceray (Procédés de moulage mécanique —).....	52
Autogène (soudure)....	332	Borax (décapant pour le brasage).....	331
Avance à l'allumage....	408	Brasage	330
Avance à l'échappe- ment	406	Brasure	330
		Brasure (Exécution d'u- ne)	331
		Brasures	331
		Brides (Centrage de — au tour).....	149
		Brides (Dressage de — au tour).....	149

Index alphabétique

	Pages		Pages
Bronze (fonderie de —).	83	Clapeau (fonderie).....	40
Broyage des sables de fonderie	33	Chapes, fonderie.....	45
Broyeur-frotteur automatique Bonvillain et Ronceray	36	Charge de rupture.....	432
Broyeurs à boulets....	34	Charge limite d'élasticité	431
Broyeurs à meules.....	34	Charge pratique (résistance au cisaillement)	434
Brown et Sharpe (machines — à affûter les fraises)	212	<i>Chariotage</i>	140
		Chariotage (tringle de —).....	140
		Chariot pour tournage conique	148
		Châssis de fonderie (Assemblage des —)...	42
		Châssis en tôle emboutie (fabrication des —).	105
		Châssis (fonderie).....	41
		Châssis (Montage des —).....	20
		Chaudronnerie	19, 317
		Chaudronnerie (Traçages de —).....	118
		Choix des fraiseuses...	221
		Choix des meules pour le meulage et la rectification	266
		Circonférences primitives	231
		Circonférenciel (Pas)...	245
		Cisaille à table.....	319
		Cisaille circulaire	321
		Cisaillement (résistance au)	434
		Cisailles	318
		Clichage (Avantages du — en fonderie).....	59
		Clichage (fonderie)....	57
		Clichés (fonderie).....	58
		Clichés (Table à —)....	58

C

<i>Calcul des engrenages pour le filetage</i>	164
Calcul des ressorts....	441
Calibre de centrage pour l'usinage des moteurs	311
Calibres limite.....	315
Came (traçage d'une —)	116
Carburateur (<i>Essais d'un</i>)	12-372
Carters (Moulage des —).....	72-79
Centrage de brides au tour	149
Cercle d'échanfreinement ou d'échanfreinement.....	231
Chalumeau Fouché (soudure autogène)..	334
Chalumeau pour soudu-re	330
Chape à branches symétriques (Traçage d'une —).....	130

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
<i>Coefficients de dilatation</i>		Crémaillères (Taillage	
<i>linéaire des métaux et</i>		de — à la fraiseuse). 218	
<i>alliages usuels.....</i>	445	Creuset (fusion au —). 83, 86	
Coefficients de frotte-		Crible rotatif automati-	
ment	428	que Bonvillain et	
Coefficient d'élastici-		Ronceray	35
té.....	431	Cribles à air comprimé. 36	
Coefficient d'élasticité		Cribles (fonderie).....	35
de cisaillement	434	Crochet	154
Coefficients de résistance		Cubilot-creuset Piat... 91	
des principaux mé-		Cubilot (fusion au —). 83	
taux employés dans		<i>Cubilots</i>	84
la construction auto-		Cubilots sans tuyères.. 85	
mobile.....	430	Cycloïdales (Dentures). 239	
Coefficient de sécurité.. 442		Cylindre directeur..... 164	
Compression (résistance		Cylindres (alésage des	
à la).....	434	—).....	18
Conduite des machines		<i>Cylindres de moteurs</i>	
à fraiser.....	225	(alésage des).....	292
Cônes de friction.....	232	Cylindres de moteurs	
Cônes de têtes (engrena-		(moulage de —)....	80
ges coniques).....	233	<i>Cylindres de moteurs</i>	
Conique (tournage).... 141		(Usinage des).....	308
Consommation (Enre-			
gistreur de).....	385		
<i>Consommation (Essais</i>			
<i>de — des moteurs)...</i>	362		
Contact (Diamètre au			
—).....	230		
Contre-bouterolle	326		
Corps (fonderie).....	43		
Coulée (fonderie).....	82		
Coupage de barres au			
tour	149		
Courbes des rendements			
de l'induit des dyna-			
mos du laboratoire de			
l'A. C. F.....	375		
<i>Courbure des tuyaux...</i>	324		

D

<i>Décapage</i>	98, 308
Décapage (soudure)...	328
Décolletage	12
Décomposé (soudure)..	328
Découpage des tôles...	317
Démontables (pièces —	
dans les modèles de	
fonderie)	46
Démontage (Avantages	
du — en fonderie)...	74
Démotter (Machines à	
— en fonderie).....	74

Index alphabétique

27

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
<i>Engrenages coniques</i>		Essai des carburateurs.	20
(Taille des).....	254	Essai des moteurs (Généralités sur les méthodes d').....	338
<i>Engrenages cylindriques</i>		<i>Essai d'un moteur au moulinet du Colonel Renard</i>	354
(Définition).....	227	Essais	336
Engrenages cylindriques (noms des parties essentielles des —).....	229	<i>Essais au frein de Prony</i>	341
<i>Engrenages croisés (Taille des —)</i>	251	Essais de consommation au banc.....	353
<i>Engrenages (Notation des —)</i>	244	<i>Essais de consommation des moteurs</i>	362
Engrenages (Pas des)..	230	Essais de consommation sur route.....	362
<i>Engrenages (Pratique de la taille des —)</i>	247	<i>Essais de moteurs à la dynamo-dynamomètre</i>	350
Engrenages réciproques	229	<i>Essais de puissance des moteurs</i>	340
Engrenages réversibles.	229	<i>Essais de silencieux</i> ..	20, 394
Engrenages (Taille des —)	9, 219	Essais des meules.....	270
Engrenages (Taille des — au moyen de fraises).....	248	<i>Essais des moteurs au moyen de dynamos</i> ...	353
Enregistreur contir Mathot	390	Essais des voitures	421
Enregistreur de consommation	385	<i>Essais de tuyauteries d'échappement</i>	20, 394
Ensablage	97	<i>Essais d'un carburateur</i> ..	380
Entretien des meules..	264	Etalonnage des dynamos	371
Epicycloïdaux (engrenages à profils).....	237	Etau-limeur (Taille d'engrenages au moyen d'un).....	255
Epures de distribution.	403	Évent (fonderie).....	44
Epures de réglage des moteurs	403		
Esprit de sel (décapant pour la soudure)....	328		
Essai au banc.....	19		
Essai au frein de Prony (Conditions pratiques de l').....	345		

F

<i>Fabrication de vilebrequins</i>	312
--	-----

Index alphabétique

	Pages.		Pages.
Fellows (Machine — à tailler les engrenages extérieurs et intérieurs)	256	Filet triangulaire.....	158
Fellows (Principe de la méthode — pour la taille des engrenages.	261	Filets (Vis à plusieurs —).....	188
Fer à souder.....	329	Filière	160
Fermeture de l'admission	409	Flexion transversale (Résistance à la)....	434
Fermeture de l'échappement	409	Fonderie (La)	13, 22
Fermeture retardée des soupapes d'admission (Système Forest et Gallice)	411	Fonderie (les trois opérations de —).....	22
Filetage	16, 148, 158	Fonte (fonderie de —).	83
<i>Filetage à deux roues</i>	170	Forest (Fermeture retardée de l'admission, système — et Gallice)	411
<i>Filetage à dix roues</i>	186	Foret à rouleau.....	303
<i>Filetage à huit roues</i>	186	Forêts	303
<i>Filetage à la fraiseuse</i> ..	190	Forêts à deux tranchants	305
<i>Filetage à la main</i>	159	Forêts à un tranchant.	305
<i>Filetage à quatre roues</i> ..	195	Forêts (Vitesse des —).	306
<i>Filetage à six roues</i>	184	Forge (La)	15, 99
<i>Filetage (Calcul des engrenages pour le —).</i>	164	Forges	102
Filetage (Définition)...	158	Formules usuelles	427
Filetage (Loi fondamentale pour le calcul des engrenages dans le —).....	16	Fouché (Chalumeau)..	334
Filetage (Montage des roues dans le —)....	172	Four à creuset oscillant Piat	87
<i>Filetage sur le tour</i>	162	Four à réverbère (fusion au —).....	83
Filet carré.....	158	Fours oscillants portatifs Piat.....	88
Filet rond.....	158	Fraisage	17
Filets de vis (Diverses sortes de —).....	158	Fraisage angulaire....	220
Filet trapézoïdal... 158-159		Fraisage (Le)	194
		<i>Fraisage sur le tour</i>	150
		<i>Fraisage (Travaux de —)</i>	216
		Fraisage vertical.....	216
		<i>Fraises (Affûtage des —)</i>	200

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
<i>Fraiseuse (Filetage à la</i>		Guides pour machines à	
<i>—).....</i>	190	fraisier (Traçage des	
<i>Fraiseuses (Choix des</i>		<i>—).....</i>	112
<i>—).....</i>	221	Grain d'orge.....	154
<i>Fraiseuses (Conduite</i>		Grains d'alésage.....	296
<i>—).....</i>	225	Grappe (fonderie).....	61
<i>Frein de Prony.....</i>	341		
<i>Frein de Prony (Calcul</i>		H	
<i>du travail absorbé)...</i>	341	Happes	86
<i>Frein de Prony (Condi-</i>		Heald (Appareil — à	
<i>tions pratiques de</i>		rectifier sur le tour)...	284
<i>l'essai au).....</i>	345	Hélices (Modelage des	
<i>Frein hydraulique pour</i>		<i>— au trousseau)....</i>	47
<i>frein de Prony.....</i>	349	Hospitalier et Carpen-	
<i>Frein de Prony (Poulies</i>		tier (Appareil pour	
<i>à circulation d'eau</i>		relever les diagram-	
<i>pour essais au —)...</i>	347	mes de moteurs)....	389
<i>Friction (Cônes de —)</i>	232	Huile dans la lubrifica-	
<i>Friction (Disques de</i>		tion des outils.....	138
<i>—).....</i>	227		
<i>Friction (Roues de)...</i>	228	I	
<i>Frottement (Coefficients</i>		Index pour l'affûtage	
<i>de)</i>	428	des fraises.....	206
<i>Frottement de roulement</i>	27	Indicateur de Watt....	389
<i>Frottement de glissement</i>	427	Interchangeabilité des	
<i>Fusion au creuset.....</i>	86	pièces	314
<i>Fusion (Températures</i>			
<i>de)</i>	446	J	
		Joues de cisailles.....	3 18
G			
Gabarit (Moulage au		L	
<i>—).....</i>	47	Laboratoire de l'A. C.	
Gallice (Fermeture re-		F. (Accouplement des	
tardée de l'admission,		moteurs avec les dy-	
système Forest et —)	411	namos)	369
Gauche (vis à —).....	170		

Index alphabétique

	Pages.		Pages.
Laboratoire de l'A. C. F. (Appareils de mesure)	384	Machines à mouler Bonvillain et Ronceray..	63
Laboratoire de l'A. C. F. (Carburateur)	369	Manchons (Taillage de — à la fraiseuse)....	221
Laboratoire de l'A. C. F. (Moteurs du).....	365	Manivelle simple (Tracage d'une —).....	129
Laboratoire de l'A. C. F. (Résistances).....	384	Marbre (Retour au —).	123
Laboratoire de l'A. C. F. (Rôle des divers bancs d'essai).....	378	Marteaux pneumatiques	97
Laboratoire de l'Auto-mobile-Club de France (Description du)....	364	Masse (prise dans la —)	11
Lampe à souder.....	330	Masselotte	44
Lignes de passe (fraisage)	496	Mathot (Enregistreur continu)	390
Lubrification des outils	436	Mathot et Garnier (Appareil — pour relever les diagrammes de moteurs)	389
		Matrices (Forgeage en —).....	103
		Mèches	303
		Métal sans retrait pour plaques-modèles	55
		Meulage	9, 256
		Meulage (Pratique du —).....	274
		<i>Meulage sur le tour</i>	152
		Meules (Appareil Whitney à dresser les)....	276
		Meules (Choix des — pour l'affûtage des fraises)	209
		Meules (Causes d'éclatement des).....	271
		Meules (Dresseurs pour —).....	276
		Meules (Entretien des).	274
		Meules (Essais des)....	270
		Meules (Montage des —).....	271

M

Machines à affûter les fraises Brown et Sharpe	212
Machines à affûter les fraises Reinecker....	214
Machine à mouler universelle Bonvillain et Ronceray	72
Machine à mouler rotative	72
Machines à assembler (fonderie)	74
Machines à démotter (fonderie)	74
Machines à fraiser (conduite des —).....	225

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
Meules (Vitesses à donner aux —).....	269	Moulage à la main....	21, 45
Meules vitrifiées (Moulage des —).....	272	Moulage à la main (ouillage pour le —)...	41
Mise au point des moteurs	339	Moulage à plusieurs châssis	45
Modelage (fonderie)....	23	Moulage au gabarit....	47
Modèle (fonderie).....	14, 23	Moulage à un châssis, dans le sol de l'atelier	42
Modèle (fractionnement du — par pièces démontables)	45	Moulage au trousseau...	47
Modèle (fractionnement du — par tranches)..	46	Moulage de cylindres de moteur	80
Modèles (plaques —).	42, 43	Moulage en coquille....	81
Modèles (Préparation des plaques —).....	53	Moulage en sable.....	28
Module d'élasticité....	431	Moulage en terre.....	28, 31
Module (engrenages)...	245	Moulage (fonderie)....	27
Moletage	152	Moulage (matières employées dans le —)..	28
Molettes	153	Moulage mécanique ...	49
Montage	302, 316	Moulage mécanique (Exemples de —)...	78
Montage des châssis...	12, 413	Moulage mécanique (Procédés de — Bonvillain et Ronceray).	52
Montage des divers organes d'une voiture.	423	Moule (fonderie).....	14
Montage des roues dans le filetage.....	172	Moule (fractionnement du — par cadres)....	46
Montage des meules...	271	Moule (fractionnement du — par pièces battues ou rapportées)..	46
Montage pour l'usinage des cylindres.....	310	Moulinet dynamométrique du colonel Renard (description)...	354
Mortaisage	307	Moulinet Renard (calcul d'un essai).....	355
Mortaisage sur le tour..	152	Moulinet Renard (Evaluation de la puissance)	355
Moteurs désaxés.....	416	Moulinet Renard (Limites d'emploi du).....	358
Moteurs du laboratoire de l'A. C. F.....	365		
Moteurs (Essai des)...	338		
Moteurs (réglage des —).....	19		
Mouches (fonderie)....	48		
Moulage à deux châssis.	42		

		alphabétique	
	Pages.		Pages.
<i>Moulinet Renard</i> (son application à la mesure de la puissance à l'axe moteur d'une voiture)	393	Peignes de filière.....	160
N		Peignes de filière (Affûtage des —).....	160
Norton (Appareils — à rectifier sur le tour)	282	Peignes (fonderie) ...	42, 43
<i>Notation des engrenages.</i>	244	Peignes (Préparation des —).....	53
Notation diamétrale (engrenages)	244	<i>Perçage</i>	302
Noyaux (boîtes à —). 26, 48		Perçage à la main.....	303
<i>Noyaux</i> (fonderie).....	48	<i>Perçage sur le tour</i>	150
Noyaux (troussage des —).....	49	Perceuses à bras.....	303
O		Perceuse (Alésage sur la —).....	293
Obliquité de la bielle..	417	Perceuses à pédale....	303
Outil à molettes.....	151	Perceuses au moteur... 303	
Outils (lubrification des —).....	136	Perceuses multiples... 303	
P		Phénomènes qui se passent à l'intérieur des chambres d'explosion des moteurs (Etude des)	387
Paillon d'argent.....	331	Piat (Cubilot - creuset —).....	91
<i>Pas approximatifs</i> (filetage)	186	Piat (Four à creuset oscillant —).....	92
Pas circonférenciel (engrenages)	245	Piat (Fours oscillants portatifs —).....	88
Pas diamétral (engrenages)	245	Plan de profil d'une vis.	164
Pas d'une hélice.....	163	Plane (Affûtage d'une —).....	155
Pas d'un engrenage....	230	Planes	154
Pas d'une vis.....	164	Plaque réversible (fonderie)	53
Passe (Lignes de — dans le fraisage)....	196	Plaques-modèles	50, 51
		Plaques-modèles (Préparation des —)....	53
		Plateaux pour le montage des meules.....	272
		Pliage des tôles....	317, 322
		Poches-brouettes	94

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
Poches de fonderie....	94	Rainures à clavetage	
Pointage (traçage)....	123	(Taillage de — à la	
Pointes de tour (Rec-		fraiseuse)	219
tification des —)...	278	Rapport du transversal	
Poncelet (Procédé de —		(tournage conique)..	144
pour le tracé des den-		Rapport transversal du	
tures cycloïdales) ...	239	cône à faire.....	145
Poulies à circulation		Réciproques (Engre-	
d'eau pour essais au		nages)	229
frein de Prony.....	347	Rectification	17, 264
Pratt et Whitney (Outil		Rectification des poin-	
à molettes —).....	153	tes de tour.....	278
Préparation des sables		<i>Rectification sur le</i>	
de fonderie.....	32	<i>tour</i>	152
Presse à emmancher les		Refroidissement des	
mandriers	156	moteurs au labora-	
Presse hydraulique		toire de l'A. C. F....	366
(Forgeage à la —)...	103	Réglage des moteurs ..	19, 402
Primitifs (diamètre)...	229	Réglées (Modelage au	
Primitives (circonféren-		trousseau des surfa-	
ces)	229	ces —).....	47
Prise dans la masse....	41	Rehausse (fonderie)...	89
<i>Profil des dents d'engre-</i>		Reinecker (machines —	
<i>nages (Détermination</i>		à affûter les fraises)..	214
<i>et tracé du —).....</i>	236	Renard (Moulinet dyna-	
Profil d'une vis.....	164	mométrique du colo-	
Profils épicycloïdaux		nel)	354
(Engrenages)	237	Rendement des moteurs	
Prony (Frein de).....	341	(Augmentation du —	
<i>Puissance à l'axe-moteur</i>		par le transavase-	
<i>d'une voiture (Mesure</i>		ment)	414
<i>de la — au moyen du</i>		Résistance à la com-	
<i>moulinet Renard)....</i>	393	pression	432
		Résistance à la flexion	
		transversale	434
		Résistance à la rupture	
		des prismes chargés	
		debout	433
		Résistance à la torsion.	440

R

<i>Ribotage</i>	306
<i>Rainage sur le tour</i>	152

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
Soudure autogène (Applications de la).....	335	Taille des engrenages à la machine Fellows..	256
Soudure forte.....	331	Taille des engrenages au moyen de fraises....	248
Soudure oxyhydrique...	333	<i>Taille des engrenages au moyen de machines employant des outils à mouvement alternatif.</i>	255
Soudure oxy-acétylénique.....	333	<i>Taille des engrenages coniques</i>	254
Soudure (Pratique de la).....	329	<i>Taille des engrenages droits</i>	251
Soudures (composition de — usuelles).....	327	<i>Taille des engrenages (Pratique de la).....</i>	247
Soudures dures.....	329	Taille des roues de vis sans fin.....	252
Soupapes (Ressorts de)..	366	Taraud	160
Surfaces réglées (Moulage au trousseau des —).....	47	Taraudage	159, 160
		Températures de fusion	446
T		Terre de moulage.....	31
Table à clichés.....	58	Terre (moulage en —)..	28, 31
Taillage de crémaillères à la fraiseuse.....	218	Tête d'arrêt (rivet)....	325
Taillage de manchons à la fraiseuse.....	221	Tête fixe (rivet).....	325
Taillage de rainures à clavetage à la fraiseuse	219	Tôle emboutie (Fabrication des châssis en —).....	105
Taillage de roues à vis sans fin à la fraiseuse.	218	Tôles (Découpage des).	317
Taillage de roues d'angle à la fraiseuse....	216	Tôles (Pliage des)....	317
Taillage de roues hélicoïdales à la fraiseuse	219	Torsion (Résistance à la)	340
Taille d'engrenages au moyen d'un étau-limeur	255	<i>Tournage à la main....</i>	154
Taille des engrenages.....	17, 227	<i>Tournage conique.....</i>	141
Taille des engrenages à la machine Bilegram..	256	Tournage conique (châriot pour —).....	148
		Tournage conique (méthodes approchées)..	147
		Tournage conique (Régle pour le —).....	147
		<i>Tournage cylindrique..</i>	134

		Index alphabétique	
	Pages.		Pages.
Tourne-à-gauche	161	Tracé Reuleaux des	
Tour (travail du —) . . .	16	dentures cycloïdales. . .	240
Tour (Travaux de —).	133	Traction (Résistance à	
Tour vertical (Alésage		la)	432
sur le)	294	Trait carré (tirer le —	
Traçage (Le)	16, 105	d'une pièce)	122
<i>Traçage à plat</i>	108	Transmission (calcul des	
Traçage à plat (marche		arbres de)	442
générale pour le —) . .	110	<i>Transvasement dans les</i>	
Traçage à plat (Opéra-		moteurs à quatre cylin-	
tions élémentaires du		dres	444
—)	109	<i>Transvasement dans les</i>	
Traçage (définition) . . .	107	moteurs à quatre cylin-	
Traçage de chaudronne-		dres (augmentation	
rie	118	du rendement par le)	444
Traçage des guides pour		Transversal (rapport	
machines à fraiser . . .	112	du —; tournage con-	
Traçage d'un arbre cy-		que)	144
lindrique uni	124	Travail du tour	16
Traçage d'un arbre vile-		<i>Travaux de fraisage</i> . . .	216
brequin à deux mani-		Travaux de tour	133
velles d'équerre	126	<i>Travaux divers</i>	302
Traçage d'une chasse à		Tringle de chariotage . .	140
branches symétriques	130	Troussage des noyaux . .	49
Traçage d'une came . . .	116	Trousseau (moulage au)	47
Traçage d'une manivel-		<i>Tuyauteries d'échappe-</i>	
le simple	129	ment (Essais des) . . .	394
<i>Traçage en l'air</i>	119	<i>Tuyaux (Courbure des).</i>	324
Traçage en l'air (Con-			
duite générale de —) . .	123		
Traçage en l'air (Pro-			
blème général de —) . .	119		
<i>Tracé du profil des dents</i>			
<i>d'engrenages</i>	236		
Tracé Poncelet à flancs			
*rectilignes (engrena-			
ges)	240		
Tracé Poncelet des den-			
tures cycloïdales . . .	239		

U

Usinage des cylindres
de moteurs 308

V

Vérification 302
Vérification des pièces . . 313

Guide du constructeur d'automobiles

	Pages.		Pages.
Vilebrequin à deux manivelles d'équerre (traçage d'un —)...	126	Vis sans fin (Taille des roues de —).....	252
Vilebrequin à plus de deux manivelles (traçage d'un —).....	128	Vis tangente.....	235
<i>Vilebrequins (Fabrication des)</i>	312	W	
Vis à droite.....	170	Watt (Indicateur de)..	389
Vis à gauche.....	170	Wattmètre à plusieurs sensibilités	386
Vis à plusieurs filets...	188	Wattmètre-enregistreur	385
Vis (Définition).....	158	Whitney (Appareil — à dresser les meules)...	276
<i>Vis sans fin</i>	235		

Chartres. — Imprimerie Ed. GARNIER, 15, rue Noël-Ballay.